

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL
SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS
(PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO
REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

Presentado por: Bach. NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ

Asesor: Mg. Ing. CLAUDIA EMILIA BENAVIDEZ NÚÑEZ

Chota – Perú

2021



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: **Nilser Fustamante Vásquez**

Código del alumno: **2014052172**

Correo electrónico: **nfustamantevasquez@gmail.com**

Teléfono: **917121965**

DNI: **73418050**

2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico Tesis

3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller Licenciado Título

Magister Segunda especialidad Doctor

4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA.

5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL

7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: **Claudia Emilia Benavidez Núñez**

Correo electrónico: **cbenavidezh@gmail.com**

Teléfono: **959008297**

D.N.I.: **70609688**

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

FIRMA: Nilser Fustamante Vásquez
DNI.73418050

Fecha. 12 de octubre del 2021

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL
SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS
(PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO
REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA**

POR:

NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título
de
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



Mg. Ing. Cristhian Saúl López Villanueva

PRESIDENTE



Martha G. Huamán Tanta
Ing. Civil
CIP 57480

Mg. Ing. Martha Gladys Huamán Tanta

SECRETARIO



Mg. Lic. Fis. Elmer Walmer Vásquez Bustamante
GFP. 0424

Mg. Fís. Elmer Walmer Vásquez Bustamante

VOCAL

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a Dios, por haberme dado la vida para cumplir con una de mis metas propuestas, luego dar gracias a mis padres y a todos mis familiares y amigos que me apoyaron, que fueron constantes conmigo y confiaron en mí, para culminar mi carrera profesional.

También quiero dar agradecer a mi asesora, la Ingeniera Claudia Emilia Benavidez Núñez y a la Universidad Nacional Autónoma de Chota, alma mater de nuestra formación profesional, forjadora de cambio y el progreso del pueblo Chotano; quien nos acogió en sus aulas y nos brindó los conocimientos, habilidades, capacidades y competencias, para ser grandes profesionales.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación primeramente ah Dios, por haberme dado las fuerzas y la salud necesaria para llegar a cumplir este logro en mi vida profesional, a la vez también quiero dedicar este trabajo a mis padres Wilmer y Clemira por sus consejos, valores, sacrificio y todo el esfuerzo que hicieron durante estos años para que se me permitieron tener una excelente formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Planteamiento del problema	15
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Justificación	19
1.4. Delimitación de la investigación	19
1.5. Limitaciones	19
1.6. Objetivos	20
1.6.1. Objetivo general	20
1.6.2. Objetivos específicos	20
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes de la investigación	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	23
2.1.3. Antecedentes regionales.....	25
2.2. Marco teórico	27
2.2.1. Teoría de mecánica de suelos de Terzaghi.....	27
2.3. Marco normativo	28
2.4. Marco conceptual	29
2.4.1. Polímeros reciclados	29
2.4.2. Plásticos PET (Tereftalato de polietileno)	31
2.4.3. Suelos	34
2.4.4. Propiedades del suelo.....	36
2.4.5. Capacidad de soporte del suelo (CBR)	39
2.4.6. Subrasante	40
2.4.7. Subrasante de suelos arcillosos	42

2.4.8.	Estabilización o mejoramiento de suelos	43
2.5.	Definiciones básicas	45
CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES.....		46
3.1.	Hipótesis	46
3.2.	Variables.....	46
3.2.1.	Variable independiente	46
3.2.2.	Variable dependiente.....	46
3.3.	Operacionalización de variables	47
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO		48
4.1.	Ubicación geográfica del estudio	48
4.2.	Unidad de análisis, población y muestra	49
4.2.1.	Población.....	49
4.2.2.	Muestra	50
4.3.	Tipo y descripción del diseño de investigación	51
4.3.1.	Tipo de investigación	51
4.3.2.	Diseño de investigación	52
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	53
4.5.	Técnicas para el procesamiento y análisis de información.....	54
4.5.1.	Técnicas para el procesamiento y obtención de información	54
4.5.2.	Análisis estadístico.....	60
4.6.	Matriz de consistencia metodológica	61
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		62
5.1.	Presentación de resultados.....	62
5.1.1.	Propiedades del suelo de la sub rasante	62
5.1.2.	Influencia de la adición de polímeros reciclados en la capacidad de soporte del suelo	68
5.1.3.	Dosificación de polímeros reciclados (PET) que mejora la capacidad de soporte del suelo	84
5.2.	Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	89

5.2.1.	Propiedades del suelo de la sub rasante	89
5.2.2.	Influencia de la adición de polímeros reciclados en la capacidad de soporte del suelo	91
5.2.3.	Dosificación de polímeros reciclados (PET) que mejora la capacidad de soporte del suelo	95
5.3.	Contrastación de hipótesis	98
	CONCLUSIONES	101
	RECOMENDACIONES	103
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
	ANEXOS	112
	Anexo N° 1. Matriz de consistencia	112
	Anexo N° 2. Panel fotográfico	113
	Anexo N° 3. Documentación.....	120
	Anexo N° 4. Resultados de los ensayos de laboratorio	121
	Anexo N° 5. Planos	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estado de conservación de vías de la ciudad de Chota	18
Tabla 2. Clasificación de los polímeros artificiales.....	30
Tabla 3. Clasificación de suelo según tamaño de partículas	36
Tabla 4. Especificaciones para la prueba de Proctor modificado.....	38
Tabla 5. Número de calicatas para exploración de suelos.....	41
Tabla 6. Clasificación de la subrasante según el índice de plasticidad	42
Tabla 7. Categoría de subrasante según CBR	42
Tabla 8. Cuadro de operacionalización de variables	47
Tabla 9. Ensayos en el suelo natural.....	50
Tabla 10. Porcentaje de incorporación de polímeros reciclados (PET) en las muestras de suelo.....	50
Tabla 11. Granulometría, calle Camino Real	62
Tabla 12. Límites de consistencia, calle Camino Real	64
Tabla 13. Compactación, calle Camino Real	66
Tabla 14. CBR del suelo de la calle Camino Real.....	66
Tabla 15. Compactación de los especímenes con 5% de PET triturado a diferentes TMN, calle Camino Real.....	69
Tabla 16. CBR del suelo con adición de PET triturado a diferentes TMN	72
Tabla 17. Análisis de costo unitario PET triturado industrialmente.....	81
Tabla 18. Análisis de costo unitario PET triturado artesanalmente	81
Tabla 19. Precio de materiales para el mejoramiento del suelo de la subrasante del Jr. Camino Real km 0+000 al km 0+750, de la ciudad de Chota.....	83
Tabla 20. Compactación de los especímenes de suelo con adición de diferentes porcentajes de PET reciclado	85
Tabla 21. CBR del suelo con adición de diferentes porcentajes PET reciclado.....	87
Tabla 22. Propiedades físico-mecánicas del suelo natural de la sub rasante de la calle Camino Real, del km 0+000 al km 0+750.....	89
Tabla 23. Propiedades del suelo natural analizado en otras investigaciones.....	90
Tabla 24. Influencia de la adición de polímeros reciclados (PET al 5%, 10%, 15% y 25%) en el suelo de la sub rasante de la calle Camino Real	91
Tabla 25. CBR del suelo con polímeros, analizado por otros autores.....	94

Tabla 26. Peculiaridades del polímero reciclado (PET) utilizado	96
Tabla 27. Dosificación de polímeros reciclados según investigaciones internacionales y nacionales	97
Tabla 28. Datos para el análisis ANOVA.....	99
Tabla 29. Información del factor	99
Tabla 30. Análisis de Varianza.....	99
Tabla 31. Resumen del modelo	99
Tabla 32. Influencia técnica de la adición de PET triturado	101
Tabla 33. Influencia económica de la adición de PET triturado	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de plástico a nivel mundial de 1950 a 2018.....	15
Figura 2. Producción de plásticos en Perú.....	16
Figura 3. Plástico reciclado acumulado por la recicladora Leo S.A.C., Chota	17
Figura 4. Clasificación de los polímeros	29
Figura 5. Tipos de plásticos y como se reciclan	30
Figura 6. Frasco típico y símbolo de reciclaje PET.....	31
Figura 7. Ciclo del plástico.....	32
Figura 8. Fases del suelo	34
Figura 9. Sistema de clasificación SUCS	35
Figura 10. Sistema de clasificación AASHTO.....	35
Figura 11. Curva granulométrica de un suelo.....	37
Figura 12. Curva humedad – densidad seca	38
Figura 13. Determinación del índice CBR	39
Figura 14. Subrasante en carreteras	40
Figura 15. Muestreo de suelos	41
Figura 16. Proceso de selección del tipo de estabilización.....	43
Figura 17. Métodos de mejoramiento de suelos	44
Figura 18. Ubicación de la ciudad de Chota.....	48
Figura 19. Ruta km 0+000 al km 0+750 de la calle Camino Real	49
Figura 20. Clasificación de la investigación.....	51
Figura 21. Diseño descriptivo-Experimental.....	52
Figura 22. Técnicas e instrumentos de análisis	53
Figura 23. Curva granulométrica del suelo	63
Figura 24. Curva de fluidez, sub rasante de la calle Camino Real	63
Figura 25. Clasificación SUCS, calle Camino Real	64
Figura 26. Clasificación AASHTO	64
Figura 27. Curva de compactación, calle Camino Real	65
Figura 28. Expansión (%) a las 96 horas en el suelo, calle Camino Real	66
Figura 29. Valor relativo de soporte CBR de la calicata 1, 2 y 3 de la sub rasante de la calle Camino Real.....	67

Figura 30. Curva de compactación de los especímenes con 5% de PET triturado a diferentes TMN, calle Camino Real	69
Figura 31. Variación de la expansión (mm) a una presión de 56 golpes, suelo con adición de PET triturado a diferentes TMN	70
Figura 32. Expansión (%) a las 96 horas en el suelo con adición de PET triturado a diferentes TMN	70
Figura 33. Curva densidad – CBR del suelo con adición de PET triturado de TMN 3/8”, TMN 4.75 mm y TMN 2.00 mm.....	71
Figura 34. Comparación de las curvas de densidad – CBR del suelo con adición de PET triturado a diferentes TMN	72
Figura 35. Curva de compactación del suelo con adición de 5% de PET reciclado	74
Figura 36. Curva de compactación del suelo con adición de 10% de PET reciclado ...	75
Figura 37. Curva de compactación del suelo con adición de 15% de PET reciclado ...	75
Figura 38. Curva de compactación del suelo con adición de 25% de PET reciclado ...	76
Figura 39. Expansión (mm) del suelo con adición de 5% de PET reciclado	76
Figura 40. Expansión (mm) del suelo con adición de 10% de PET reciclado	77
Figura 41. Expansión (mm) del suelo con adición de 15% de PET reciclado	77
Figura 42. Expansión (mm) del suelo con adición de 25% de PET reciclado	78
Figura 43. Curva densidad – CBR del suelo con adición de 5% de PET reciclado	78
Figura 44. Curva densidad – CBR del suelo con adición de 10% de PET reciclado	79
Figura 45. Curva densidad – CBR del suelo con adición de 15% de PET reciclado	79
Figura 46. Curva densidad – CBR del suelo con adición de 25% de PET reciclado	80
Figura 47. Curva de compactación del suelo con adición de diferentes porcentajes de PET reciclado	85
Figura 48. Variación de la expansión (mm) a una presión de 56 golpes, suelo con adición de diferentes porcentajes de PET reciclado	86
Figura 49. Expansión (%) a las 96 horas en el suelo con adición de diferentes porcentajes de PET reciclado.....	86
Figura 50. Curva densidad – CBR del suelo con adición de diferentes porcentajes de PET	87
Figura 51. CBR al 95% y 100% de la MDS del suelo con PET reciclado.....	88
Figura 52. Densidad seca máxima del suelo con adición de polímeros reciclados (PET)	92

Figura 53. Contenido de humedad óptimo del suelo con adición de polímeros reciclados (PET)	92
Figura 54. CBR del suelo con adición de PET al 95% de la M.D.S.	93
Figura 55. CBR del suelo con adición de PET al 100% de la M.D.S.	93
Figura 56. CBR al 95% de la MDS del suelo con la dosificación adecuada de PET reciclado.....	95
Figura 57. Gráficos de residuos para valor CBR (%).....	100

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo “Determinar la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) en la subrasante de la calle Camino Real progresiva km 0+000 – km 0+750, Chota”, con la finalidad de conocer la dosificación adecuada PET que mejora la capacidad de soporte del suelo, según las disposiciones del MVCS (2020) y el MTC (2014).

Se tuvo como muestra al suelo de tres calicatas en la subrasante de la calle Camino Real de la ciudad de Chota. Los procedimientos para el análisis incluyeron la recolección de botellas plásticas, lavado, secado, trituración y tamizado a 3/8”, 4.75 mm y 2.00 mm; también, se realizaron ensayos de granulometría, límites de consistencia, Proctor modificado y CBR al suelo natural, y a las muestras con PET al 5%, 10%, 15% y 25% del peso del suelo seco, se realizaron ensayos de Proctor modificado y CBR.

El suelo se clasifica según SUCS como arcilla de alta plasticidad y según AASHTO dentro del grupo A-7-6, con valores CBR promedio al 95% y 100% de la M.D.S. de 4.767% y 5.433%. Así mismo, adicionando polímeros reciclados PET de 2.00 mm al 5%, 10%, 15% y 25% la capacidad de soporte del suelo aumenta, alcanzando valores CBR al 95% de la M.D.S. de 5.50%, 7.90%, 8.40% y 7.10% respectivamente.

Se ha concluido que la dosificación adecuada de PET que mejora la capacidad de soporte del suelo en la sub rasante de la calle Camino Real es 15% de PET triturado a un TMN de 2.00 mm.

Palabras clave: botellas, plástico, CBR, TMN, compactación, suelo arcilloso.

ABSTRACT

The objective of the research was to "Determine the bearing capacity of the soil by adding recycled polymers (PET) in the subgrade of Camino Real progressive road km 0+000 - km 0+750, Chota", with the purpose of knowing the adequate PET dosage that improves the bearing capacity of the soil, according to the provisions of the MVCS (2020) and the MTC (2014).

The soil sample was taken from three pits in the subgrade of Camino Real Street in the city of Chota. The procedures for the analysis included the collection of plastic bottles, washing, drying, crushing and sieving at 3/8", 4.75 mm and 2.00 mm; also, granulometry, consistency limits, modified Proctor and CBR tests were performed to the natural soil, and to the samples with PET at 5%, 10%, 15% and 25% of the dry soil weight, modified Proctor and CBR tests were performed.

The soil is classified according to SUCS as high plasticity clay and according to AASHTO within group A-7-6, with average CBR values at 95% and 100% of the M.D.S. of 4.767% and 5.433%. Likewise, by adding 2.00 mm PET recycled polymers at 5%, 10%, 15% and 25%, the bearing capacity of the soil increases, reaching CBR values at 95% of the M.D.S. of 5.50%, 7.90%, 8.40% and 7.10%, respectively.

It has been concluded that the appropriate dosage of PET that improves the bearing capacity of the soil in the subgrade of Camino Real Street is 15% crushed PET at a TMN of 2.00 mm.

Key words: bottles, plastic, CBR, TMN, compaction, clay soil.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

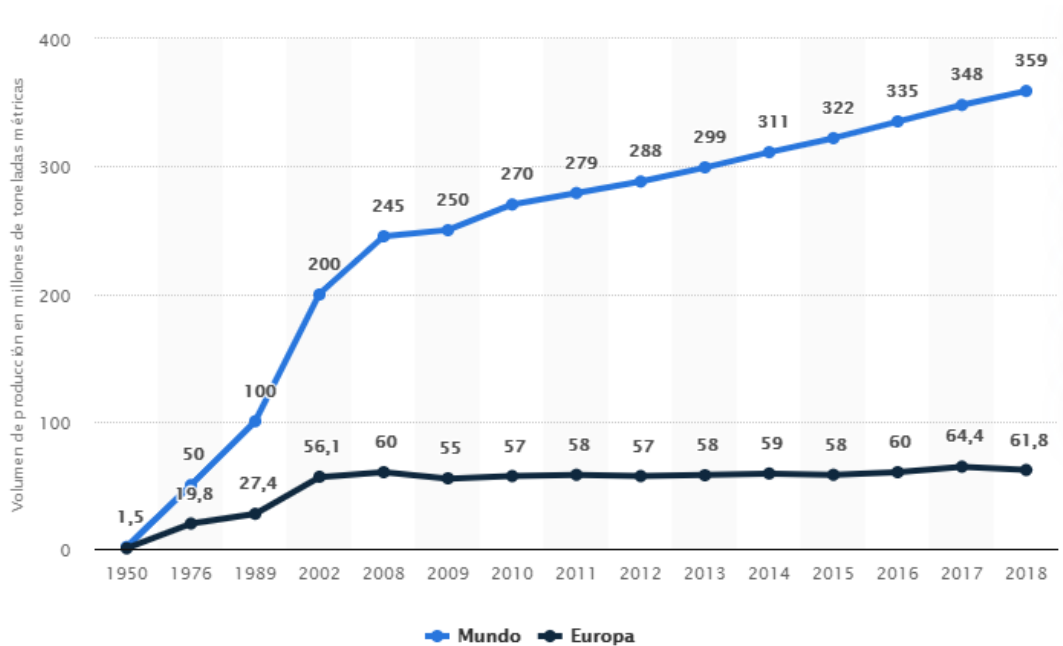
1.1. Planteamiento del problema

Los suelos arcillosos expansivos cambian de volumen con el contenido de agua (Kassa, et al., 2020), tienen un comportamiento de hinchamiento y encogimiento que constituye un grave peligro para las estructuras construidas sobre ellos (Aldeeky y Hattamleh, 2017). La estabilidad de los pavimentos está muy influenciada por la subrasante (Karthick, et al., 2019), por ello, cuando el suelo no es adecuado se requiere su estabilización (Prasanna, 2019). La estabilización del suelo mejora sus propiedades mediante la adición de estabilizadores (Peddaiah, Burman y Sreedeeep, 2018), pero el uso de aditivos químicos es muy caro, por lo tanto, es preferible reemplazar estos materiales fabricados por otros tipos de aditivos para el suelo (Alzaidy, 2019).

Figura 1.

Producción de plástico a nivel mundial de 1950 a 2018

(En millones de toneladas métricas)



Nota: (Díaz, 2020)

En la actualidad, la producción de residuos sólidos está experimentando un aumento descontrolado y continuo, especialmente los residuos de productos plásticos (Ilieş, et al., 2017), pero, el plástico tiene características como fuerza, durabilidad, resistencia a la corrosión, resistencia a la abrasión, entre otros (Mali et al., 2019), por lo que estos residuos pueden utilizarse para estabilización como tiras de plástico, copos de plástico o fibras. (Gardete, et al., 2019)

En Perú, algunos suelos poseen una capacidad de soporte (CBR) y una resistencia al corte significativamente bajas. Tales suelos no pueden soportar cargas pesadas, por lo tanto, para superar estos problemas, el suelo debe ser estabilizado (Rai, Singh y Tiwari, 2020).

Figura 2.

Producción de plásticos en Perú



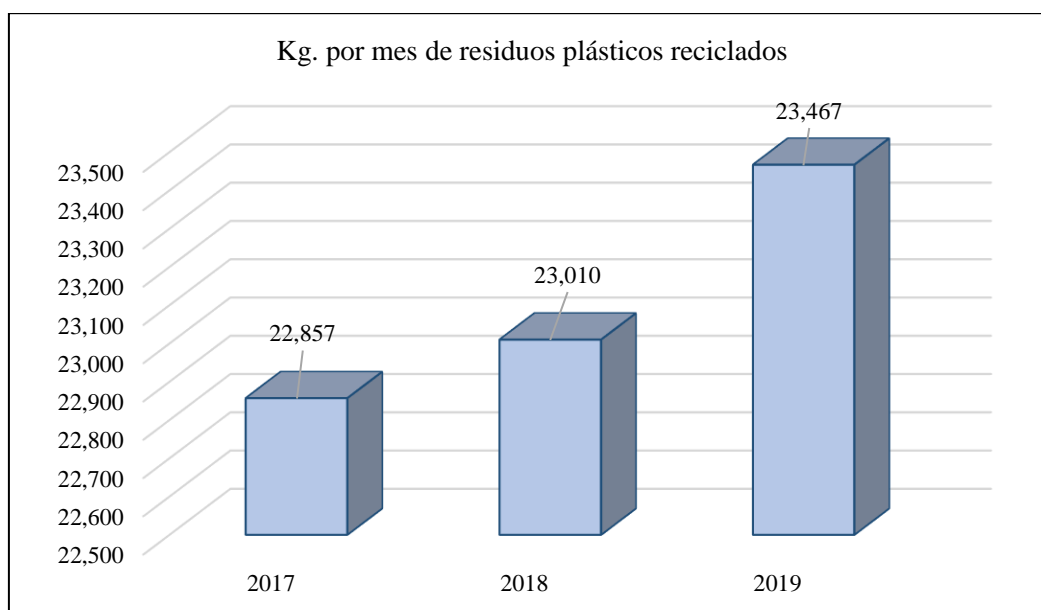
Nota: Adaptado del (Ministerio del Ambiente, 2020)

El uso de plástico va en aumento, pero el reciclaje del mismo es caro; la incineración produce gases nocivos; la descomposición no es posible y los métodos de eliminación en vertederos afectan el medio ambiente (Mali et al., 2019), por lo que una solución sustentable sería el uso de estos residuos en la estabilización geotécnica (Karthick, et al., 2019).

En el distrito de Chota, región de Cajamarca, también se ha incrementado la cantidad de residuos sólidos (Rabanal, 2017), siendo el Tereftalato de polietileno (PET) uno de los residuos que se genera en mayor cantidad, debido al desecho de botellas plásticas, mismas que son recolectadas por la recicladora Leo S.A.C., pero en gran medida van a parar en las zonas de contaminación de la ciudad. Maldonado (2019) gerente general de la recicladora Leo S.A.C., menciona “que en los últimos años se ha incrementado la cantidad de residuos plásticos reciclados”, mismos que pueden ser utilizados como medio de estabilización para los suelos de la localidad.

Figura 3.

Plástico reciclado acumulado por la recicladora Leo S.A.C., Chota



Nota: (Maldonado, 2019)

La ciudad de Chota, según el EMS realizado por la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018) presenta “suelos arcillosos con alta plasticidad y contracción, drenajes imperfectos a malos lo que permite fácil erosión hídrica, enmarcado en las formaciones Chota y Celendín, la napa freática se encuentra a 1.10 m, y la permeabilidad es muy lenta”, lo que genera muchas veces el deterioro

vial. Vásquez (2018) menciona que, debido al deterioro prematuro de las calles, estas necesitan ser reconstruidas y repuestas.

Tabla 1.

Estado de conservación de vías de la ciudad de Chota

Unidad	Estado de conservación				Total
	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	
m	17,761.27	7,887.75	13,370.55	46,006.07	85,025.64
km	17.76	7.89	13.37	46.01	85.02
%	20.89	9.28	15.73	54.11	100

Nota: (MPCH, 2018)

El Jr. Camino Real, ubicado en la ciudad de Chota, es una vía colectora no pavimentada que conduce hacia la I.E.I. N° 494 “Pequeños Angelitos”, la Universidad Nacional Autónoma de Chota, el Mercado mayorista de papa y a los distritos Chalamarca, Conchan y Tacabamba. Esta calle se encuentra en condiciones de intransitabilidad causando malestar en los transeúntes y peatones, ya que están expuestos a sufrir accidentes por la expansión de los suelos arcillosos, los desniveles de la superficie de rodadura y el empozamiento de agua en épocas de lluvia. Debido a los rasgos de deterioro superficial en el Jr. Camino Real, se realizó la exploración y muestreo del suelo de la subrasante del tramo vial, determinando que el suelo presentaba capacidad de soporte menor a 6 % M.D.S., por lo que era necesario la estabilización del suelo según las disposiciones Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2014); para conocer *¿Existirá diferencia significativa entre la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) y el suelo natural en la subrasante de la calle Camino Real progresivas km 0+000 – km 0+750 Chota?*

1.2. Formulación del problema

¿Existirá diferencia significativa entre la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) y el suelo natural en la subrasante de la calle Camino Real progresivas km 0+000 – km 0+750 Chota?

1.3. Justificación

En el distrito de Chota, generalmente se utiliza material granular traído de cantera, cal, cemento o geotextiles para el aumento del CBR de la subrasante, pero estos materiales presentan un costo elevado y no logran un impacto ambiental positivo, por lo que fue necesario buscar el uso de nuevos materiales reciclados que logren un incremento en el CBR del suelo, como los polímeros reciclados PET.

La investigación ha permitido identificar las propiedades físico-mecánicas de los componentes (polímeros), para la mejora de la sub rasante, determinar una dosificación adecuada para el diseño óptimo de sub rasante y por ende aumentar y comparar el CBR del suelo al adicionar polímeros reciclados y el suelo de la vía (suelo virgen) a fin de conocer aspectos técnicos y económicos, que garanticen la mejora de la transitabilidad, acorde a las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016) y del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). Todos estos aspectos técnicos han sido determinados a partir de la aplicación normativa del MTC y MVCS.

1.4. Delimitación de la investigación

El estudio se llevó en la calle camino real de la ciudad de Chota, progresiva Km 0+000-Km 0+750 al cabo en 8 meses de estudio.

1.5. Limitaciones

El contexto del Covid-19 retraso la ejecución del estudio.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

“Determinar la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) en la subrasante de la calle Camino Real progresiva km 0+000 – km 0+750, Chota”.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar la capacidad de soporte del suelo natural de la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota.
- Determinar la influencia de la adición de polímeros reciclados (PET al 5%, 10%, 15% y 25%) en la capacidad de soporte del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota.
- Determinar la dosificación adecuada de polímeros reciclados (PET) que mejora la capacidad de soporte del suelo en la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota, según las disposiciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2020) en la norma CE.010 “Pavimentos urbanos”.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Kassa et al. (2020) en su investigación “Soil Stabilization Using Waste Plastic Materials” añadieron las tiras de plástico en tres relaciones de mezcla diferentes (0.5%, 1% y 2%) en peso y tres relaciones de aspecto diferentes (5 mm x 7.5mm, 10 mmx15mm, 15mmx20mm). Concluyeron que el aumento en el tamaño del plástico para el mismo porcentaje ha resultado en un aumento en el valor de CBR empapado de hasta alcanzar un incremento total del 104%.

Pinto (2018) en su tesis de maestría “Laboratory Investigation of Soil Reinforcement using Shredded Waste Plastic Bottles” estudió la influencia de la adición de botellas de plástico trituradas en los parámetros de resistencia al corte en suelos sudafricanos, realizó una serie de pruebas de corte directo del suelo arenoso con adición de 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15% y 20% de botellas trituradas llegando a obtener el mayor aumento en el ángulo de fricción para el contenido de adición de plástico de 10% y 12.5% respectivamente para un tamaño de plástico triturado de 5.6 mm.

Sahoo, et al. (2018) en su investigación “Experimental Investigation for the Feasible Applications of Processed Recyclable Plastic Waste in Construction Sector” estudiaron las aplicaciones viables para materiales plásticos de residuos reciclables en el sector de la construcción. Realizando distintos ensayos de laboratorio llegaron a la conclusión de que el agregado fino de plástico ha demostrado mejorar el valor de CBR del suelo de manera efectiva hasta un 20% de reemplazo como también que el agregado grueso de plástico ha demostrado ser

efectivas para su utilización como agregado en el uso del pavimento y la producción de concreto liviano.

Aldeeky y Hattamleh (2017) en su artículo científico “Experimental study on the utilization of fine steel slag on stabilizing high plastic subgrade soil” añadieron 0, 5, 10, 15, 20 y 25% en peso seco de suelo de escoria fina de acero con plástico (FSSA) y se mezclaron con las muestras de suelo preparadas. Concluyeron que los aditivos FSSA al 20% aumentan el valor CBR en un 100%, 6.9% y 154%.

Alzaidy (2019) en su investigación “Experimental study for stabilizing clayey soil with eggshell powder and plastic wastes” utilizó tres proporciones de polvo de cáscara de huevo (2%, 5% y 8% en peso de suelo seco) y tiras de desechos plásticos (0.25%, 0.5% y 1% en peso de suelo seco) para hacer nueve grupos de suelo estabilizado. Realizó ensayos de compactación, potencial de hinchamiento y relación de carga de California. Los resultados mostraron que la cantidad de fibra de desechos plásticos condujo a un incremento en la capacidad de soporte CBR y una reducción del potencial de hinchamiento.

Louzada, Malko y Casagrande (2019) en su artículo científico “Behavior of clayey soil reinforced with polyethylene terephthalate” tuvieron como objetivo evaluar el comportamiento mecánico de un suelo arcilloso mezclado con 10, 20 y 30% de PET triturado fino con 3 y 5% de escamas PET. Los resultados mostraron mejoras en la resistencia del suelo, por lo que este material puede ser utilizado en vertederos, estabilización de taludes y otras obras geotécnicas.

Peddaiah, Burman y Sreedeeep (2018) en su investigación “Experimental study on effect of waste plastic bottle strips in soil improvement” tuvo como objetivo analizar las tiras de botellas de plástico de desecho en la mejora del suelo.

Realizaron ensayos de compactación y relación de carga de California (CBR). Concluyeron que la mejora en las propiedades de la arena limosa se logra con un contenido de plástico del 0.4% con un tamaño de tira de (15 mm × 15 mm).

Hamid (2017), en su investigación “Use of waste plastics for the enhancement of soil properties: a recent advancement in geotechnical engineering”, determinó las propiedades del suelo arcilloso con la adición de tiras de botellas de plástico al 0.5%, 1%, 1.5% y 2%. Concluyó que los residuos plásticos pueden utilizarse como estabilizante de suelos con aplicaciones en pavimentos.

Hamid (2017) en su investigación “Experimental study on CBR properties of soil added with perforated plastic waste” adicionó tiras de plástico al 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% del peso seco del suelo, y mediante una serie de pruebas para determinar la resistencia y el CBR de los suelos, concluyó que con un 2% de adición de plástico, se puede obtener un aumento porcentual máximo del 16.29% en el valor de CBR.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Linares, Aguilar y Rojas (2020) en su investigación “Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido” determinaron el efecto de las bolsas de polietileno fundido en la mejora de la subrasante de la Av. Los Libertadores y Jr. Las Orquídeas, Pueblo Joven 16 de Octubre, Chachapoyas. Fundieron las bolsas de polietileno, el líquido fue mezclado con el suelo en dosis 1:1, el agregado base constituido fue usado para formar las muestras al 4, 8 y 12% del peso seco de la muestra. Concluyeron que la adición de bolsas de polietileno fundido mejora las propiedades físicas y mecánicas, alcanzando un aumento de 5.6% a 9.9% para el tratamiento T3 (12%).

Capia (2020) en su tesis “Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019” usó polímeros reciclados PET para mejorar suelos arcillosos en las progresivas km 2+000 – km 2+500 de la carretera Juliaca – Caminaca, para ello realizó tres calicatas, de las que obtuvo muestras de suelo a las que le adicionó 1%, 3% y 5% de polímeros reciclados, concluyendo que de un CBR del suelo natural equivalente a 5.41% se logró un incremento del mismo hasta 6.19% con 3% de adición de PET.

Márquez (2019) en su investigación “Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, provincia de Morropón – Piura 2019” tuvo como objetivo estabilizar el suelo arcilloso con la incorporación de 6% de plástico PET en el distrito La Encantada, provincia de Morropón, Piura. Realizó ensayos granulométricos, consistencia y capacidad de soporte (CBR), concluyendo que al adicionar plástico el CBR se incrementa a 6%.

Guzmán (2019) en su tesis “Evaluación de resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la Victoria - 2019” tuvo como objetivo determinar la cantidad de polímeros reciclados que mejora la capacidad de soporte. Concluyó que con la adición de polímeros reciclados se aprecia un incremento del CBR en 26% con 1.8% de PET reciclado.

Flores (2019) en su investigación “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” trato de medir la influencia de incorporar plástico PET en las propiedades del suelo arcilloso, para ello realizó ensayos CBR variando la proporción de aditamento y la extensión de las fibras

PET. Concluyó que la dosificación de 1.15% con plástico triturado de 1", logra un aumento del CBR en 4.21%.

Quispe y Sañac (2019) en su tesis "Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de subrasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018" tuvo como objetivo el mejoramiento de la subrasante de baja capacidad de soporte utilizando como aditivo PRT-PET. Concluyendo que al incorporar 5% de plástico triturado, se obtiene un aumento del CBR del suelo natural de 3.4 a 7.8%.

Vargas (2017) en su investigación "Efectos de la adición de fibra de polímeros reciclados en el valor del CBR de suelos granulares en pavimentos", tuvo como objetivo aportar un material (fibra PET) para aumentar el CBR de los suelos gravosos. Llegando a realizar 73 ensayos CBR, demostrando que con fibras de 40 mm y una dosis de 0.50 y 0.75%, se incrementa el CBR hasta en un 28%.

2.1.3. Antecedentes regionales

Cuellar y Vega (2020) en su investigación "Estabilización de subrasante de suelos inadecuados con geosintético producido de botellas plásticas recicladas" mejoraron el suelo con geo sintético procedente partir de las tiras de las botellas de plástico. Realizaron ensayos de CBR tanto del suelo natural e incorporado con geo sintético a base de PET. Los resultados expusieron un incremento del CBR de 2.91% a 6.54%.

Cusquisibán (2014) en su tesis "Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento" usó caucho granular obtenido a partir del reciclaje y triturado de neumáticos para estabilizar el suelo, para ello realizó el muestreo y ensayos respectivos en el suelo de la carretera Porongo – Sebastián Días Marín ubicado en el distrito de Baños

del Inca. Concluyó que con la adición del 60% de caucho granular los suelos arcillosos clasificados según AASHTO A-7-5, logran un CBR igual a 41%.

Los antecedentes elaborados por Cuellar y Vega (2020) y Cusquisibán (2014), utilizan materiales reciclados y triturados por ende ha permitido una comparación de la materia prima y los resultados que la misma alcanza, pero también existen otros antecedentes que, si bien usan otro tipo de aditivos, han servido para contrastar diferentes tipos de adicionantes:

Vilchez (2019) en su tesis “Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén- Cajamarca, 2019” tuvo como objetivo evidenciar el beneficio y eficacia de la ceniza de cáscara de arroz al 3, 5 y 10% del peso de la muestra de suelo en la estabilización de la subrasante de la vía Evitamiento km 6+300. Realizó ensayos de clasificación de los suelos, Proctor modificado y CBR, obteniendo resultados positivos, puesto el CBR al 100% de la MDS alcanza un valor de 15.1% al adicionar 10% de ceniza.

Caruajulca (2018) en su disertación “Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce El Porongo - Aeropuerto - Cajamarca” tuvo como objetivo determinar la influencia que presenta el suelo al adicionar 1, 2 y 3% de cloruro de sodio por m³ de material. Para ello realizó y ensayó 12 calicatas, llegando a concluir que el CBR aumenta en 11% al adicionar 3% del aditivo por m³ del suelo natural.

Fernández (2017) en su tesis de maestría “Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca” realizó siete excavaciones para colocar 10, 20, 30, 40 y 60 ml/m³ de aditivo en el suelo de la subrasante de la zona sur este de expansión de Cajamarca, concluyendo que el CBR logra un incremento de hasta 119%.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Teoría de mecánica de suelos de Terzaghi

Duque y Escobar (2016) aseveran que Karl Terzaghi, padre de la mecánica de suelos, define esta, como la “aplicación de las leyes de la mecánica e hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas independientemente de que tengan o no materia orgánica”. La mecánica de suelos incluye:

- Teorías sobre el comportamiento de los suelos sujetas a cargas, basadas en simplificaciones necesarias dado el estado actual de la teoría.
- Investigaciones de las propiedades físicas de los suelos
- Aplicación del conocimiento teórico y empírico a los problemas prácticos.

La mecánica de suelos es la aplicación de la mecánica a los problemas geotécnicos. “Ella estudia las propiedades, comportamiento y utilización del suelo como material estructural, de tal modo que las deformaciones y resistencia del suelo ofrezcan seguridad, durabilidad y estabilidad de las estructuras” (Duque y Escobar, 2016). Siendo así en la presente investigación, se ha tomado en cuenta la teoría de la mecánica de suelos para definir el comportamiento del suelo de la subrasante, sujeto a cargar por el paso de vehículos, en la calle Camino Real de la ciudad de Chota, mediante el ensayo de capacidad de soporte (CBR), a fin de proponer posteriormente la estabilización del suelo.

2.3. Marco normativo

Norma CE.010 “Pavimentos urbanos”

Esta norma tiene por objetivo establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos desde los puntos de vista de la mecánica de suelos y de la ingeniería de pavimentos, a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamientos de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio (MVCS, 2020).

En la norma CE.010, se especifica el número de calicatas que debe realizarse en una calle urbana, según su tipo, para garantizar que el suelo de la subrasante presente buena capacidad de soporte para que reciba o soporte el paso de los vehículos al diseñar la superficie de rodadura afirmada o pavimentada.

“Manual de carreteras” Suelo, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, R.D. N° 10-2014-MTC/14

En el capítulo IV “Suelos” del Manual suelo, geología, geotecnia y pavimentos, se describe el proceso para la exploración y caracterización de la sub rasante de una vía, donde hace mención a los ensayos de clasificación (SUCS y AASHTO) y de propiedades mecánicas, donde el parámetro que define la resistencia del suelo es la capacidad de soporte (CBR), por lo que suelos con CBR menor a 6% deben ser estabilizados o mejorados, según el MTC (2014).

En el capítulo IX “Estabilización de suelos” presenta los criterios geotécnicos para establecer la estabilización de los suelos por procesos mecánicos, por combinación, por sustitución, con aditivos químicos o con geo sintéticos (MTC, 2014), según la clasificación SUCS o AASHTO del suelo.

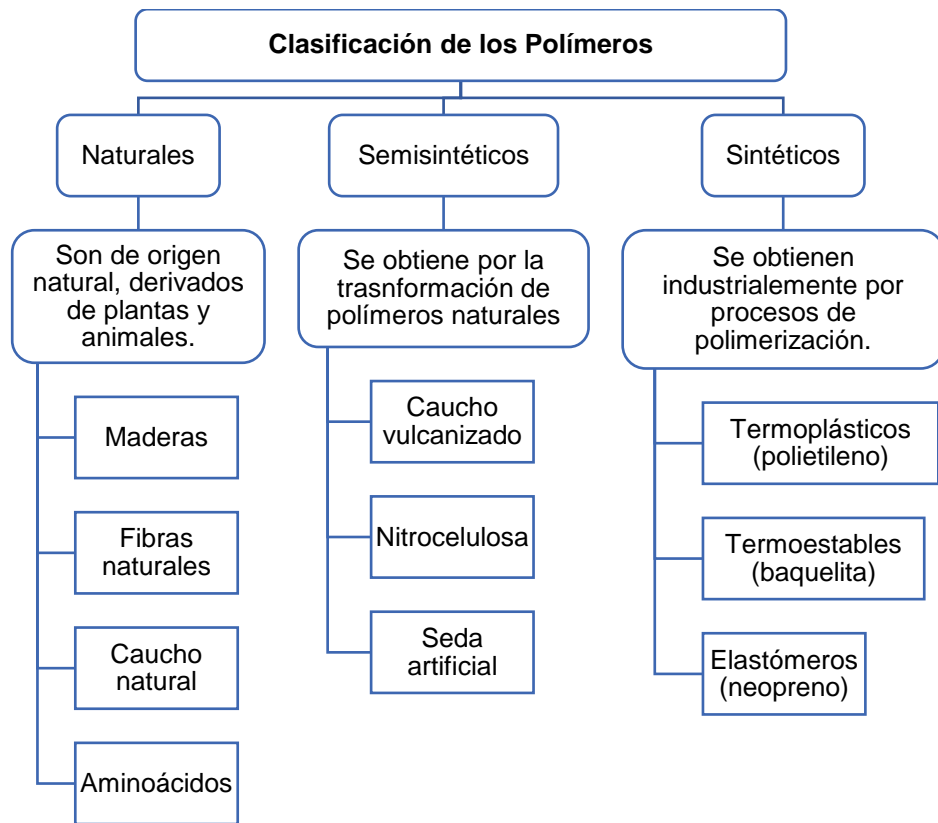
2.4. Marco conceptual

2.4.1. Polímeros reciclados

Los polímeros son sustancias de alto peso molecular, formados por pequeñas moléculas denominadas monómeros. “Los polímeros se pueden encontrar de dos formas: en estado natural y artificial, sin embargo, los polímeros más comunes y los usados a diario son aquellos que provienen de un proceso de polimerización” (Ramírez, 2011).

Figura 4.

Clasificación de los polímeros



Las mezclas de polímeros consienten la producción vertiginosa y barata de neos elementos (Gallego, López y Gartner, 2006) que se consiguen catalogar en tres magnos conjuntos, como: Termoestables, termoplásticos y elastómeros (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008, p. 10).

Tabla 2.

Clasificación de los polímeros artificiales

Polímeros termoestables	Elastómeros	Termoplásticos
Es un material compacto, duro, cuya fusión no es posible, no se ablandan a altas temperaturas. Son:	Sustancias poliméricas que se pueden deformar en gran medida sin que lleguen a la zona de deformación plástica.	Las resinas termoplásticas son fácilmente conformables al aplicarles temperatura y presión.
<ul style="list-style-type: none"> - Resinas fenólicas - Resinas de poliéster - Resinas ureicas - Poliuretano - Resinas de melamina - Resinas epóxicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Poliestireno-butidieno estireno, SBS - Poli isobutileno - Polibutadieno 	<ul style="list-style-type: none"> - Polietileno Tereftalato (PET) - Polietileno de alta densidad (PE-HD) - Cloruro de polivinilo (PVC) - Polietileno de baja densidad (LDPE) - Polipropileno (PP) - Poliéstireno (PS) - Otras resinas como ABS, PC, etc.

Nota: (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008, pp. 10-17)

Los polímeros sintéticos con mayor posibilidad de rehusó o reciclaje, son los termoplásticos, pero existen diferentes tipos de plásticos cuyo distintivo es una serie de símbolos triangulares que tienen en el interior un número y algunas abreviaturas.

Figura 5.

Tipos de plásticos y como se reciclan



FUENTE: www.vivirsinplastico.es

GRÁFICO: Henar de Pedro

Nota: (De Pedro, 2019)

2.4.2. Plásticos PET (Tereftalato de polietileno)

El PET “es un polímero plástico, lineal con alto grado de cristalinidad y termoplástico en un comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado” (Arteaga, 2018, p. 33).

Los plásticos PET son polímeros que están hechos de tereftalato de polietileno (Cristán, Ize y Gavilán, 2003, p. 67), tienen el número “uno” impreso en la parte inferior, está fabricado de un plástico claro, lavable, fuerte y durable que es bueno por su portabilidad y no absorbe humedad, sus principales propiedades son: la alta resistencia al desgaste y corrosión, buena resistencia química y térmica (Capia, 2020, p. 41).

Se puede ver en juguetes, revestimiento de cables botellas, películas de embalaje, para uso agrícolas, entre otros (Capia, 2020, p. 41), pero la inmensa mayoría de este plástico termina en las botellas de bebida, formadas por inyección soplado (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008, p. 15).

Las botellas de plástico PET (Tereftalato de polietileno), están hechas de un plástico fuerte y durable, su uso principal es para envases de refrescos, bebidas deportivas, agua y jugo, recipientes de aderezo, medicinas, agroquímicos, entre otros (Ramos, 2014).

Figura 6.

Frasco típico y símbolo de reciclaje PET



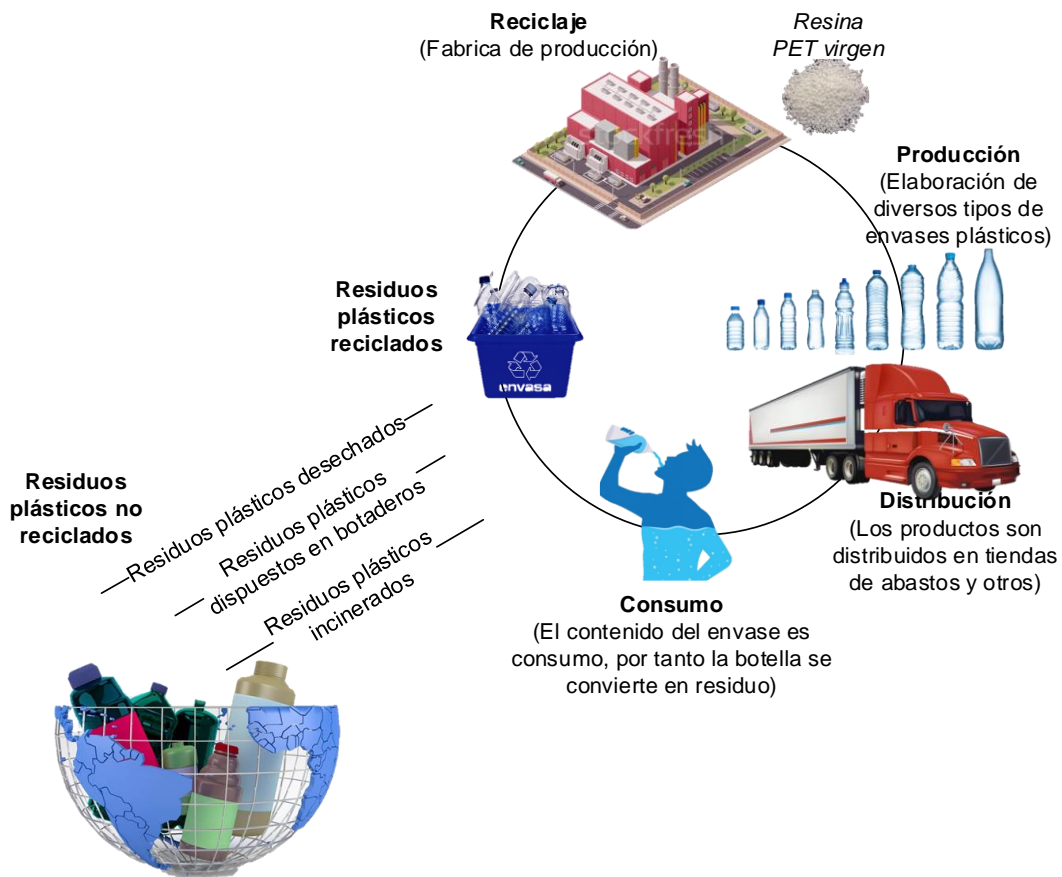
Nota: (Capia, 2020, p. 41)

El reciclaje de plásticos, “es un proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter una materia o producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener un nuevo producto” (Valdez, 2012, p. 16). Existen diversos métodos en el tratamiento: (Arandes, Bilbao y López, 2004)

- Tratamiento primario. Operaciones mecánicas para obtener un producto de similares características que el producto original.
- Tratamiento secundario. Consiste en la fusión, los desechos son convertidos en productos de diferentes formas con mayores aplicaciones.
- Tratamiento terciario, es la solvólisis o descomposición química, la cual se puede realizar por: metanólisis, glicólisis, hidrólisis y aminólisis.
- Tratamiento cuaternario, consiste en la incineración.

Figura 7.

Ciclo del plástico



Utilización del PET en la ingeniería civil

“Debido a la problemática que representa el exceso de los residuos de PET a nivel mundial, se han creado soluciones perspicaces para la reutilización y reciclaje de estos productos. Muchas de estas soluciones son prácticas relacionadas con la ingeniería civil” (Arteaga, 2018, p. 34):

- Concreto polimérico PET
- Estabilización de subrasante
- Estabilización de cimentaciones
- Ladrillos o bloques
- Paneles
- Pavimentos adoquinados

Proceso de reciclado de plásticos (PET) para su uso en ingeniería civil

Pero para reciclar materiales plásticos PET y utilizarlos en la construcción, tienen que pasar por procesos de lavado, secado, molienda y clasificación (Caraschi y Lopes, 2002).

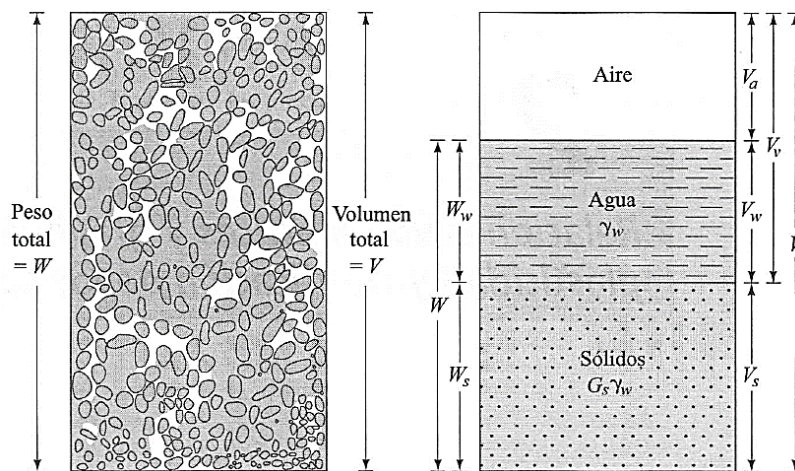
- **Lavado y secado.** Generalmente la limpieza se efectúa con agua, asimismo se pueden usar distintos líquidos, ya que de la certeza de la purificación tiene efecto en la disposición final del elemento reciclado (Franco-Urquiza, et al., 2016, p. 229).
- **Molienda o cortado.** Se puede cortar de forma irregular de diferentes dimensiones utilizando cizalla o también se pueden usar máquinas como la “Trituradora PET G-34”. (Ramos, 2014, p. 44)
- **Clasificación o separación.** Para separar y homogeneizar el material se utiliza el tamizado, procedimiento por el cual se define la granulometría del residuo PET triturado. (Franco-Urquiza, et al., 2016, p. 229)

2.4.3. Suelos

“El suelo es producido por la fractura y rompimiento de varios tipos de rocas en piezas más pequeñas mediante procesos mecánicos y químicos” (Braja, 2001). Los suelos pueden ser residuales o transportados (por aire, agua o sedimentación), según se les encuentre en el mismo lugar en que se han generado o en lugar diferente (Rico y Del Castillo, 2017).

Figura 8.

Fases del suelo



Nota: (Braja, 2001)

Los suelos más comunes identificados son (Crespo, 2004, p. 21)

- **Gravas.** Son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas que tienen más de 2 mm de diámetro.
- **Arenas.** Materiales de granos finos procedentes de la desintegración natural o trituración mecánica de rocas, sus partículas miden entre 2 y 0.05 mm.
- **Limos.** Suelos finos con poca plasticidad sus partículas tienen dimensiones entre 0.05 y 0.005 mm.
- **Arcillas.** Partículas sólidas plásticas con diámetro menor de 0.005 mm.
- Suelos orgánicos. Forma de humus o materia descompuesta.

Figura 9.

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 (WI - 20) o < 4			
	MH	>50	<0.73 (WI - 20)			
Arcillas inorgánicas	CL	<50	<0.73 (WI - 20) y < 7			
	CH	>50	>0.73 (WI - 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(WI - 20) o si IP entre 4 y 7 e IP > 0.73 (WI - 20), usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH						
** Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente WI seco al horno.						
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica. Ej.: CH-MH en vez de CL-ML						
Si WI= 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	<10>3	
	GM					<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	<10>3	
	SM					<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(WI-20) o si IP entre 4 y 7 e IP>0.73 (WI-20), usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC.						
En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica, Ej.: GW-GM en vez de GW-GC.						
$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$				$CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} + D_{10}}$		

Nota: (Pastor, 2013)

Figura 10.

Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación General	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	\geq 41
IP	\leq 6		NP ₍₁₁₎	\leq 10	\leq 10	\geq 11	\geq 11	\leq 10	\leq 10	\geq 11
Descripción	Gravas y arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calidad como material para carreteras	Excelente a bueno						Pobre a malo			

Nota: (Pastor, 2013)

2.4.4. Propiedades del suelo

Contenido de humedad. “Consiste en determinar una cierta cantidad de agua en una muestra de suelo seco, la cual cuenta con partículas sólidas, aire y agua”.

(Capia, 2020, p. 29)

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco}} \times 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100$$

Donde:

- W%= Contenido de humedad del suelo
- Wh= peso de la muestra húmeda
- Ws= Peso de la muestra seca

Granulometría. “Tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño” (Capia, 2020).

Tabla 3.

Clasificación de suelo según tamaño de partículas

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

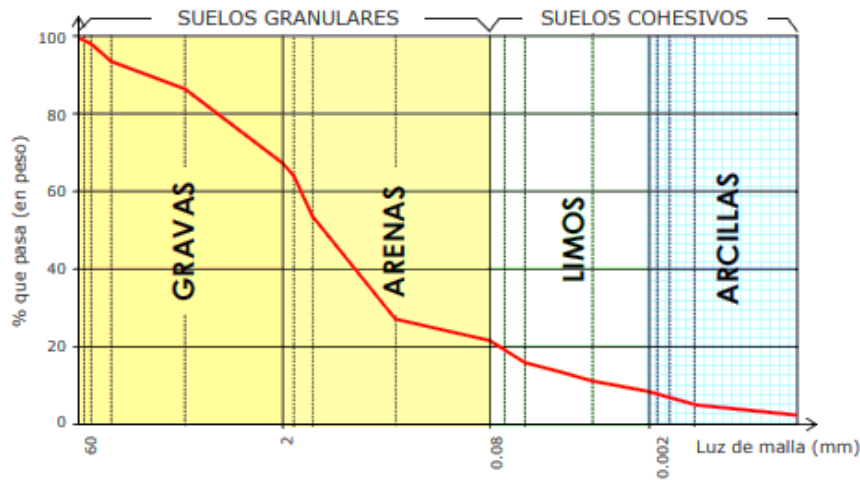
Nota: (MTC, 2014, p. 36)

Para determinar numéricamente la graduación de un suelo se emplea el coeficiente de curvatura (Cc) y para dar idea del grado de uniformidad de un suelo se utiliza el coeficiente de uniformidad (Cu), definidos como la relación entre las aberturas de los tamices por donde pasan el 60% (D60), 10% (D10) y 30% (D30) en peso de la totalidad de la muestra analizada. (Bañón y Beviá, 2000, p. 7)

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \dots\dots\dots Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Figura 11.

Curva granulométrica de un suelo



Nota: (Bañón y Beviá, 2000, p. 6)

Límites de consistencia. “Los límites de Atterberg establecen la sensibilidad del comportamiento del suelo en relación con el contenido de humedad (agua). De acuerdo a ello puede presentarse un suelo líquido, plástico o sólido” (Bañón y Beviá, 2000, pp. 10-11).

- Límite líquido (LL), su cálculo se estima a partir del ensayo de la Copa Casagrande. El ensayo se basa en la determinación de la cantidad de agua mínima para unir el umbral del suelo al dar 25 golpes.
- Límite plástico (LP), se define como la menor humedad de un suelo que permite realizar cilindros de 3 mm de diámetro sin que se desmoronen.
- Límite de contracción (Lc)
- Índice de plasticidad ($IP = LL - LP$)

Compactación. La compactación de un suelo es una propiedad importante en carreteras, al ser un proceso por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación del suelo; el proceso implica la reducción de los vacíos, por ende, un cambio en el volumen del suelo (Rico y

Del Castillo, 2017, p. 153). La compactación se determina por medio del ensayo de Proctor estándar o Proctor modificado.

Tabla 4.

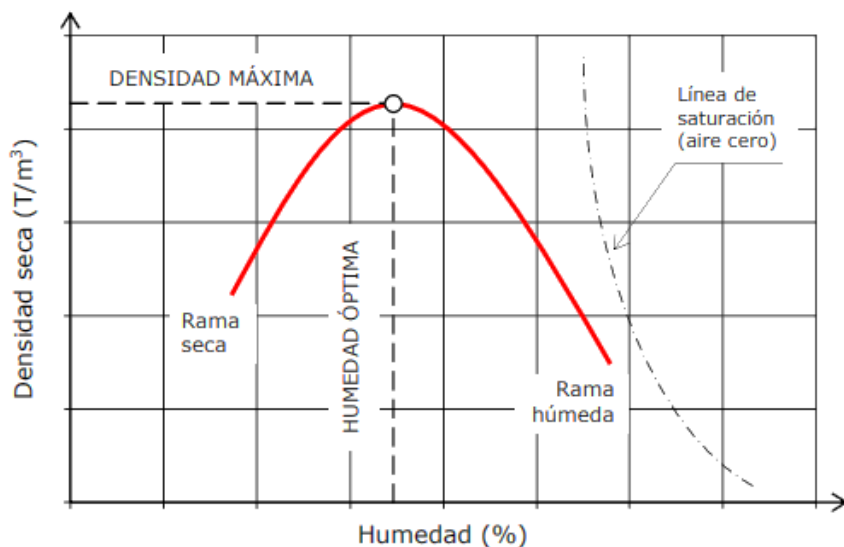
Especificaciones para la prueba de Proctor modificado

Descripción	Método		
	A	B	C
Diámetro de molde	4"	4"	6"
Peso del martillo(N)	44.5	44.5	44.5
Altura de caída (cm)	45.7	45.7	45.7
Nº de golpes/capa	25	25	56
Número de capas	5	5	5
Energía de compactación (kn-m/m ³)	2700	2700	2700
Material a usar	Mat. Que pasa tamiz N° 4	Mat. Que pasa tamiz 3/8"	Mat. Que pasa tamiz ¾"

Nota: (Capia, 2000, p. 36)

Figura 12.

Curva humedad – densidad seca



Nota: (Bañón y Beviá, 2000, p. 13)

Resistencia del suelo. El comportamiento mecánico del suelo es sin duda el factor más importante (Bañón y Beviá, 200, p. 17). En carreteras se mide por medio del ensayo CBR. El CBR es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo en función a la densidad y humedad (Capia, 2000).

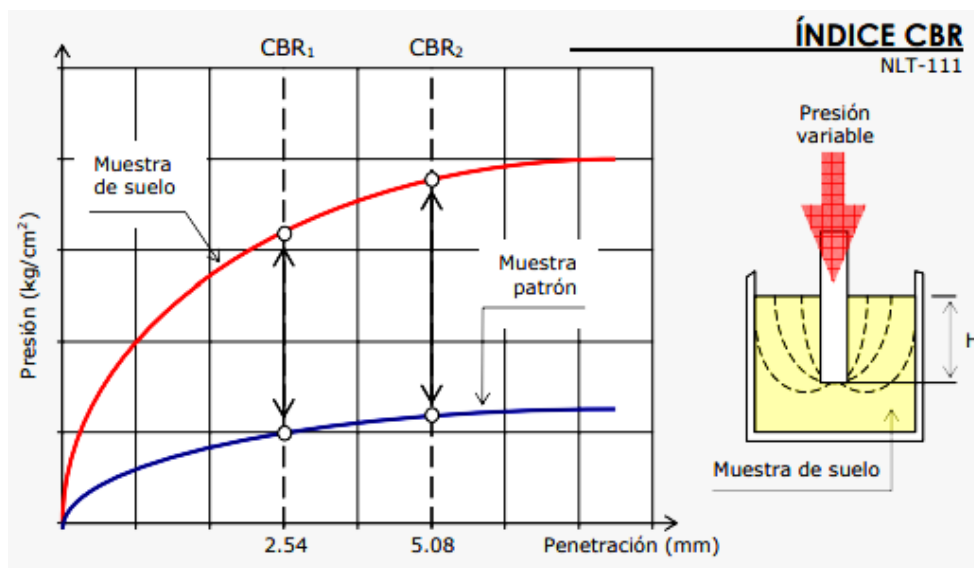
2.4.5. Capacidad de soporte del suelo (CBR)

La capacidad de carga o capacidad de soporte de un suelo es la carga que éste es capaz de soportar sin que se produzcan asentamientos excesivos. El indicador más empleado en carreteras es el índice CBR (California Bearing Ratio), llamado así porque se empleó por primera vez en el estado de California. La determinación de este parámetro se realiza mediante el ensayo normalizado NTP 339.145, y que consiste en un procedimiento conjunto de hinchamiento y penetración. (Bañón y Beviá, 2000, p. 17)

- El esponjamiento, se estima colocando la muestra a un procedimiento de sumersión por 4 días, con una carga similar a la predecible en circunstancias de utilización vial.
- El ensayo de penetración, consiste en colocar una carga progresiva sobre el suelo compactado con una húmeda óptima Proctor. La rapidez de penetración de la carga es 1.27 mm/min.

Figura 13.

Determinación del índice CBR



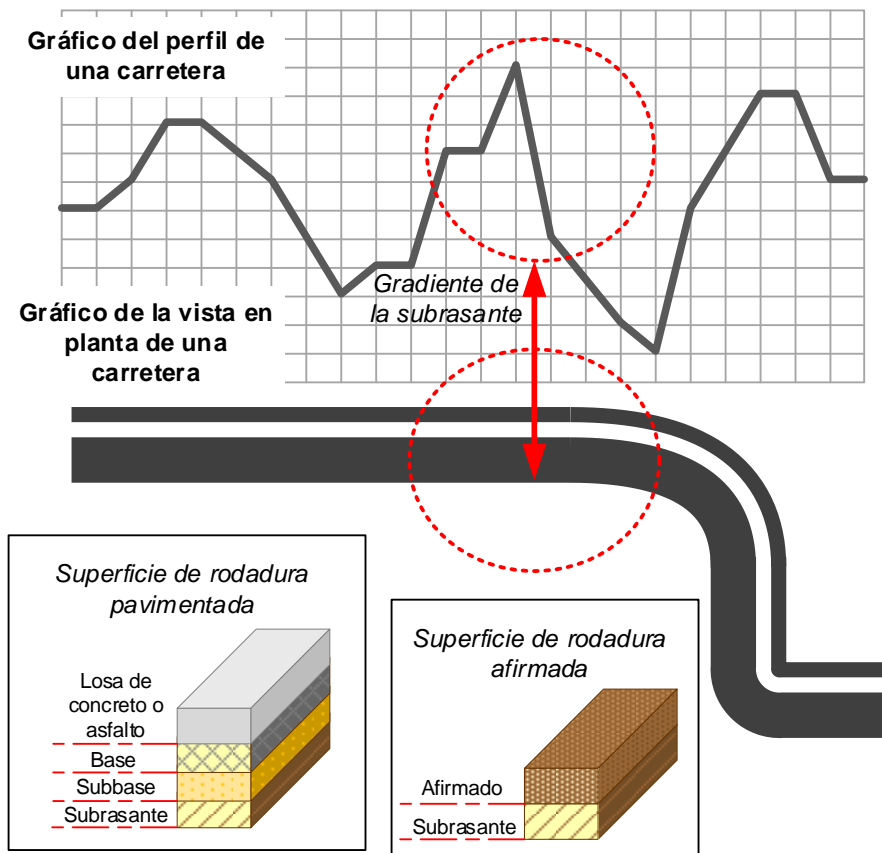
Nota: (Bañón y Beviá, 2000, p. 18)

2.4.6. Subrasante

Es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, sobre la cual se colocará la estructura del pavimento o afirmado, por ende, su capacidad de soporte, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción, constituyen las variables básicas para el diseño de la superficie de rodadura (MTC, 2014, p. 23). En el perfil de una carretera la subrasante aparece como una línea (Crespo, 2004, p. 102), misma que representa la superficie de una terracería terminada (Juárez y Rico, 2002, p. 530). Una subrasante de mala calidad saturada produciría la falla de cualquier pavimento situado sobre ella (Rico, 2005, p. 111), por ello surge la importancia del estudio de sus características físico-mecánicas.

Figura 14.

Subrasante en carreteras



Nota: Adaptado de (Alonzo y Rodríguez, 2005, p. 221)

Para determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante se debe realizar investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima, ubicados longitudinalmente y en forma alternada dentro de la calzada a distancias aproximadamente iguales. (MTC, 2014)

Tabla 5.

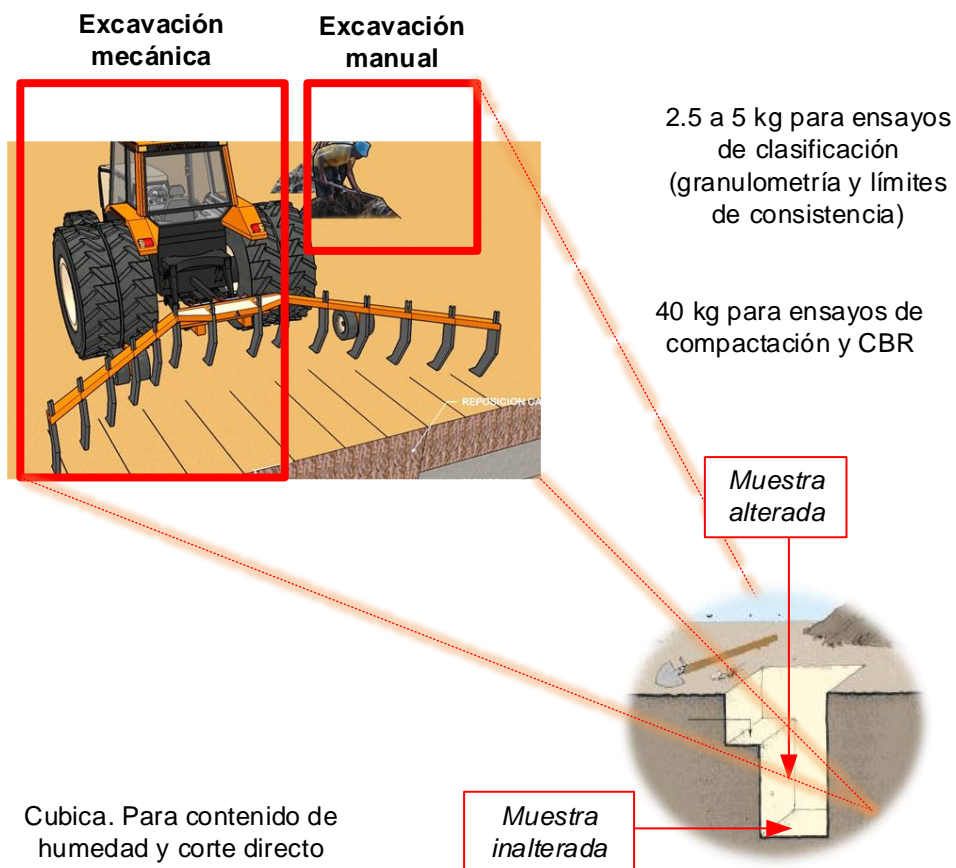
Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de vía	Número de puntos de investigación	Área (m ²)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Nota: Norma CE.010 (MVCS, 2020)

Figura 15.

Muestreo de suelos



2.4.7. Subrasante de suelos arcillosos

Las arcillas son principalmente partículas submicroscópicas en forma de escamas de mica, minerales arcillosos y otros minerales, cuyas partículas son menores a 0.002 mm o 0.005 mm, también se puede definir a las arcillas como aquellas partículas que desarrollan plasticidad cuando se mezclan con una cantidad limitada de agua (Braja, 2001). Un suelo arcilloso es un elemento de riesgo para una estructura de pavimento, debido a su gran sensibilidad al agua (MTC, 2013).

Tabla 6.

Clasificación de la subrasante según el índice de plasticidad

Índice de plasticidad (IP)	Plasticidad	Características
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$7 < IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Nota: (MTC, 2014, p. 37)

Cuando la capa de la sub rasante es arcillosa o limosa al humedecerse puede penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, por lo que se debe proyectar una capa de material anticontaminante de 10 cm de espesor como mínimo o un geotextil, pero en caso más severos donde el CBR de la sub rasante es menor a 6% (sub rasante pobre o sub rasante inadecuada) se debe considerar soluciones como la estabilización. (MTC, 2014, p. 92)

Tabla 7.

Categoría de subrasante según CBR

Categoría de subrasante	CBR
S0: Subrasante inadecuada	$CBR < 3\%$
S1: Subrasante pobre	$3\% < CBR \leq 6\%$
S2: Subrasante regular	$6\% < CBR \leq 10\%$
S3: Subrasante buena	$10\% < CBR \leq 20\%$
S4: Subrasante muy buena	$20\% < CBR \leq 30\%$
S5: Subrasante excelente	$CBR \geq 30\%$

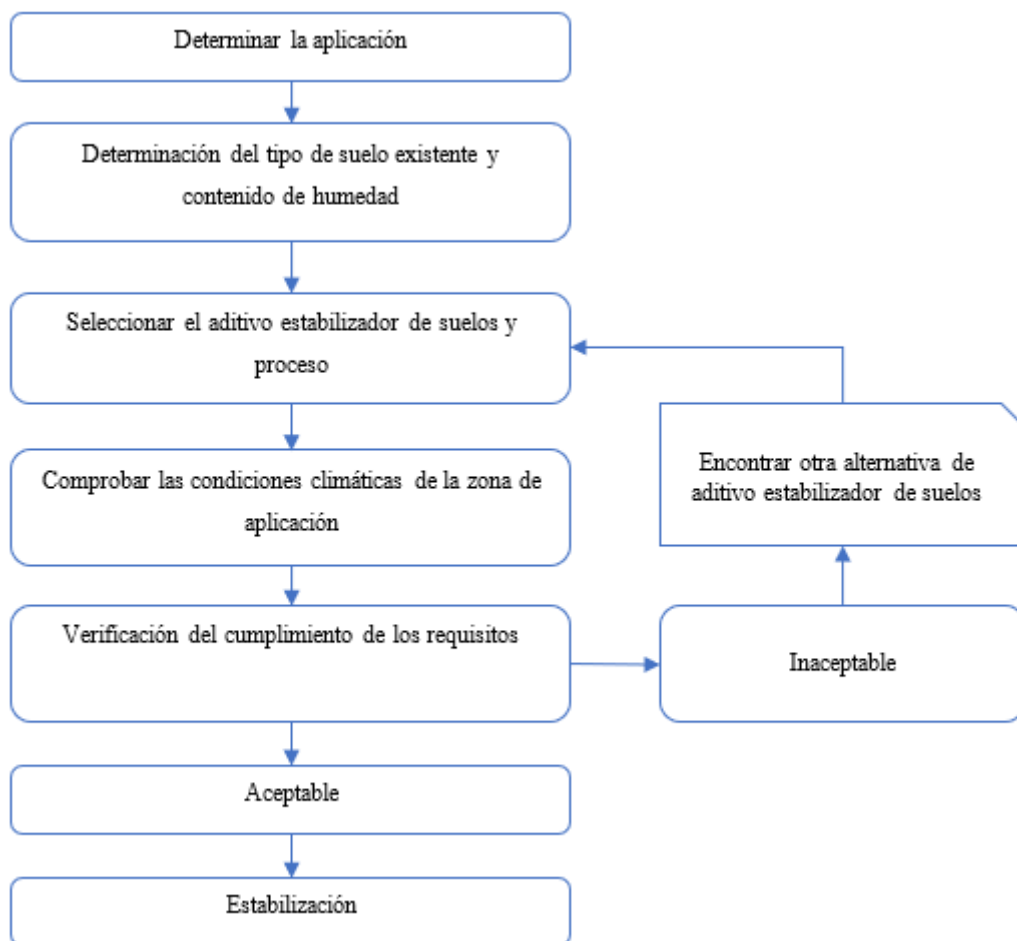
Nota: (MTC, 2014, p. 40)

2.4.8. Estabilización o mejoramiento de suelos

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. (MTC, 2014, p. 92)

Figura 16.

Proceso de selección del tipo de estabilización



Nota: (MTC, 2014, p. 95)

Las técnicas de mejoramiento son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes, pero cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación. El MTC (2014, p. 92) considera como métodos de estabilización frecuentes a:

Estabilización mecánica de suelos. Mejoramiento del suelo sin alterar su composición y estructura inicial, haciendo uso de la compactación, para reducir los vacíos en el interior del suelo.

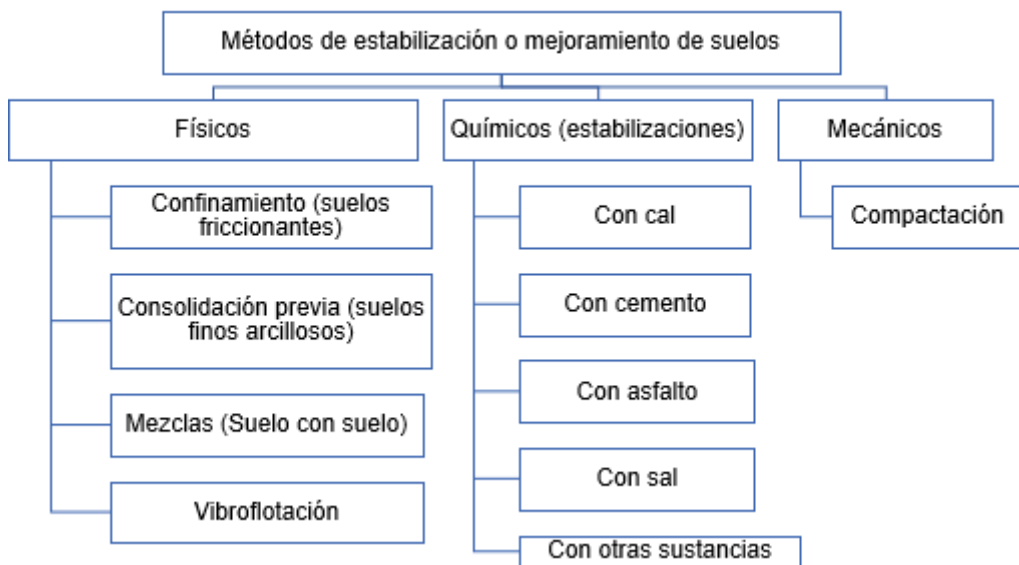
Estabilización por combinación de suelos. Mezcla del suelo existente con materia prima de prestación u otros que tengan la capacidad de soporte mayor, para que así se consiga un mejoramiento.

Estabilización por sustitución de suelos. Representa la excavación del suelo natural para sustituirlo por material con mejores características.

Estabilización con aditivos químicos. Representa la adición de otro componente químico al suelo, seguido de la compactación y curado de ser necesario, para obtener mejores un nuevo material endurecido y más resistente. Entre los aditivos normados se encuentran: Suelo estabilizado con cemento, con productos asfálticos, con cal, con cloruro de sodio, de calcio, de magnesio, escoria, entre otros.

Figura 17.

Métodos de mejoramiento de suelos



Nota: (Rico y Del Castillo, 2017)

2.5. Definiciones básicas

a. Calicata

“Excavación que se realiza en el terreno que nos permite estudiar la estratigrafía del suelo a diferentes profundidades” (MTC, 2018, p. 6).

b. Capacidad de soporte

La capacidad de soporte o capacidad de soporte de un suelo se define como la carga que éste es capaz de soportar sin que se produzcan asentamientos excesivos. (Bañón y Beviá, 2000, p. 17)

c. Carretera sin afirmar

“Carretera a nivel de subrasante o aquella donde la superficie de rodadura ha perdido el afirmado” (MTC, 2018, p. 7).

d. Polímero

“Los polímeros son sustancias de alto peso molecular, formados por pequeñas moléculas denominadas monómeros” (Ramírez, 2011).

e. Subrasante

“Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado” (MTC, 2018, p. 21).

f. Tereftalato de polietileno (PET)

El PET “es un polímero plástico, lineal con alto grado de cristalinidad y termoplástico en un comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado” (Arteaga, 2018, p. 33).

CAPÍTULO III.

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Si hay diferencia significativa entre la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) y el suelo natural en la sub rasante de la calle Camino Real, progresiva, km 0+000 – km 0+750, Chota.

3.2. Variables

3.2.1. Variable independiente

“Polímeros reciclados (‘PET)’” hace referencia a la materia prima a emplear para el mejoramiento de la subrasante, tomando en cuenta el proceso de reciclaje del Tereftalato de polietileno y a las propiedades del mismo una vez triturado, por tanto, tiene como dimensiones:

- Proceso de trituración del PET
- Propiedades físicas del PET triturado

3.2.2. Variable dependiente

La variable dependiente “Capacidad de soporte del suelo” hace referencia a las propiedades físico-mecánicas del suelo natural de la subrasante de la calle Camino Real y a su mejoramiento al adicionar 5%, 10%, 15% y 25% de residuos plásticos PET reciclados y triturados. Tiene como dimensiones:

- Propiedades físico-mecánicas del suelo natural
- Propiedades mecánicas del suelo con PET
- Comparación del CBR del suelo con dosificaciones de PET

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 8.

Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Definición conceptual	Definición operacional		
				Indicador	Ítem	
Variable independiente Polímeros reciclados (PET)	“Permite definir su proceso de obtención y sus características de gradación para su uso en el mejoramiento del suelo”	Proceso de trituración del PET	Para lograr la gradación y cantidad de PET	Recolección	Kg	
				Lavado	Kg	
				Cortado	Kg	
				Tamizado	Kg	
	“La capacidad de soporte del suelo es la resistencia mecánica del mismo al paso vehicular. En el estudio se definen las propiedades físico-mecánicas del suelo natural de la subrasante de la calle Camino Real y su mejoramiento al adicionar 5%, 10%, 15% y 25% de residuos plásticos PET reciclados y triturados”	Propiedades físicas del PET triturado	Para conocer el TMN del PET utilizado	Peso específico	Kg/cm3	
				Granulometría	Kg/cm3	
				Es necesario conocer la clasificación y características mecánicas del suelo natural a fin de verificar si necesita estabilización, según las normativas vigentes.	Contenido de humedad	%
				Granulometría	%	
Variable dependiente Capacidad de soporte del suelo	Propiedades físico-mecánicas del suelo natural de la subrasante de la calle Camino Real y su mejoramiento al adicionar 5%, 10%, 15% y 25% de residuos plásticos PET reciclados y triturados”	Propiedades físico-mecánicas del suelo natural	Se define la capacidad de soporte del suelo mejorado con PET.	Límite líquido	%	
				Límite plástico	%	
				Clasificación	S, C, L	
				Máxima densidad seca	Gr/cm3	
				Óptimo contenido de humedad	%	
	Comparación del CBR del suelo con dosificaciones de PET	Se comparan los resultados para definir un porcentaje adecuado	CBR	Máxima densidad seca	Gr/cm3	
				Óptimo contenido de humedad	%	
				Suelo con 5%	%	
				Suelo con 10%	%	
				Suelo con 15%	%	
Suelo con 25%	Suelo con 25%	Suelo con 25%	Suelo con 25%	%		

CAPÍTULO IV.

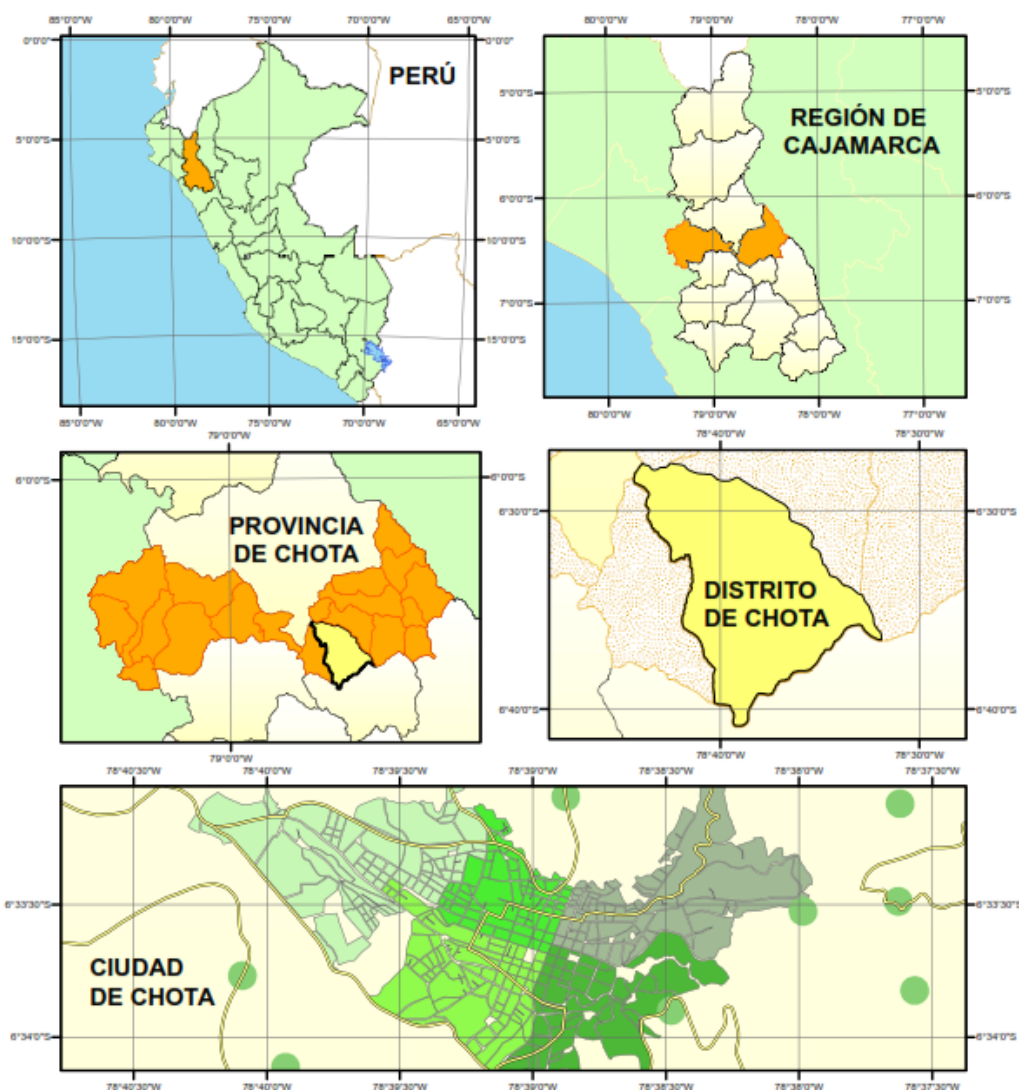
MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica del estudio

La ciudad de Chota cuenta con una superficie territorial de 261.75 Km²; situada geográficamente en las coordenadas: 759833.86 m E, 9274113.26 m S, a una altura de 2,388 m.s.n.m. “La ciudad de Chota viene afrontando problemas en relación al sistema vial y de transporte, el 27.22% de las calles se encuentran sin afirmar, el 26.89% afirmado, el 25.00% con pavimento rígido y el 20.89% con pavimento flexible” (MPCH, 2018).

Figura 18.

Ubicación de la ciudad de Chota



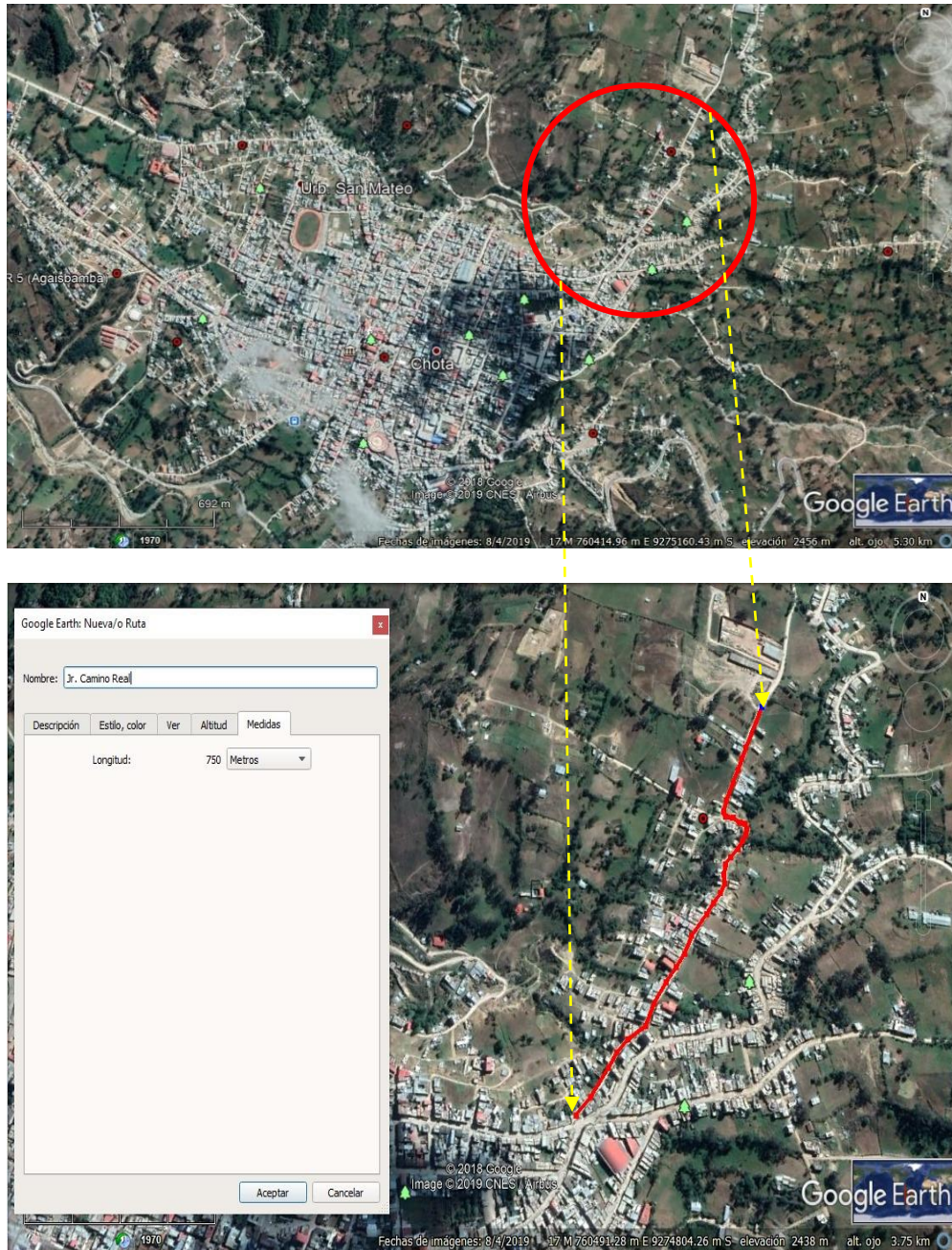
4.2. Unidad de análisis, población y muestra

4.2.1. Población

La población estuvo conformada por el suelo del km 0+000 al km 0+750 de la calle Camino Real, de la ciudad de Chota, distrito y provincia de Chota.

Figura 19.

Ruta km 0+000 al km 0+750 de la calle Camino Real



Nota: Google Earth, 2019.

4.2.2. Muestra

La muestra no probabilística, fue definida en base a las disposiciones del MVCS (2020) “Un punto de investigación cada 3000 m² para vías colectoras”, por tanto, estuvo conformada por las muestras de suelo extraídas de tres calicatas.

- Calicata 1 (9274503.80; 760671.70)
- Calicata 2 (9274724.95; 760853.80)
- Calicata 3 (9274914.87; 760904.24)

Tabla 9.

Ensayos en el suelo natural

Ensayo en el suelo natural	Calicatas			Total
	C1	C2	C3	
Contenido de humedad	1.00	1.00	1.00	3.00
Análisis granulométrico	1.00	1.00	1.00	3.00
Límites de consistencia	1.00	1.00	1.00	3.00
Proctor modificado	1.00	1.00	1.00	3.00
CBR	1.00	1.00	1.00	3.00
Total	5.00	5.00	5.00	15.00

Realizado los ensayos de clasificación del suelo, se determinó que el suelo de las tres calicatas corresponde a arcilla de alta plasticidad, por tanto, los especímenes con PET reciclado triturado (previamente el residuo PET fue tamizado y ensayado para determinar la gradación de uso) fueron elaborados los especímenes con el suelo de menor capacidad de soporte para el ensayo de CBR, tal como se muestra:

Tabla 10.

Porcentaje de incorporación de polímeros reciclados (PET) en las muestras de suelo

PET triturado de 2mm	Porcentajes de incorporación en el suelo de la subrasante			
	5%	10%	15%	25%
Calicata (C1)	3.00	3.00	3.00	3.00

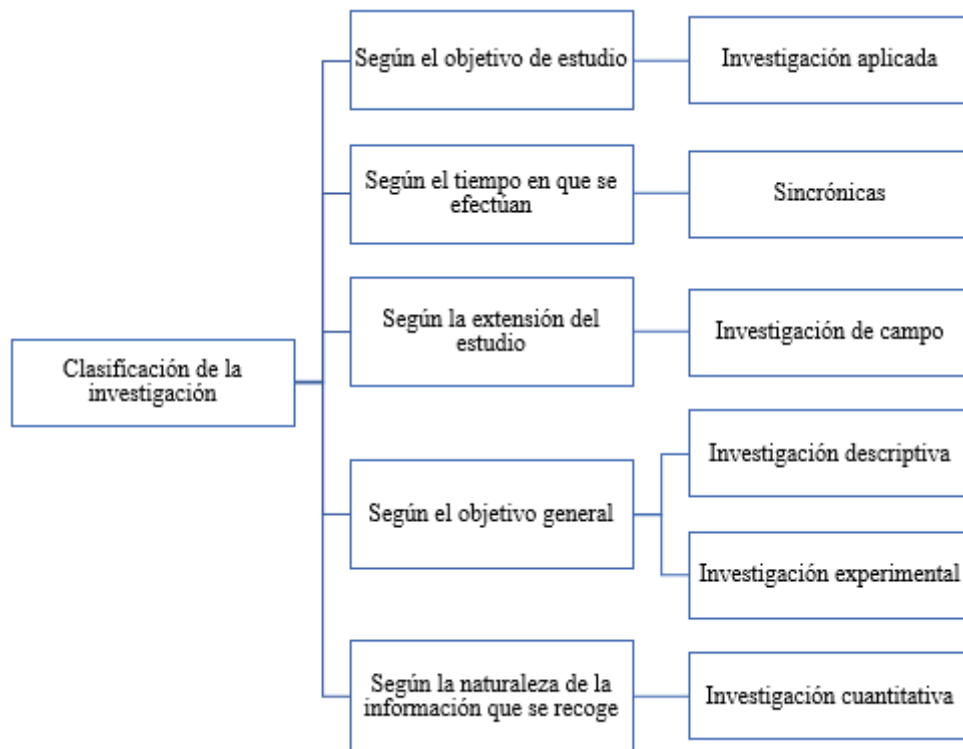
4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación

4.3.1. Tipo de investigación

“La investigación tiene una innegable potencia para el tratamiento de los datos más concretos, por ende, tiene enfoque cuantitativo” (Behar, 2008, p. 38). Es cuantitativa porque ha permitido evaluar los datos de manera científica o de forma numérica con ayuda de la estadística, así mismo utiliza la metodología descriptiva, analítica y experimental (Sanca, 2011), por tanto, según la naturaleza de objetivos y nivel de conocimientos es descriptiva (Rojas, 2015, p. 2), debido a que se han aplicado las teorías concernientes a la mecánica de suelos para aumentar el CBR de la subrasante con adición de polímeros reciclados (PET).

Figura 20.

Clasificación de la investigación

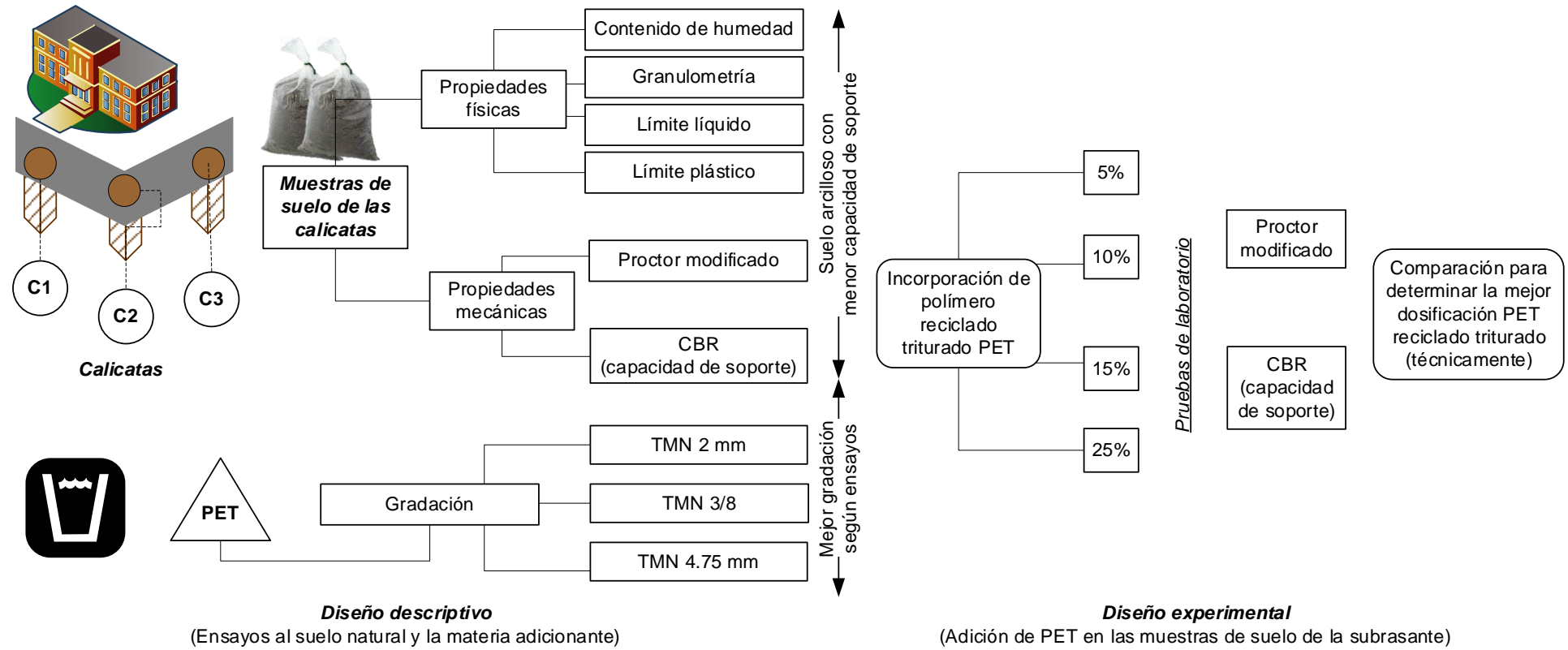


Nota: Adaptado de (Sanca, 2011)

4.3.2. Diseño de investigación

Figura 21.

Diseño descriptivo-Experimental

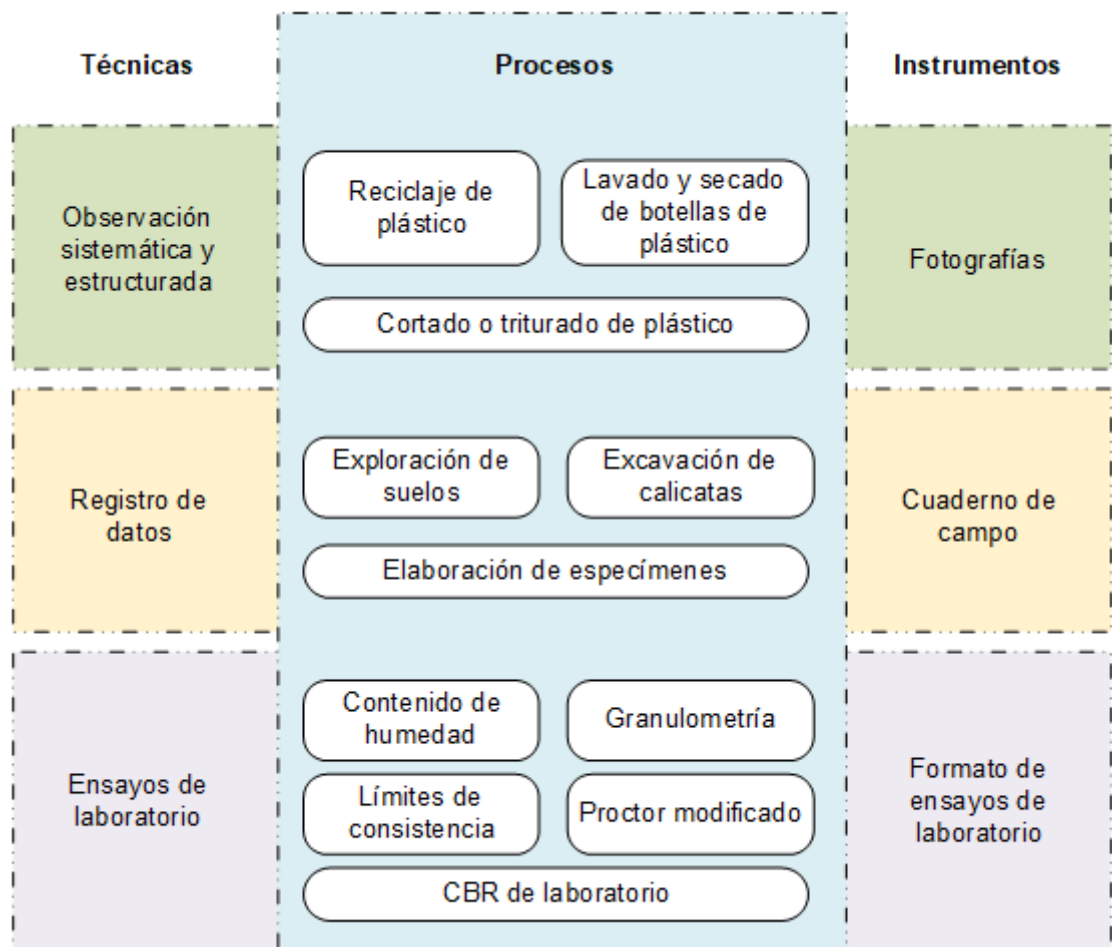


4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como metodología de la investigación, se ha utilizado el **método lógico deductivo**, “método por el cual se aplican los principios descubiertos a casos particulares a partir de la vinculación de juicios” (Behar, 2008, p. 39), por ejemplo, en el análisis se determinó la influencia de la adición de polímeros reciclados (PET) en el suelo extraído de la subrasante de la calle Camino Real, por ende, de los resultados positivos, se deduce que su uso en la subrasante de la vía será favorable. Como parte de la metodología lógico deductivo se aplicarán como técnicas principales: la observación sistemática y estructurada, el registro de datos y los ensayos de laboratorio.

Figura 22.

Técnicas e instrumentos de análisis



4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

4.5.1. Técnicas para el procesamiento y obtención de información

Exploración y muestreo de suelos (Llique, 2003)

Equipos y/o materiales

- Herramientas manuales
- Libreta de campo
- GPS
- Retroexcavadora
- Wincha metálica
- Sacos impermeables
- Tarjetas de identificación

Procedimiento

- Se excavó con retroexcavadora las calicatas de un ancho y largo de 1 m aproximadamente y de profundidad de 1.50 m.
- Se registró las coordenadas de la calicata, el nivel freático y el perfil estratigráfico.
- Se recolectaron las muestras alteradas con ayuda de las herramientas manuales, mismas que fueron codificadas con las tarjetas de identificación.

Proceso de muestras representativas NTP 339.089 (INACAL, 2019)

Equipos y/o materiales

- Tamices N° 4, N° 10 y N° 40
- Mortero con su mazo cubierto de caucho
- Cuarteador o aparato para la separación de muestras
- Lona para cubrir aprox. 2 m x 2.5 m.

- Pala, cucharón metálico o badilejo para manejar el material
- Varilla metálica
- Muestra de suelo

Procedimiento

- Se colocó la muestra sobre una superficie dura, limpia y horizontal
- Se mezcló bien hasta formar una pila en forma de cono, repitiendo esta operación cuatro veces.
- Se aplanó y extendió la pila cónica hasta darle una base circular, para luego dividir diametralmente el material en cuatro partes iguales.
- Se descartaron dos cuartos de mezcla diagonalmente opuestos y cuidadosamente se limpian los finos de la lona.
- Sucesivamente se mezcló y cuarteó el material hasta reducir la muestra a la cantidad deseada.

Contenido de humedad NTP 339.160 (INACAL, 2015)

Equipos y/o materiales

- Muestra alterada
- Balanza con aprox. de 0.01 gr
- Horno
- Taras

Procedimiento

- Se pesó las taras y la muestra húmeda
- Se secó la muestra en estufa durante 24 horas a 105 °C
- Se pesó la muestra seca
- Se determinó el contenido de humedad

Análisis granulométrico NTP 339.128 (INACAL, 2019)

Equipos y/o materiales

- Muestra de suelo fino 500 gr y 1000 de suelo grueso
- Juego de tamices
- Balanza con aprox. 0.1 gr.

Procedimiento

- Se secó y pesó la muestra.
- Se pasó la muestra por el juego de tamices.
- Se determinó los pesos retenidos en cada tamiz
- Se procedió al cálculo para dibujar la curva granulométrica.

Plasticidad NTP 339.129 (INACAL, 2019)

Material y/o equipos

- Malla N° 40
- Horno
- Copa Casagrande
- Balanza con aprox. de 0.01 gr.
- Probeta de 100 ml
- Ranurador y espátula
- Cápsula de porcelana y taras identificadas
- Placa de vidrio

Procedimiento

- Para el límite líquido, se mezcla una porción de suelo que pasa la malla N° 40 con agua hasta obtener una mezcla uniforme, que es enrasada en la copa Casagrande, para luego pasar el ranurador y separar la muestra en dos partes, que luego serán unidas al dar golpes con la manivela de la copa

Casagrande. El ensayo se repite tres veces, y se contabiliza el número de golpes necesario para cerrar la muestra, misma que es pesada y llevada a la estufa para luego volver a ser pesada.

- Para el límite plástico, se tomó una porción de la muestra elaborada para el ensayo del LL, se le agregó suelo seco para bajar su humedad y luego se enrolló hasta formar cilindros de 3 mm de diámetro y que presenten agrietamientos, para luego ser pesado, llevado al horno y otra vez pesado.

El ensayo se repite dos veces.

Compactación Proctor modificado NTP 339.141 (INACAL, 2019)

Equipos y/o materiales

- Muestra alterada seca
- Papel filtro
- Equipo Proctor modificado
- Pisón Proctor modificado
- Balanza con precisión de 1 gr
- Horno
- Probeta de 1000 ml
- Recipiente de 6 kg
- Espátula y taras identificadas

Procedimiento

- Se obtuvo la muestra seca de acuerdo al método A.
- Se preparó cinco muestras de suelo con cantidades de agua que varíen en $1 \frac{1}{2}$ del CH.
- Se ensambló el molde Proctor, y se compactó cada muestra en 5 capas con 25 golpes.

- Se pesó la muestra y se llevó al horno, para determinar el contenido de humedad.
- Con los resultados se dibujó la curva de compactación para determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

CBR de laboratorio NTP 339.145 (INACAL, 2019)

Equipos y/o materiales

- Muestra seca
- Papel filtro
- Equipo CBR
- Pisón Proctor modificado
- Balanza con precisión 1gr
- Horno
- Probeta de 100 ml
- Recipiente de 6 kg de capacidad
- Taras identificadas

Procedimiento

- Ensayo de compactación CBR. Se preparó la muestra con el contenido óptimo de humedad determinado en el ensayo Proctor modificado, se compactó la muestra en los tres moldes CBR cada uno con cinco capas, el 1ro con 27 golpes, el 2do con 27 golpes y el 3ro con 56 golpes por capa.
- Ensayo de hinchamiento. Se colocó las muestras sobre la placa de expansión y se llevó al agua durante 4 días, registrando los cambios en la expansión cada 24 horas.
- Ensayo carga-penetración. Se colocó los especímenes en la prensa hidráulica, donde se procedió al ensayo de penetración aplicando una

velocidad de 0.05 pulg/min, se registraron las lecturas de carga y penetración de la muestra para dibujar las curvas esfuerzo-deformación y la curva CBR-densidad seca para determinar el CBR para 0.1” y 0.2” de penetración.

Reciclaje y trituración de polímeros PET

Equipos y/o materiales

- Sacos impermeables
- Cilindros de metal
- Agua
- Tijeras para cortar chapa y plástico
- Tamices 4.25 mm, 3/8” y 2 mm
- Suelo natural
- Equipo CBR

Procedimiento

- Se recolectó botellas de plástico PET en las inmediaciones de la ciudad
- Se utilizó sacos para el traslado de las botellas a la zona de acopio.
- Se lavó las botellas con agua en los cilindros de metal, luego se dejó secar.
- Se procedió al cortado de las botellas en forma de hojuelas (que asemeje a la forma que tendrían de pasar por el proceso de trituración) cuyas dimensiones sean retenidas en el tamiz 4.25 mm, 3/8”, y 2 mm.
- Se tamizó el material para separarlo según gradación.
- Para determinar la gradación ideal se ensayaron a CBR el suelo con 5% de cada una de las diferentes granulometrías de polímeros reciclados PET triturados, para luego trabajar los demás ensayos con las proporciones 10, 15 y 25% con la gradación ideal.

Elaboración de especímenes para CBR

Equipos y/o materiales

- Muestra seca
- Polímeros reciclados PET de 2 mm
- Equipo CBR
- Pisón Proctor modificado
- Balanza con precisión 1gr
- Probeta de 100 ml
- Recipiente de 6 kg de capacidad
- Horno y taras identificadas

Procedimiento

- Se mezcló el suelo natural con polímeros reciclados PET triturados de 2 mm en porcentajes de 5, 10, 15 y 25% del peso del suelo seco.
- Se determinó el contenido óptimo de humedad para cada mezcla y se siguió el procedimiento descrito para el ensayo CBR.

4.5.2. Análisis estadístico

La organización y procesamiento de la información se realizó en el programa Microsoft Excel 2016, mismo que permitió la aplicación de la estadística descriptiva para garantizar la fiabilidad de los resultados (C.V. < 10%) y presentarlos en diversos tipos de gráficos estadísticos, como: gráficos de barras, polígono de frecuencia, gráfico circular, entre otros (Estuardo, 2012)

Media muestral

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_n}{n}$$

Varianza

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

4.6. Matriz de consistencia metodológica

Anexo N° 1.

CAPÍTULO V.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

5.1.1. *Propiedades del suelo de la sub rasante*

Para determinar las propiedades del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real progresivas km 0+000 – km 0+750, de la ciudad de Chota, se realizó la excavación de tres calicatas, determinando que estas presentan una gradación menor a 3/8” con porcentajes que pasan en el tamiz N° 200 de 73.30%, 51.70% y 70.90% para las calicatas 1, 2 y 3 respectivamente (Tabla 11 y Fig. 23), El límite líquido ha sido determinado por medio de la curva de fluidez (Fig. 24), llegando a estimar que el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad promedio del suelo natural de la subrasante de la calle Camino real ascienden a 50.20%, 27.23% y 22.97% respectivamente (Tabla 12). El suelo de la calicata 2 según SUCS se clasifica como arcilla de baja plasticidad y el suelo de la calicata 1 y 3 como arcilla de alta plasticidad (Fig. 25), estando las tres muestras dentro del grupo A-7-6 según la clasificación AASHTO (Fig. 26).

Tabla 11.

Granulometría, calle Camino Real

Abertura (pulg)	Tamiz (mm)	Porcentaje del suelo que pasa		
		Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
1”	25.40	100.00	100.00	100.00
¾	19.00	100.00	100.00	100.00
½”	12.70	100.00	100.00	100.00
3/8”	9.52	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	99.80	100.00	99.20
N° 10	2.00	94.40	99.10	93.40
N° 40	0.425	85.30	82.00	82.30
N° 100	0.150	78.10	62.30	73.80
N° 200	0.075	73.30	51.70	70.90

Figura 23.

Curva granulométrica del suelo

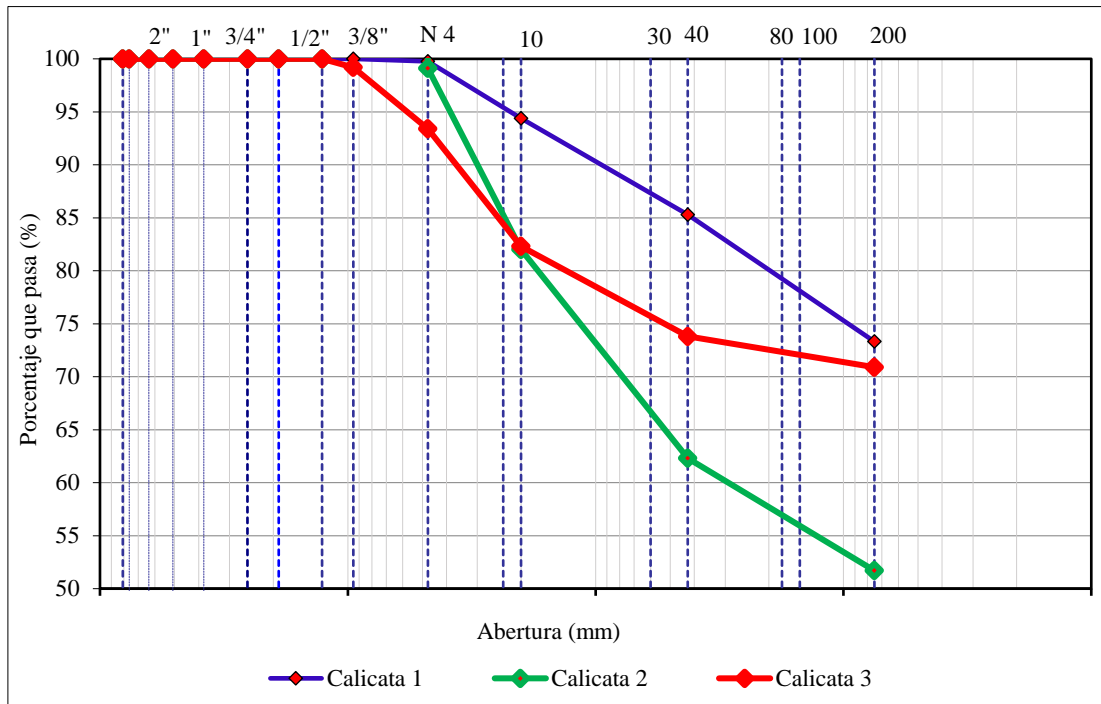


Figura 24.

Curva de fluidez, sub rasante de la calle Camino Real

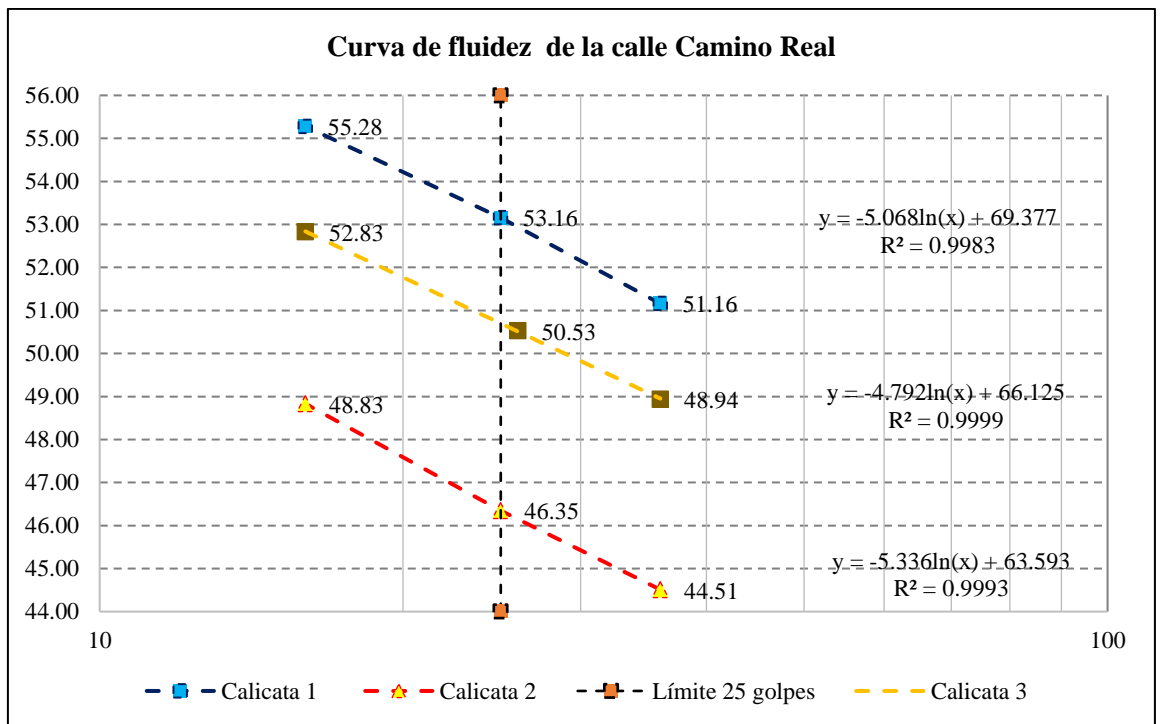


Tabla 12.

Límites de consistencia, calle Camino Real

Límites de consistencia	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Límite líquido (%)	53.20	46.60	50.80	50.20	3.340	6.65
Límite plástico (%)	28.70	25.40	27.58	27.23	1.678	6.16
Índice plástico (%)	24.50	21.20	23.22	22.97	1.663	7.24

Figura 25.

Clasificación SUCS, calle Camino Real

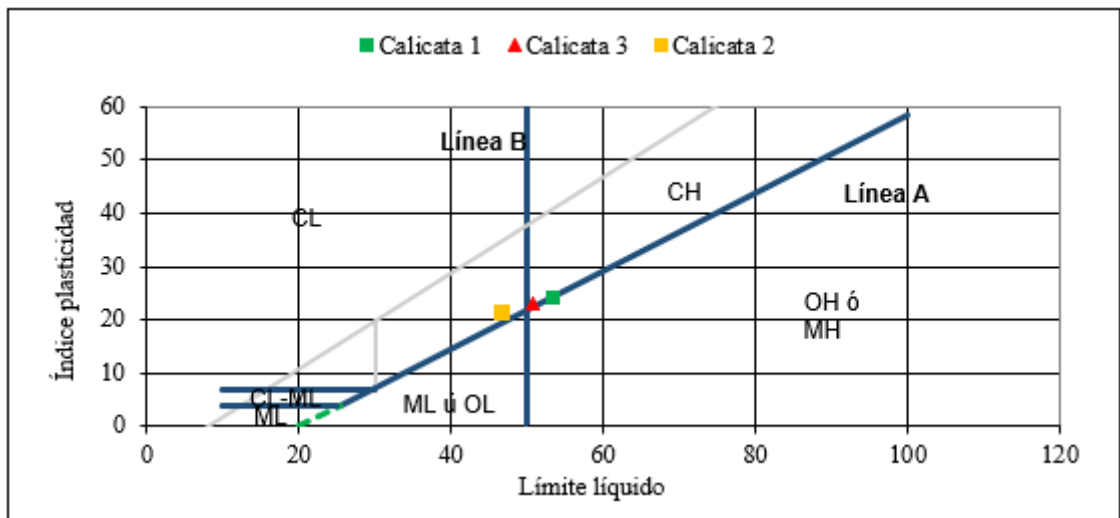
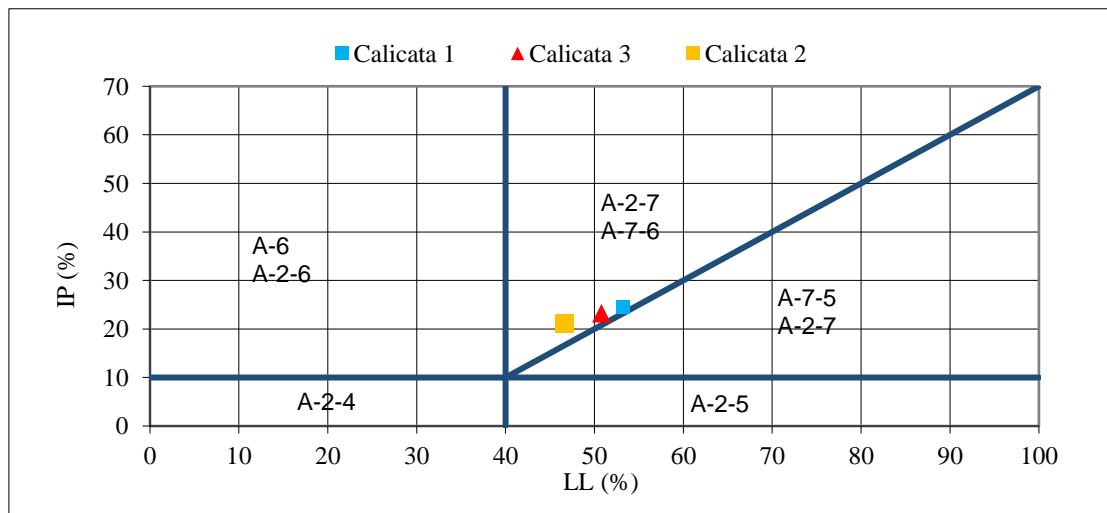


Figura 26.

Clasificación AASHTO



Para determinar la capacidad de soporte del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real progresivas km 0+000 – km 0+750, de la ciudad de Chota, primero se realizó el ensayo de Proctor modificado, estimando la densidad seca máxima (gr/cm³) y el contenido de humedad óptimo (%), valores que se representan en la curva de compactación (Fig. 27), luego se preparó las muestras de suelo para el ensayo CBR con los contenidos de humedad óptimos para la calicata 1, 2 y 3 equivalentes a 13.14%, 12.62% y 15.52% respectivamente (Tabla 13). Antes del ensayo CBR del suelo, éste pasa por el ensayo de hinchamiento, que consiste en colocar los especímenes en agua por 96 horas midiendo la expansión del suelo cada 24 horas (Fig. 28), luego se procedió al ensayo CBR determinando que para la calicata 1, 2 y 3 el valor de soporte CBR para el 95% asciende a 4.50%, 5.00% y 4.80% respectivamente (Tabla 14 y Fig. 29).

Figura 27.

Curva de compactación, calle Camino Real

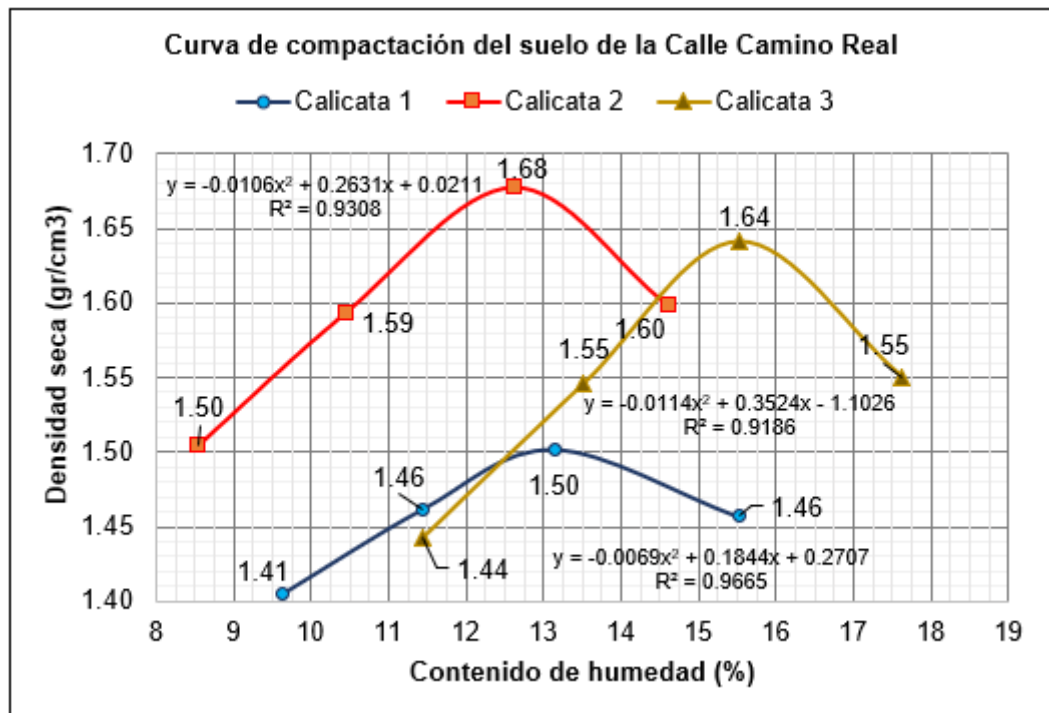


Tabla 13.

Compactación, calle Camino Real

Compactación	Densidad seca máxima (gr/cm3)	Contenido de humedad óptimo (%)
Calicata 1	1.502	13.14
Calicata 2	1.677	12.62
Calicata 3	1.641	15.52
Promedio	1.607	13.76
Desv. Estándar	0.092414	1.546221
Coefficiente de variación (%)	5.75	11.24

Figura 28.

Expansión (%) a las 96 horas en el suelo, calle Camino Real

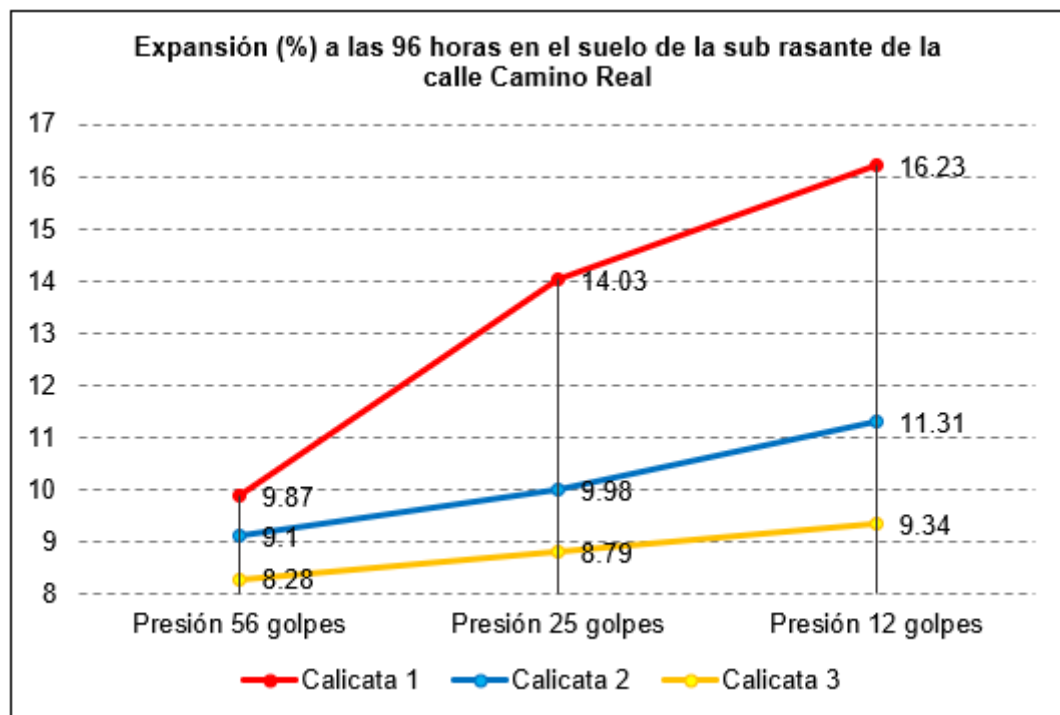


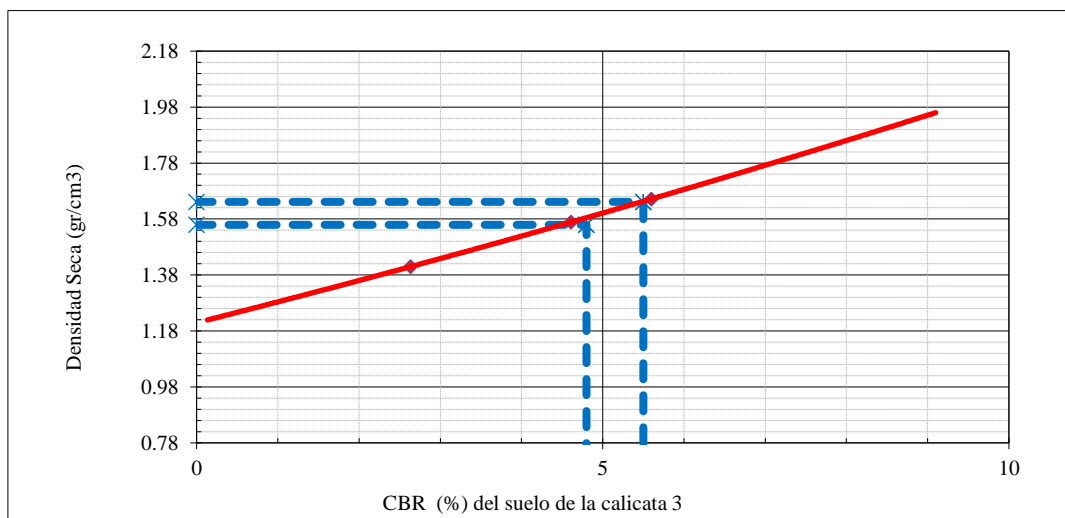
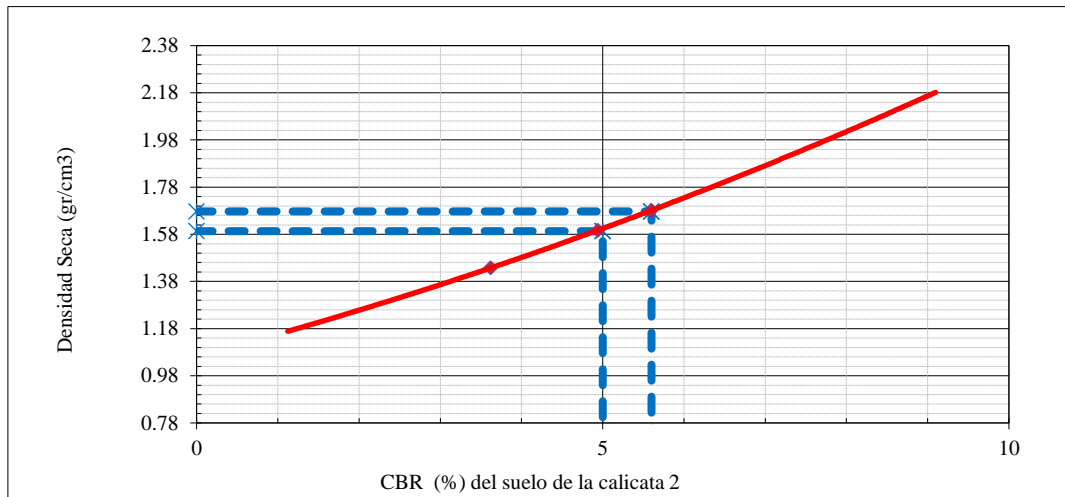
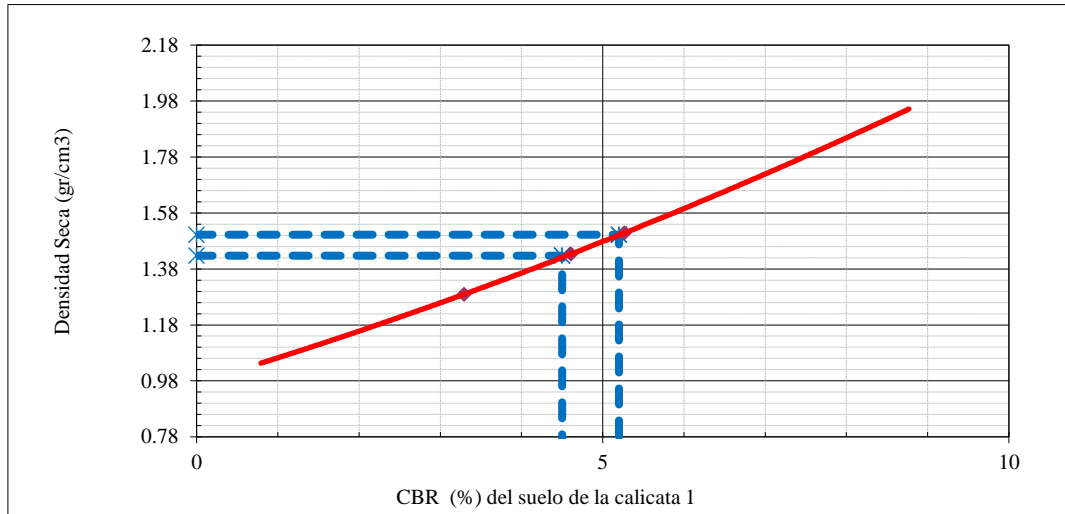
Tabla 14.

CBR del suelo de la calle Camino Real

Valor relativo de soporte C.B.R.	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (%)	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (%)
Calicata 1	4.50	5.20
Calicata 2	5.00	5.60
Calicata 3	4.80	5.50
Promedio	4.77	5.43
Desviación estándar	0.252	0.208
Coefficiente de variación	5.28%	3.83%

Figura 29.

Valor relativo de soporte CBR de la calicata 1, 2 y 3 de la sub rasante de la calle Camino Real



5.1.2. *Influencia de la adición de polímeros reciclados en la capacidad de soporte del suelo*

a) *Influencia técnica*

Para determinar la influencia de la adición de polímeros reciclados (PET al 5%, 10%, 15% y 25%) en la capacidad de soporte del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota, se trabajó con el suelo de la calicata 1, debido a que es la que presenta menor capacidad de soporte con un CBR al 95% y 100% de la M.D.S. equivalente a 4.50% y 5.20%.

Los polímeros reciclados (PET) triturados fueron tamizados y separados según gradación en TMN 3/8", 2 mm y 4.75 mm, para luego armar especímenes con cada TMN al 5% de PET triturado respecto al peso del suelo seco de la calicata 1. Los especímenes fueron ensayados a compactación y CBR con la finalidad de estimar el TMN PET triturado con el que se obtiene la mayor capacidad de soporte.

En el ensayo de compactación (Tabla 15 y Fig. 30) se determinó que el suelo con 5% de PET triturado con un TMN de 2.00 mm requiere una menor cantidad de agua para alcanzar el contenido de humedad óptimo equivalente a 11.89%, mientras que el suelo con PET triturado a TMN de 3/8" y 4.75 mm requieren mayor contenido de humedad óptimo equivalente a 12.57% y 12.20% respectivamente.

En el ensayo de hinchamiento, si bien el suelo con PET triturado TMN 2.00 mm parece tener un mayor porcentaje de expansión a mayor presión 12, 25 y 56 golpes (Fig. 32), también presenta menor expansión en mm respecto al PET TMN 3/8" y PET TMN 4.75 mm (Fig. 31), determinando así que el suelo con PET triturado TMN 2.00 mm presenta una mejor resistencia a la exposición al agua.

En el ensayo CBR, se determinó la capacidad de soporte del suelo con adición de 5% de PET triturado en tres tamaños máximos nominales: TMN 3/8", TMN 4.75, TMN 2.00 mm (Fig. 33). Al hacer una comparación de la capacidad de soporte alcanzada se estimó que este valor es mayor cuando se adiciona PET triturado de un TMN de 2.00 mm (Fig. 34 y Tabla 16).

Tabla 15.

Compactación de los especímenes con 5% de PET triturado a diferentes TMN, calle Camino Real

Compactación de los especímenes con 5% de PET triturado a diferentes TMN	Densidad seca máxima (gr/cm ³)	Contenido de humedad óptimo (%)
Con 5% PET TMN 3/8"	1.406	12.57
Con 5% PET TMN 4.75 mm	1.424	12.20
Con 5% PET TMN 2.00 mm	1.452	11.89
Promedio	1.427	12.22
Desv. Estándar	0.023	0.340
Coefficiente de variación (%)	1.624%	2.786%

Figura 30.

Curva de compactación de los especímenes con 5% de PET triturado a diferentes TMN, calle Camino Real

Real

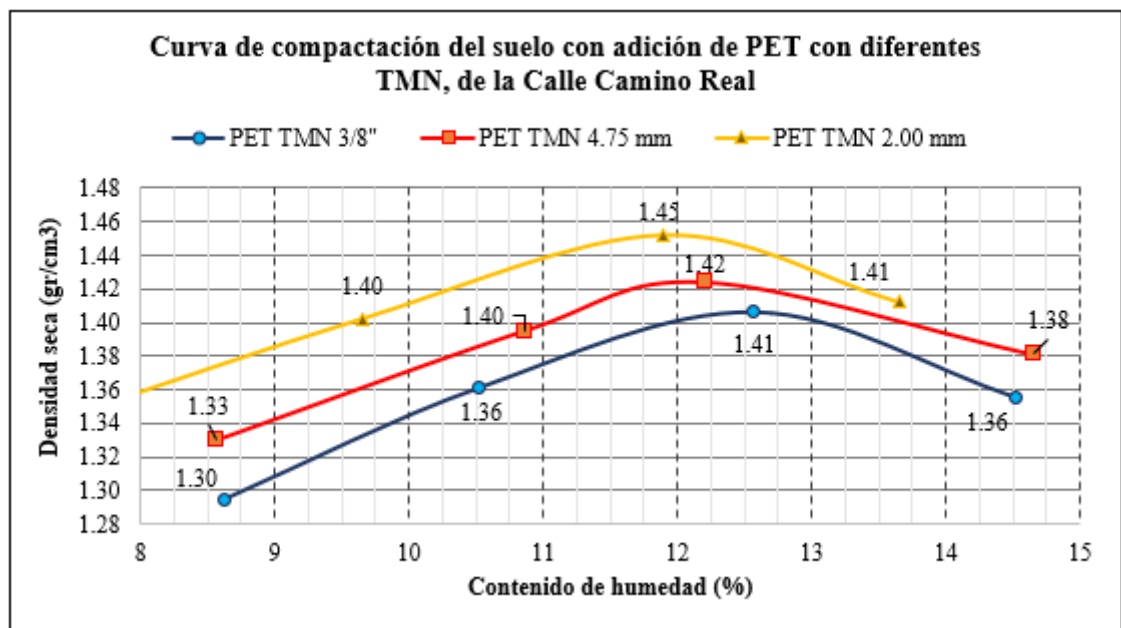


Figura 31.

Variación de la expansión (mm) a una presión de 56 golpes, suelo con adición de PET triturado a diferentes TMN

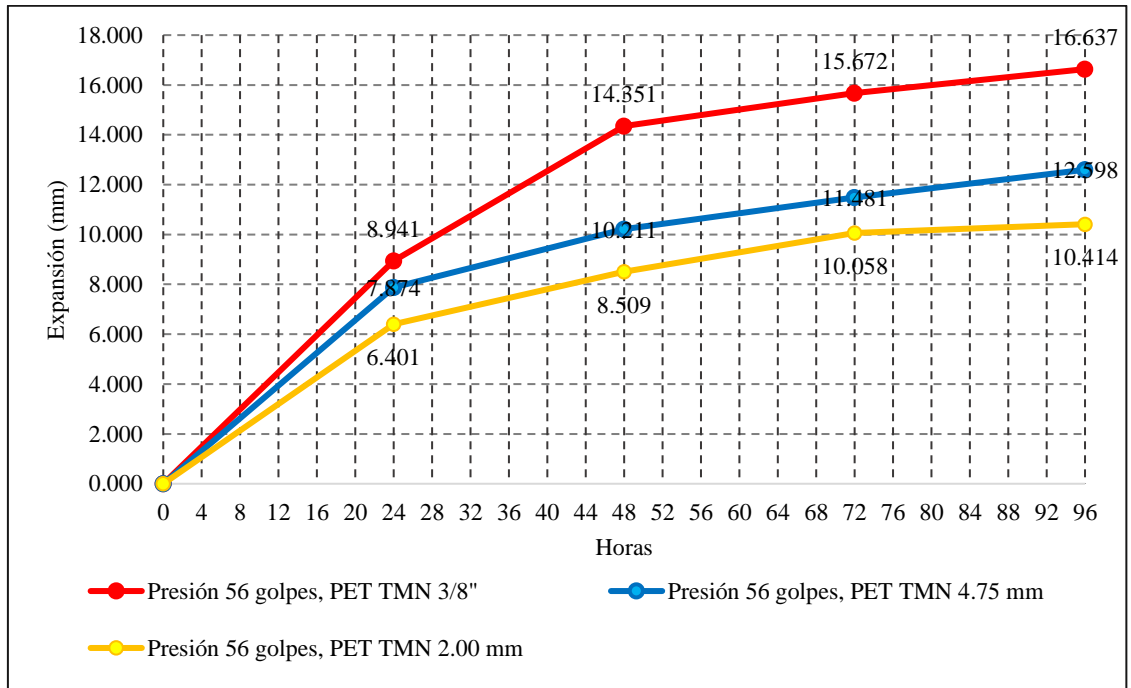


Figura 32.

Expansión (%) a las 96 horas en el suelo con adición de PET triturado a diferentes TMN

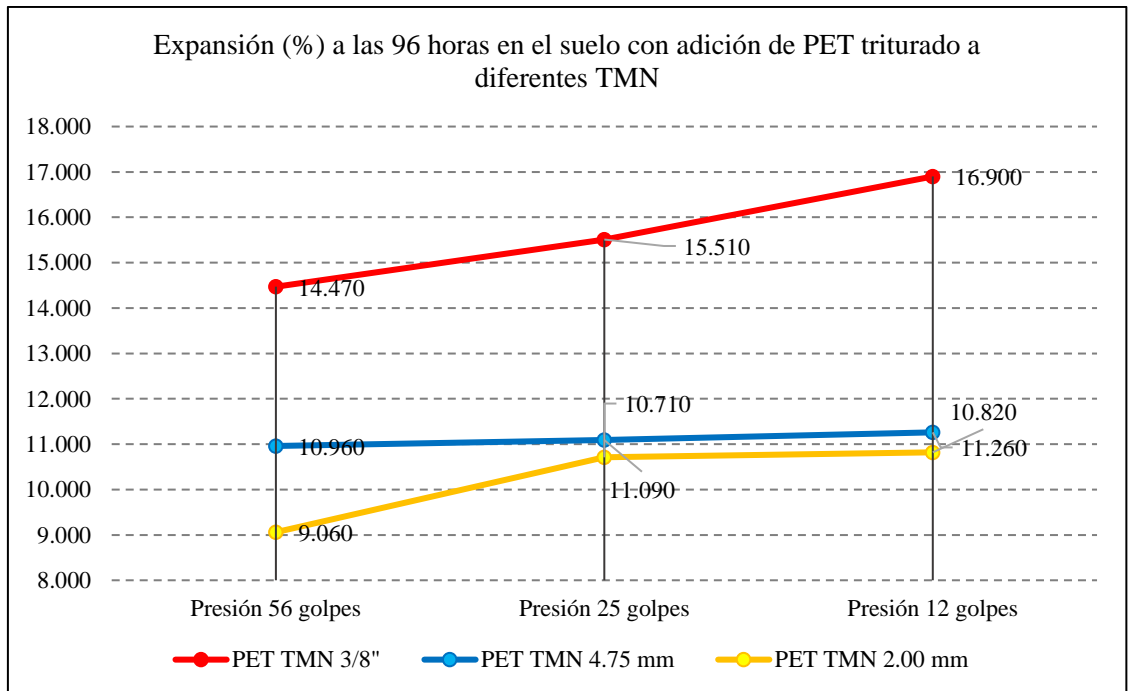


Figura 33.

Curva densidad – CBR del suelo con adición de PET triturado de TMN 3/8", TMN 4.75 mm y TMN 2.00 mm

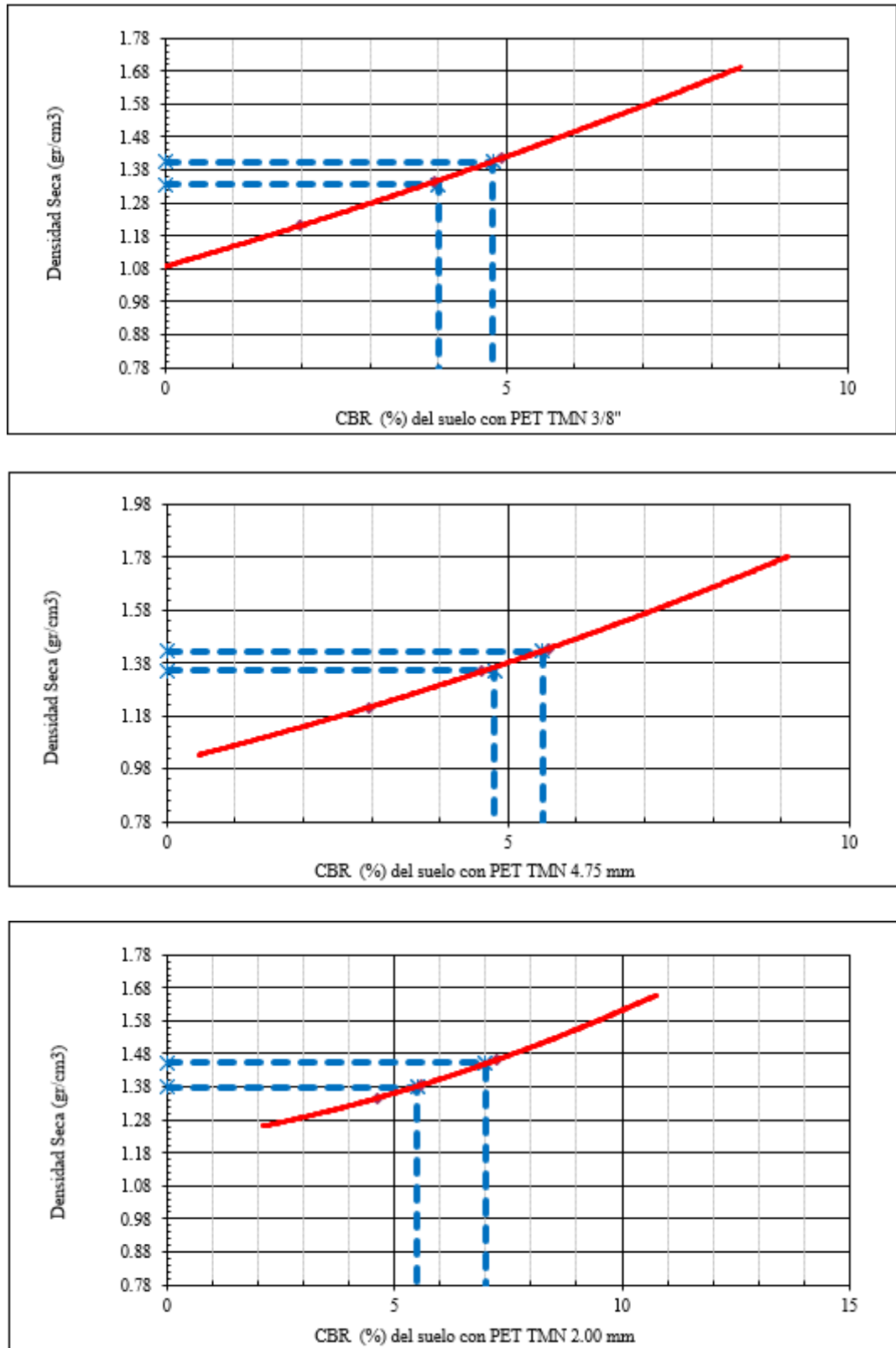


Figura 34.

Comparación de las curvas de densidad – C.B.R. del suelo con adición de PET triturado a diferentes TMN

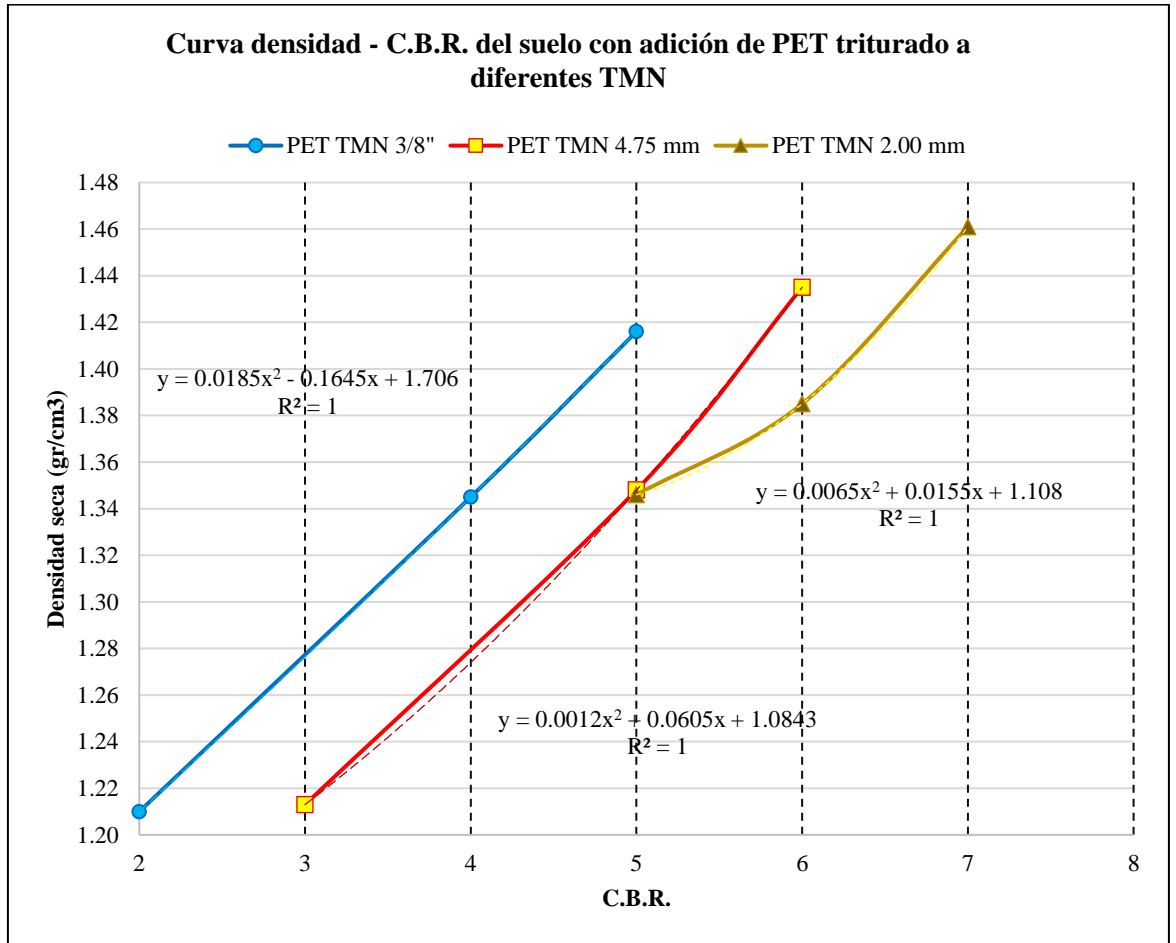


Tabla 16.

C.B.R. del suelo con adición de PET triturado a diferentes TMN

Valor relativo de soporte C.B.R.	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (%)	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (%)
PET TMN 3/8"	4.00	4.80
PET TMN 4.75 mm	4.80	5.50
PET TMN 2.00 mm	5.50	7.00
Promedio	4.77	5.77
Desviación estándar	0.751	1.124
Coficiente de variación	15.75%	19.49%

Después de haber determinado que la gradación que logra un mayor aumento en la capacidad de soporte del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real es TMN 2.00 mm. Se procedió a los ensayos de compactación y CBR para los especímenes elaborados con 10%, 15% y 25% de polímeros reciclados triturados (PET TMN 2.00) respecto al peso del suelo seco.

La densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo del suelo con adición de 5% de PET reciclado equivale a 1.452 gr/cm³ y 11.89% respectivamente (Fig. 35), el suelo con adición de 10% de PET reciclado alcanza 1.518 gr/cm³ de densidad seca máxima y 14.75% de contenido de humedad óptimo (Fig. 36), el suelo con adición de 15% de PET reciclado tiene un valor de densidad seca y contenido de humedad óptimo de 1.521 gr/cm³ y 14.78% respectivamente (Fig. 37), mientras que el suelo con adición de 25% de PET reciclado alcanza un valor de 1.446 gr/cm³ de densidad seca máxima y un valor de 13.48% de contenido de humedad óptimo (Fig. 38).

La expansión del suelo con 5% de PET reciclado alcanza valores de 10.414 mm, 12.319 mm y 12.446 mm a las 96 horas de sumergidos los especímenes en agua para probetas apisonadas con 56, 25 y 12 golpes respectivamente (Fig. 39). El suelo con 10% de PET reciclado para especímenes apisonados con 56, 25 y 12 golpes a las 96 horas alcanzan valores de 10.668 mm, 11.049 mm y 12.954 mm respectivamente (Fig. 40). El suelo con 15% de PET reciclado para especímenes apisonados con 56, 25 y 12 golpes a las 96 horas alcanzan valores de 10.058 mm, 10.0414 mm y 11.811 mm respectivamente (Fig. 41). El suelo con 25% de PET reciclado para especímenes apisonados con 56, 25 y 12 golpes a las 96 horas alcanzan valores de 12.446 mm, 12.751 mm y 13.335 mm respectivamente (Fig. 42). En porcentaje la expansión de los especímenes apisonados con 56 golpes

alcanza valores de 9.06%, 9.28%, 8.75% y 10.82% para suelo con 5%, 10%, 15% y 25% de PET reciclado, respectivamente.

La capacidad de soporte del suelo con 5% de PET reciclado, CBR al 95% de la M.D.S. y al 100% de la M.D.S. alcanza valores de 5.50% y 7.00% respectivamente (Fig. 43). La capacidad de soporte del suelo con 10% de PET reciclado, CBR al 95% de la M.D.S. y al 100% de la M.D.S. asciende a 7.90% y 9.00% respectivamente (Fig. 44). La capacidad de soporte del suelo con 15% de PET reciclado, CBR al 95% de la M.D.S. y al 100% de la M.D.S. equivale a 8.40% y 9.60% respectivamente (Fig. 45). Así mismo, la capacidad de soporte del suelo con 25% de PET reciclado, CBR al 95% de la M.D.S y al 100% de la M.D.S. alcanza valores de 7.10% y 8.50% respectivamente (Fig. 46). Con los resultados se verificó que la adición de polímeros reciclados (PET al 5%, 10%,15% y 25%) influye positivamente en la capacidad de soporte del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota.

Figura 35.

Curva de compactación del suelo con adición de 5% de PET reciclado

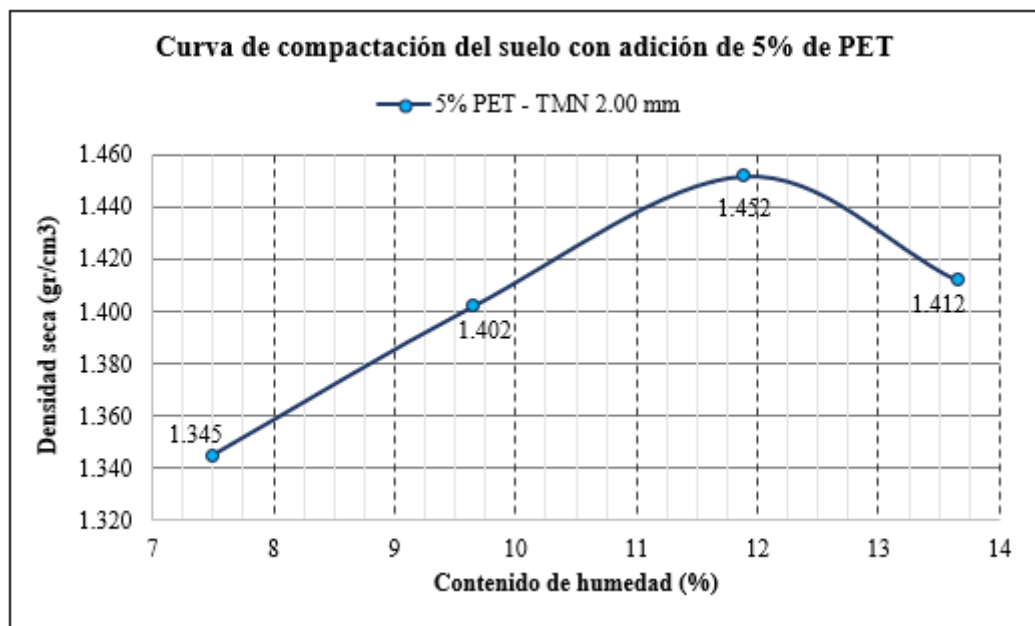


Figura 36.

Curva de compactación del suelo con adición de 10% de PET reciclado

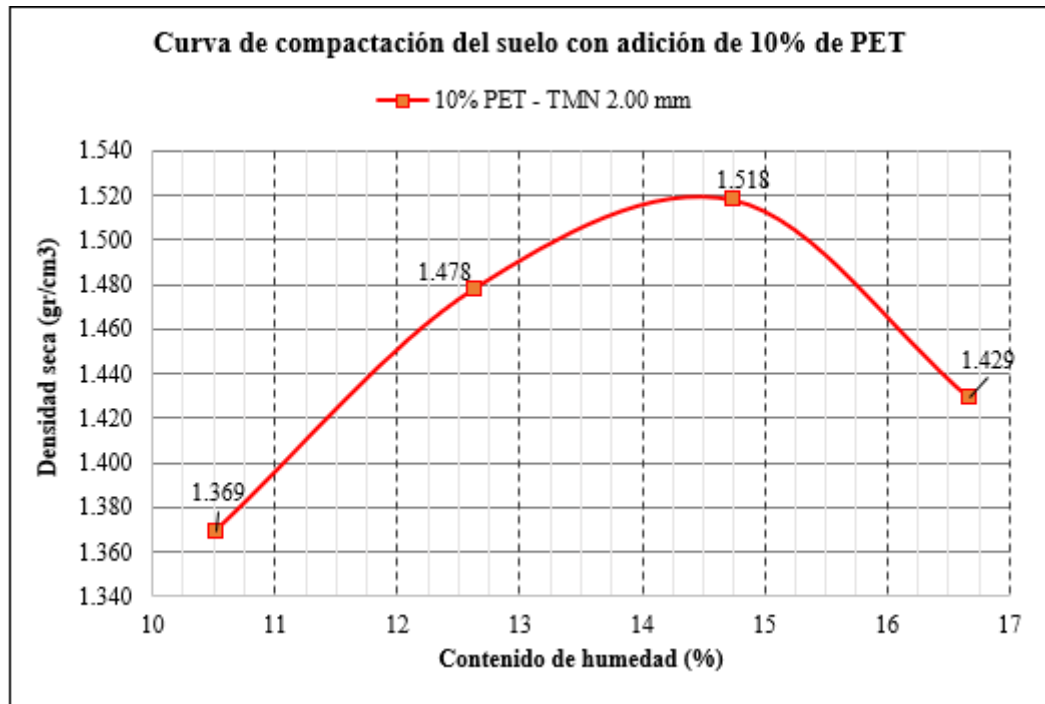


Figura 37.

Curva de compactación del suelo con adición de 15% de PET reciclado

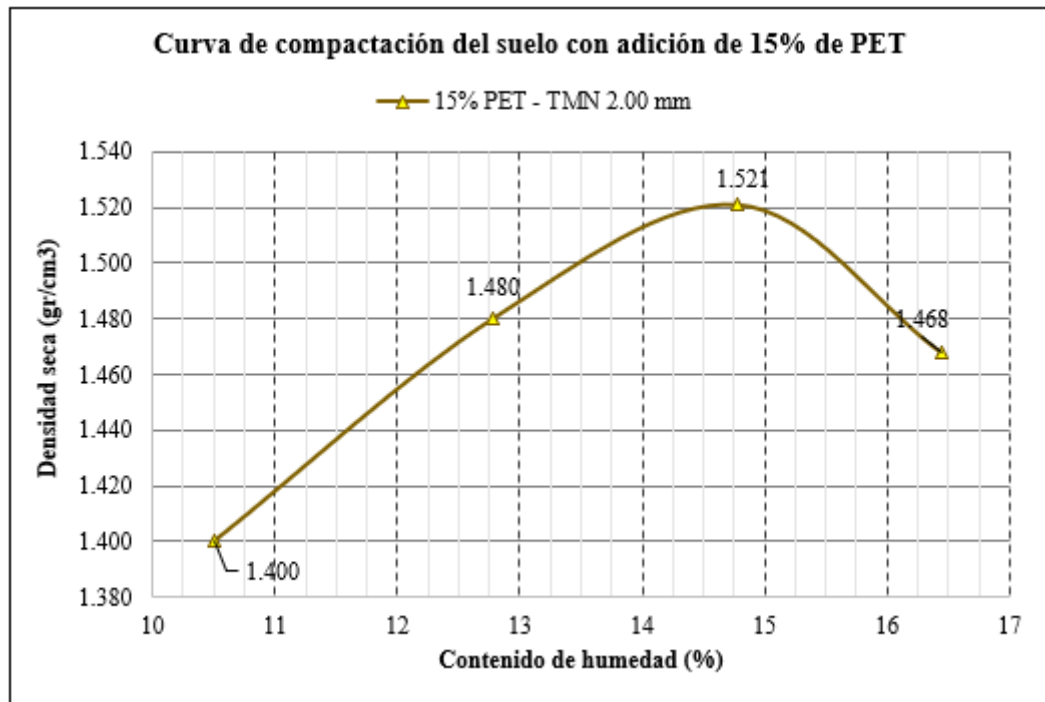


Figura 38.

Curva de compactación del suelo con adición de 25% de PET reciclado

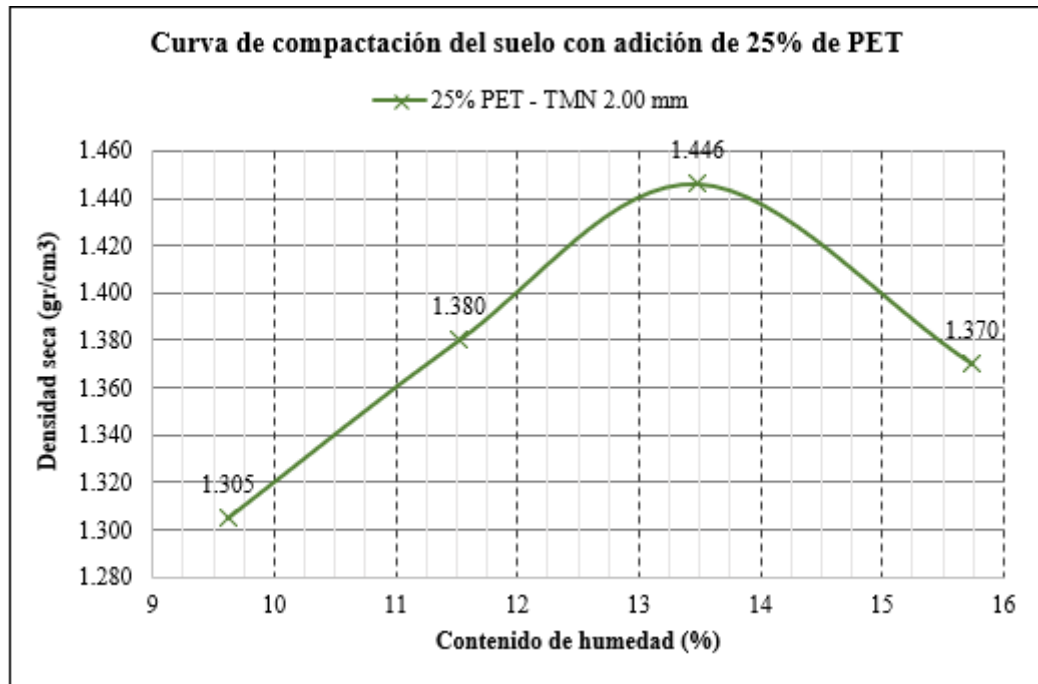


Figura 39.

Expansión (mm) del suelo con adición de 5% de PET reciclado

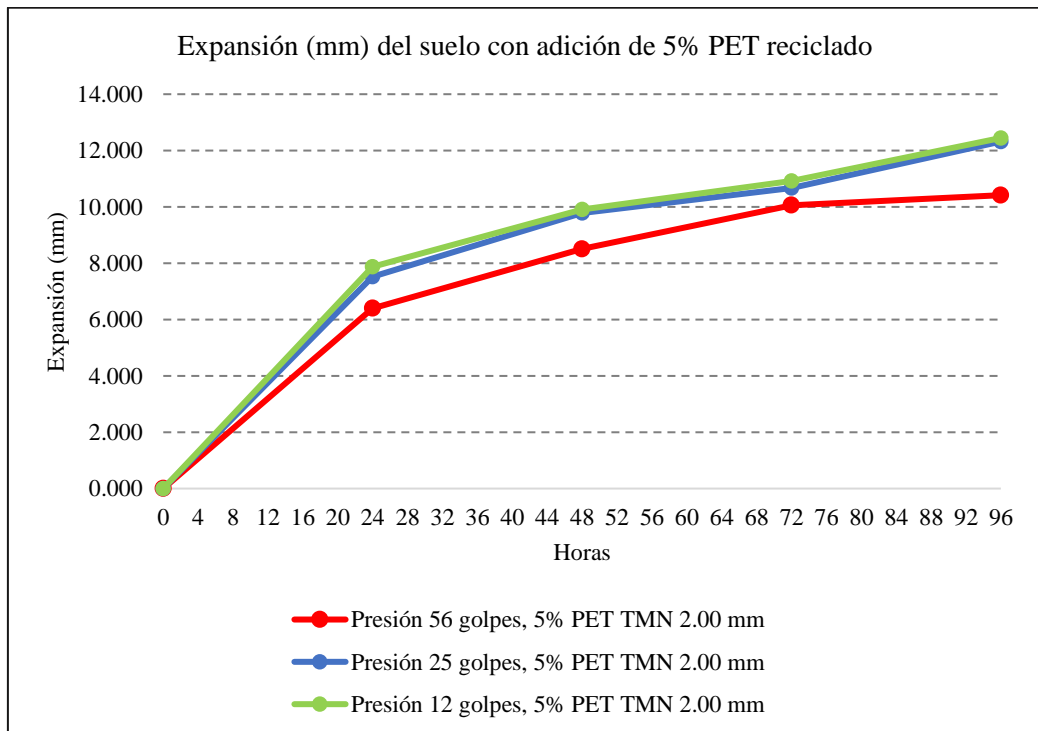


Figura 40.

Expansión (mm) del suelo con adición de 10% de PET reciclado

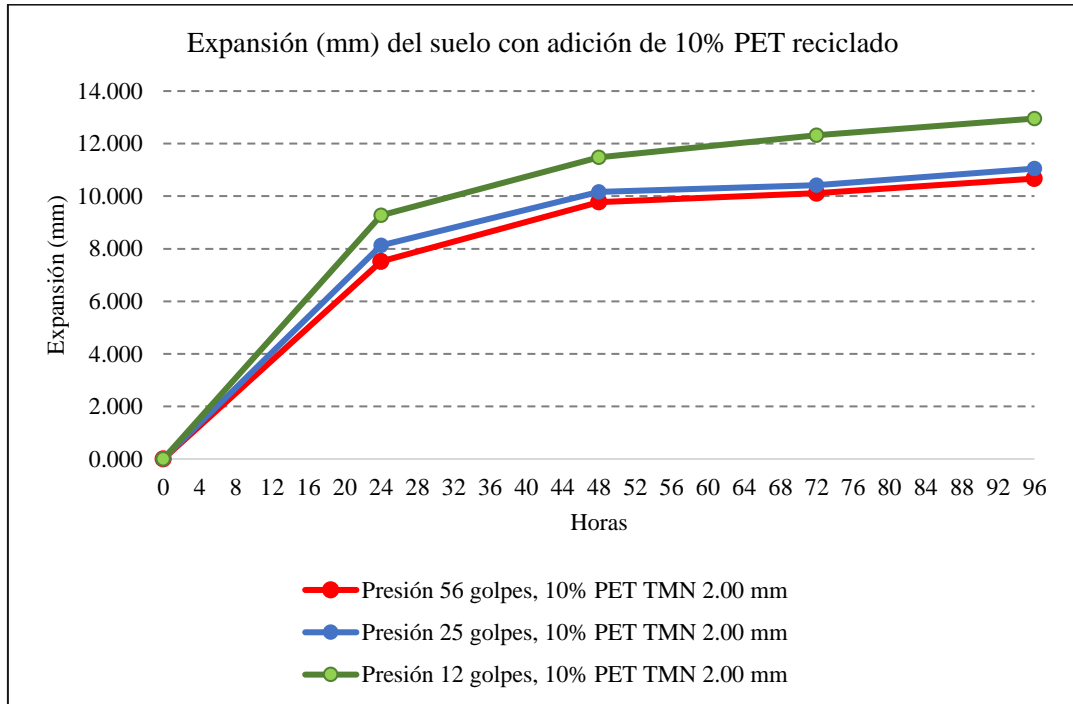


Figura 41.

Expansión (mm) del suelo con adición de 15% de PET reciclado

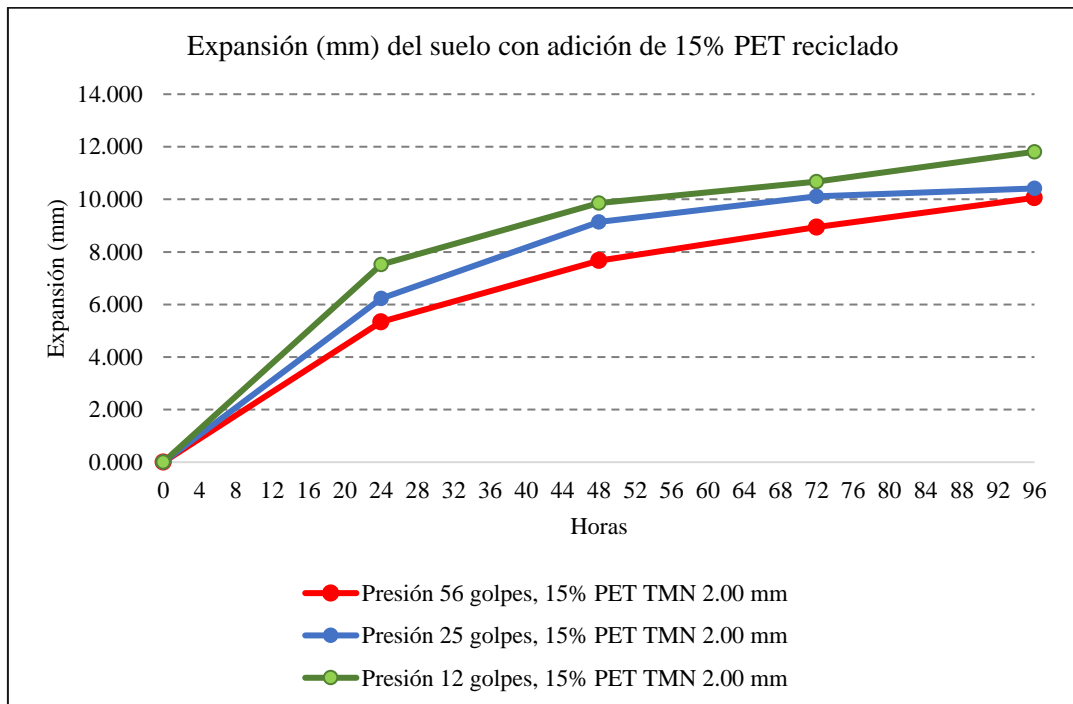


Figura 42.

Expansión (mm) del suelo con adición de 25% de PET reciclado

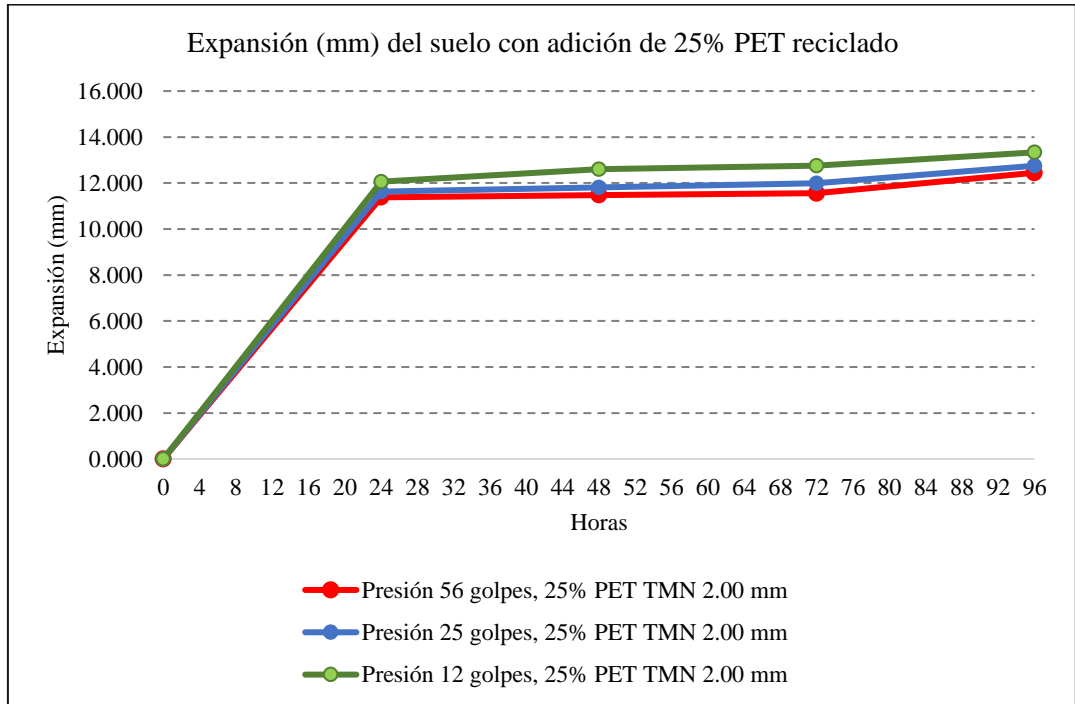


Figura 43.

Curva densidad – CBR del suelo con adición de 5% de PET reciclado

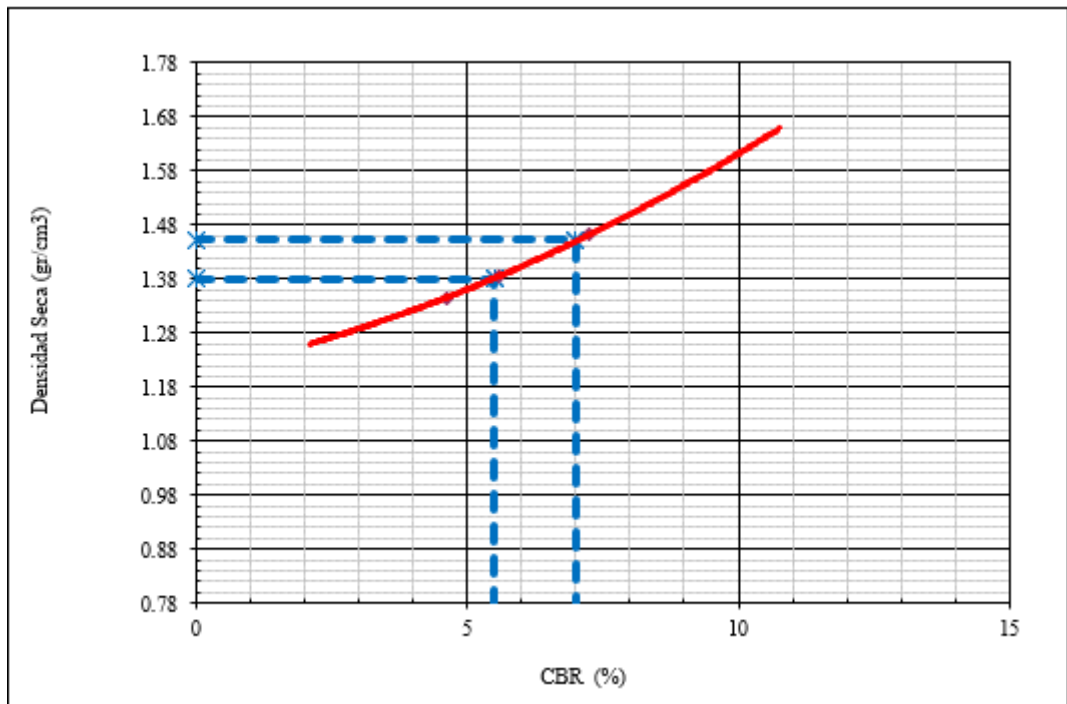


Figura 44.

Curva densidad – CBR del suelo con adición de 10% de PET reciclado

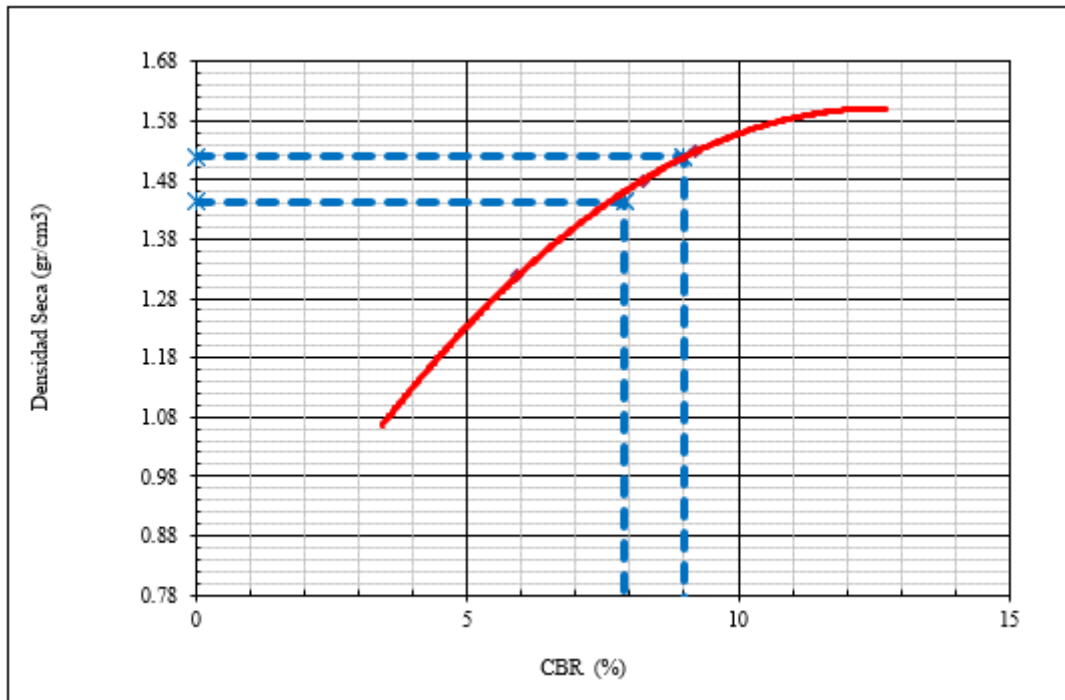


Figura 45.

Curva densidad – CBR del suelo con adición de 15% de PET reciclado

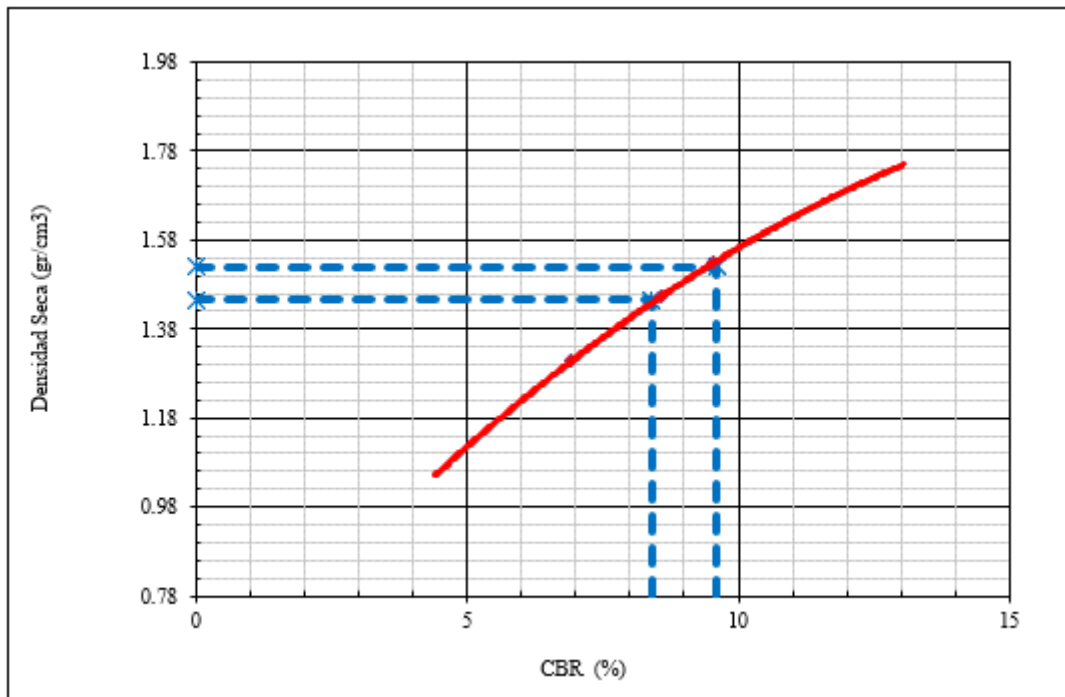
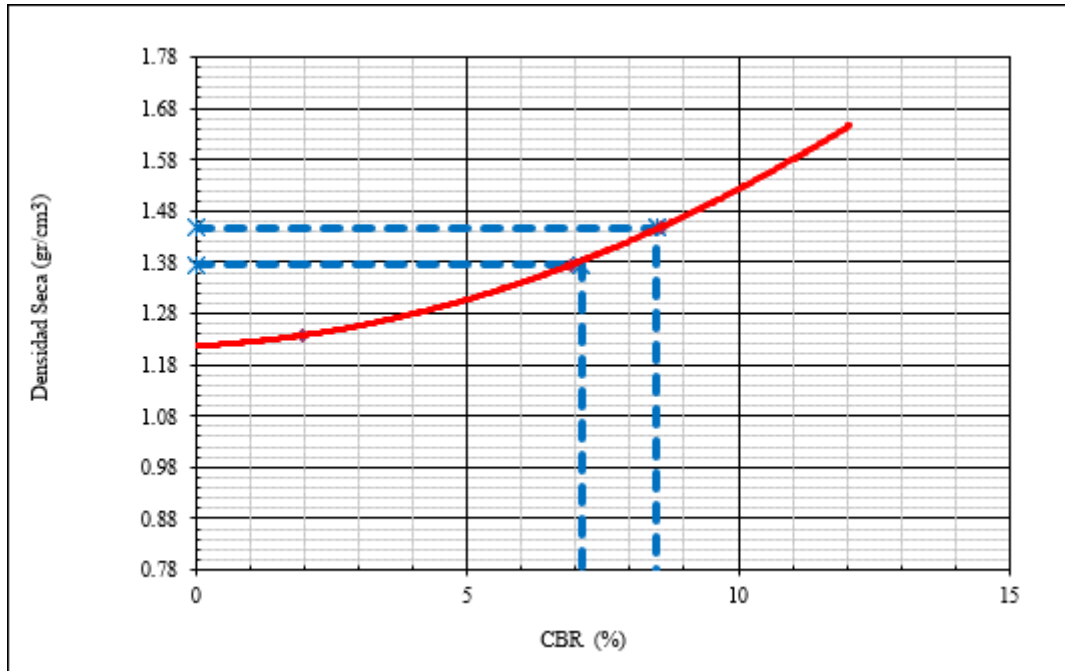


Figura 46.

Curva densidad – CBR del suelo con adición de 25% de PET reciclado



b) Influencia económica

El precio de las botellas recicladas en la ciudad de Chota es de S/. 0.50 por kilogramo, el precio de la mano de obra para el peón es S/. 9.38 por hora, dato obtenido de la Tabla salarial de mano de obra del 2020-2021, y la trituradora de PET G-34, tendría un costo de hora máquina de S/ 5.00, con un rendimiento de 500 kg/día; por tanto, el precio unitario para la obtención del PET reciclado triturado de manera industrial es de S/. 0.657 por kilogramo, tal como se muestra en la Tabla 17; mientras que para la obtención de PET reciclado triturado de manera artesanal es de S/. 3.592 por kilogramo, debido a que el rendimiento diario es menor y asciende a tan solo 25 kg/día (Tabla 18).

El MTC (2014), en el manual de carreteras Suelo, geología, geotécnica y pavimentos, sección suelos y pavimentos, hace mención a varios tipos de métodos para el mejoramiento de una subrasante, pero según las propiedades del suelo de

la subrasante del Jr. Camino Real, progresiva km 0+000 al km 0+750 de la ciudad de Chota, suelo arcilloso altamente plástico, el método que más se adapta es el de suelo – cal, en porcentajes de 5% a 10% respecto al peso del suelo seco (MTC, 2014), siendo así se ha comparado el costo de mejoramiento de la subrasante de estudio con plástico PET reciclado triturado y con cal, a fin de determinar la influencia económica (Tabla 19).

Tabla 17.

Análisis de costo unitario PET triturado industrialmente

Rendimiento	kg/día	500.00		EQ	500.00
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Peón	hh	0.500	0.008	9.38	0.075
					0.075
Materiales					
Botellas descartables	kg		1.000	0.500	0.500
					0.500
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.000	0.075	0.002
Trituradora	hm	1.000	0.016	5.000	0.080
					0.082
					Costo unitario directo: 0.657

Tabla 18.

Análisis de costo unitario PET triturado artesanalmente

Rendimiento	kg/día	25.00			
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Peón	hh	1.000	0.320	9.38	3.002
					3.002
Materiales					
Botellas descartables	kg		1.000	0.500	0.500
					0.500
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.000	3.002	0.090
					0.090
					Costo unitario directo: 3.592

La subrasante del Jr. Camino Real, progresiva Km 0+000 al Km 0+750 de la ciudad de Chota, de ancho promedio 9.60 metros, presenta suelo arcilloso de peso específico 1.586 gr/cm³. Si se mejorara la subrasante a una profundidad de 20 cm, ya sea con PET triturado reciclado o con CAL, material que recomienda el Manual de carreteras, Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos del MTC (2014). el volumen a mejorar sería 1440 m³, que en peso representa 228340 kg. Si de este peso se requiere el 15% para mejorar con PET triturado, entonces se necesitaría 342,576 kg de PET a un costo unitario si es triturado mecánicamente de S/. 0.657 por kilogramo, lo que representa un costo total de S/. 225,172.19, pero si es triturado manualmente el costo de PET asciende a S/: 3.59 por kilogramo, lo que representa un costo total de S/. 1,230,412.41. Si comparamos estos costos, con el costo que involucraría mejorar el suelo con cal, se tendría que considerar que, en el Manual de carreteras, Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos del MTC (2014), se especifica que para suelos arcillosos el porcentaje de cal debe oscilar entre 5% a 10% del peso del suelo seco, para objeto de la comparación se considerará el porcentaje de cal de 10%, por lo que se necesitaría 228,384 kilogramos de cal hidratada a un costo de S/. 1.00 por kilogramo, lo que representa un gasto total de S/. 228,384.00, costo mucho menor que el que se tendría que gastar si se utilizará PET reciclado triturado manualmente (incrementaría el costo en 438.75%), pero si se utilizará PET reciclado triturado industrialmente, el precio disminuiría en 1.41% respecto al precio con adición de cal, además de los beneficios significativos en el aspecto ambiental, debido a que al utilizar PET triturado como medio de adición, se está reduciendo los contaminantes plásticos de la ciudad de Chota, cuya degradación puede tardar hasta 200 años. (Tabla 19)

Tabla 19.

Precio de materiales para el mejoramiento del suelo de la subrasante del Jr. Camino Real km 0+000 al km 0+750, de la ciudad de Chota

Tipo de material	Cantidad (kg)	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)	Porcentaje respecto al precio de la adición de cal
PET triturado mecánicamente	342576	0.66	225172.19	-1.41%
PET triturado manualmente	342576	3.59	1230412.41	438.75%
Cal al 10%	228384	1.00	228384.00	0.00%

c) Influencia ambiental

Todo proyecto de ingeniería civil, no solo debe abordar un aspecto social, técnico y económico, sino también debe velar por garantizar efectos ambientales positivos o en todo caso mitigables. En el presente estudio se ha utilizado polímeros reciclados (PET) como material triturado para el mejoramiento del suelo de la subrasante del Jr. Camino Real km 0+000 al km 0+750, de la ciudad de Chota; el uso de este material involucra procesos de reciclaje (recolección y selección de botellas, lavado y secado, trituración y tamizado), lo que garantiza la disminución de los residuos plásticos en botaderos y calles de la ciudad de Chota, además de utilizar un material que puede tardar hasta 200 años en degradarse, dándole otro uso constructivo. El uso de polímeros reciclados (PET) sin duda alguna tiene un aporte ambiental, a diferencia de otros métodos recomendados por el MTC (2014) como los métodos químicos con adición de cal, cemento, magnesio o asfalto, que al ser productos industriales pasan por procesos que involucran la emisión de CO₂ para su producción, siendo así, se puede aseverar que el uso de PET reciclado triturado en el mejoramiento de la subrasante del Jr. Camino Real km 0+000 al Km 0+750, de la ciudad de Chota, tiene un influencia positiva en el entorno ambiental, disminuyendo la cantidad de residuos plásticos de la ciudad.

5.1.3. Dosificación de polímeros reciclados (PET) que mejora la capacidad de soporte del suelo

Para determinar la dosificación adecuada de polímeros reciclados (PET) que mejora la capacidad de soporte del suelo en la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota, según las disposiciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2020) en la norma CE.010 “Pavimentos urbanos”, se realizó la comparación de la compactación, expansión y valor CBR del suelo con porcentajes de 5%, 10%, 15% y 25% de polímeros reciclados (PET).

Al comparar la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo este alcanza valores superiores para un porcentaje de adición del 15% (Fig. 47 y Tabla 17), así mismo, la expansión del suelo disminuye con la adición de polímeros reciclados (PET), pero muestra un incremento para la adición de 25% de PET reciclado (Fig. 48 y Fig. 49), por último, el valor CBR para el 95% de la M.D.S. y el 100% de la M.D.S. muestra un incremento promedio de 161.48% respecto al valor del suelo natural, siendo los especímenes con 15% de PET reciclado – TMN 2.00 mm, los que alcanzan un mayor incremento de la capacidad de soporte respecto al suelo natural (4.50% y 5.20% al 95% y 100% de la M.D.S.) llegando a alcanzar un CBR al 95% de la M.D.S. y 100% de la M.D.S. de 8.40% y 9.60% respectivamente lo que representa un 86.67% de incremento del CBR respecto al suelo natural (Fig. 50 y Tabla 21), por tanto se alcanza un mayor incremento en la capacidad de soporte al adicionar el 15% de PET reciclado respecto al peso del suelo seco.

Figura 47.

Curva de compactación del suelo con adición de diferentes porcentajes de PET reciclado

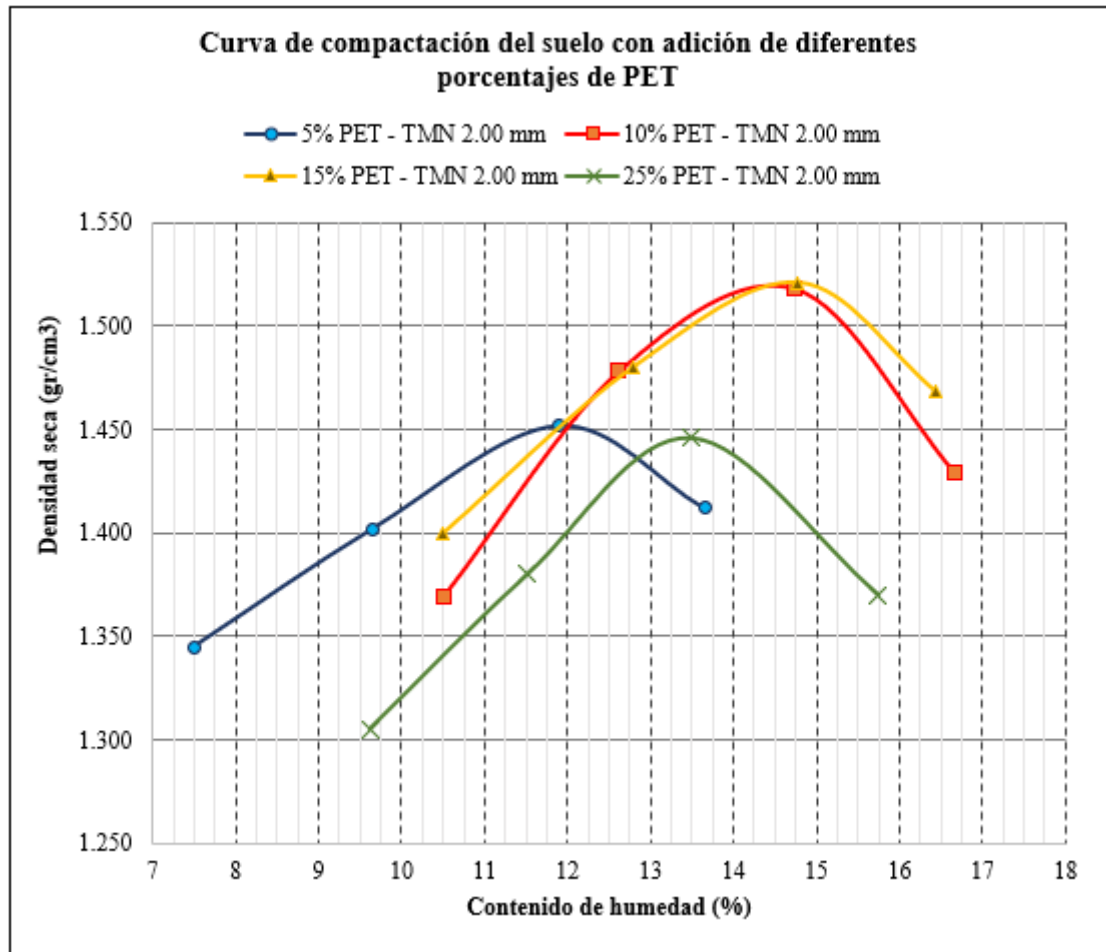


Tabla 20.

Compactación de los especímenes de suelo con adición de diferentes porcentajes de PET reciclado

Compactación de los especímenes con diferentes porcentajes de PET triturado	Densidad seca máxima (gr/cm ³)	Contenido de humedad óptimo (%)
Con 5% PET	1.452	11.89
Con 10% PET	1.518	14.75
Con 15% PET	1.521	14.78
Con 25% PET	1.446	13.48
Promedio	1.484	13.725
Desv. Estándar	0.041	1.365
Coefficiente de variación (%)	2.749%	9.946%

Figura 48.

Variación de la expansión (mm) a una presión de 56 golpes, suelo con adición de diferentes porcentajes de PET reciclado

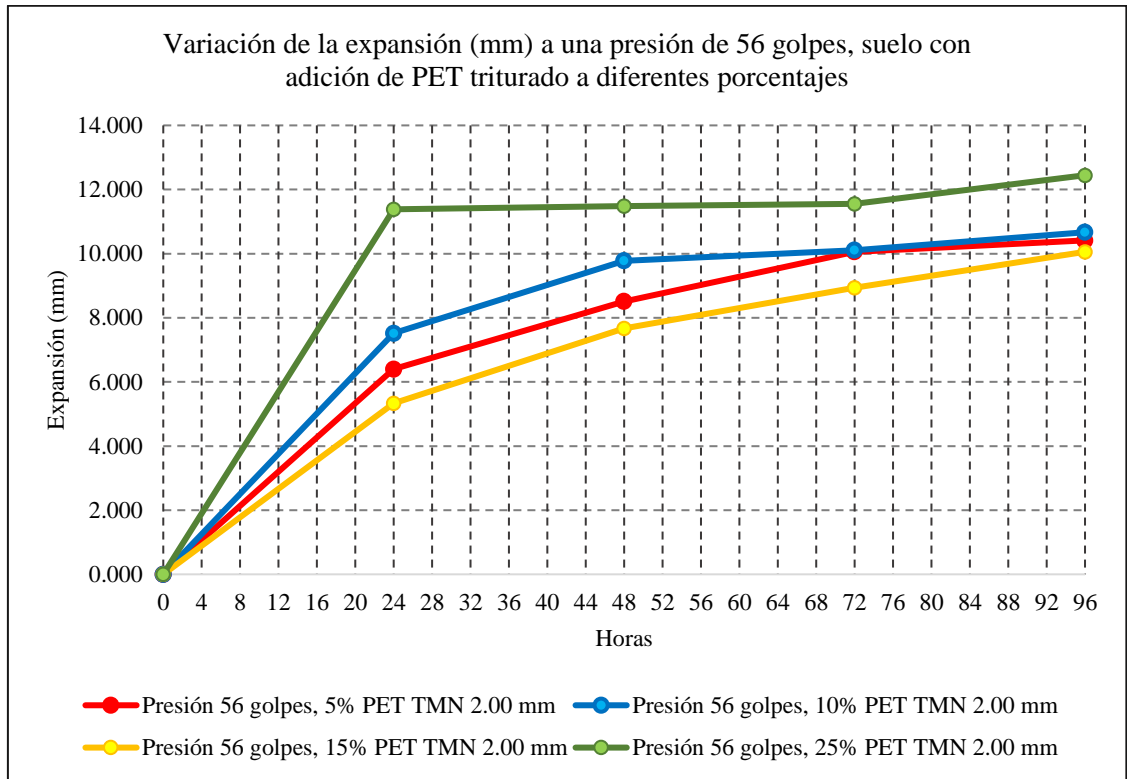


Figura 49.

Expansión (%) a las 96 horas en el suelo con adición de diferentes porcentajes de PET reciclado

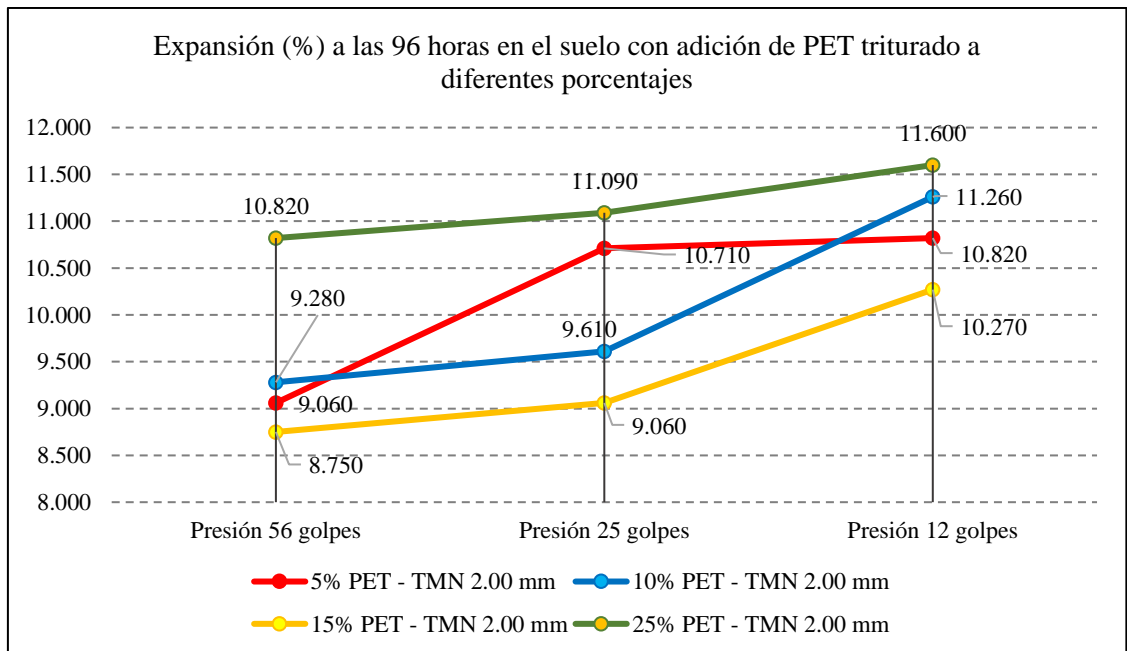


Figura 50.

Curva densidad – CBR del suelo con adición de diferentes porcentajes de PET

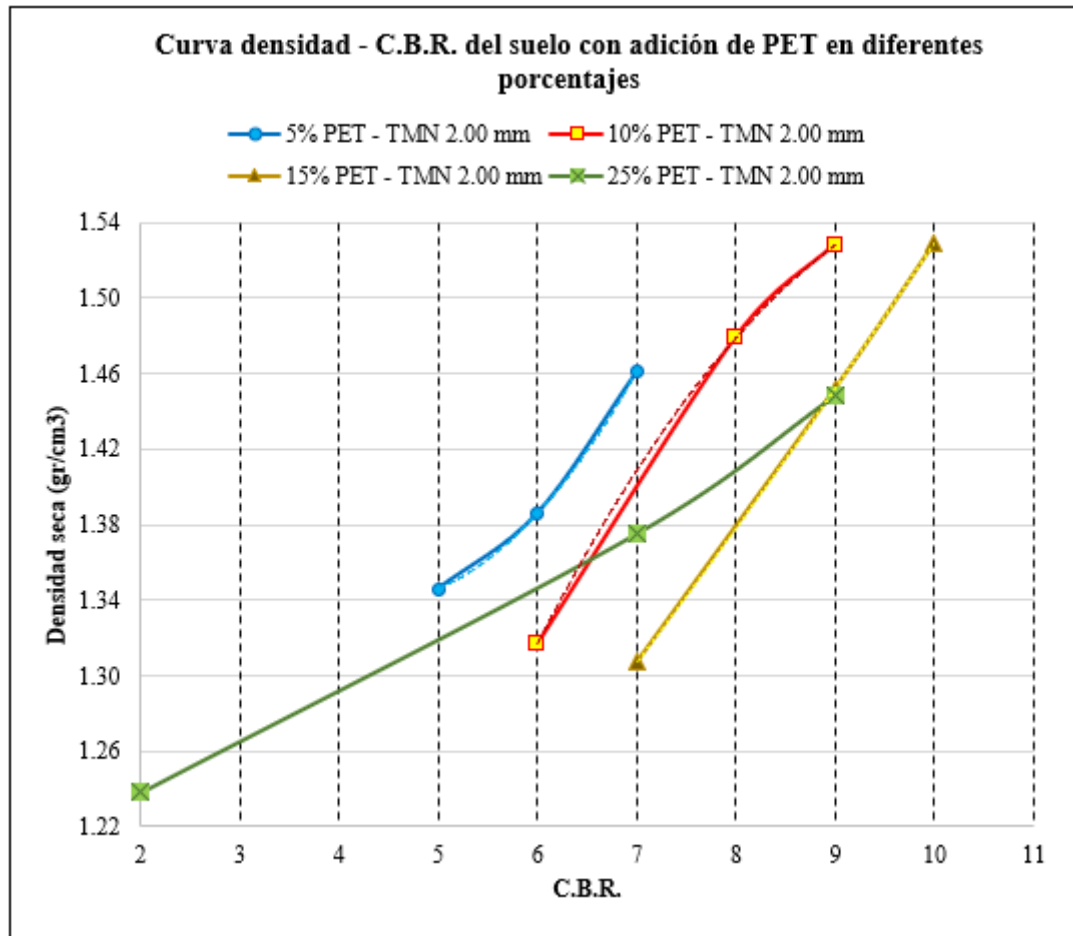


Tabla 21.

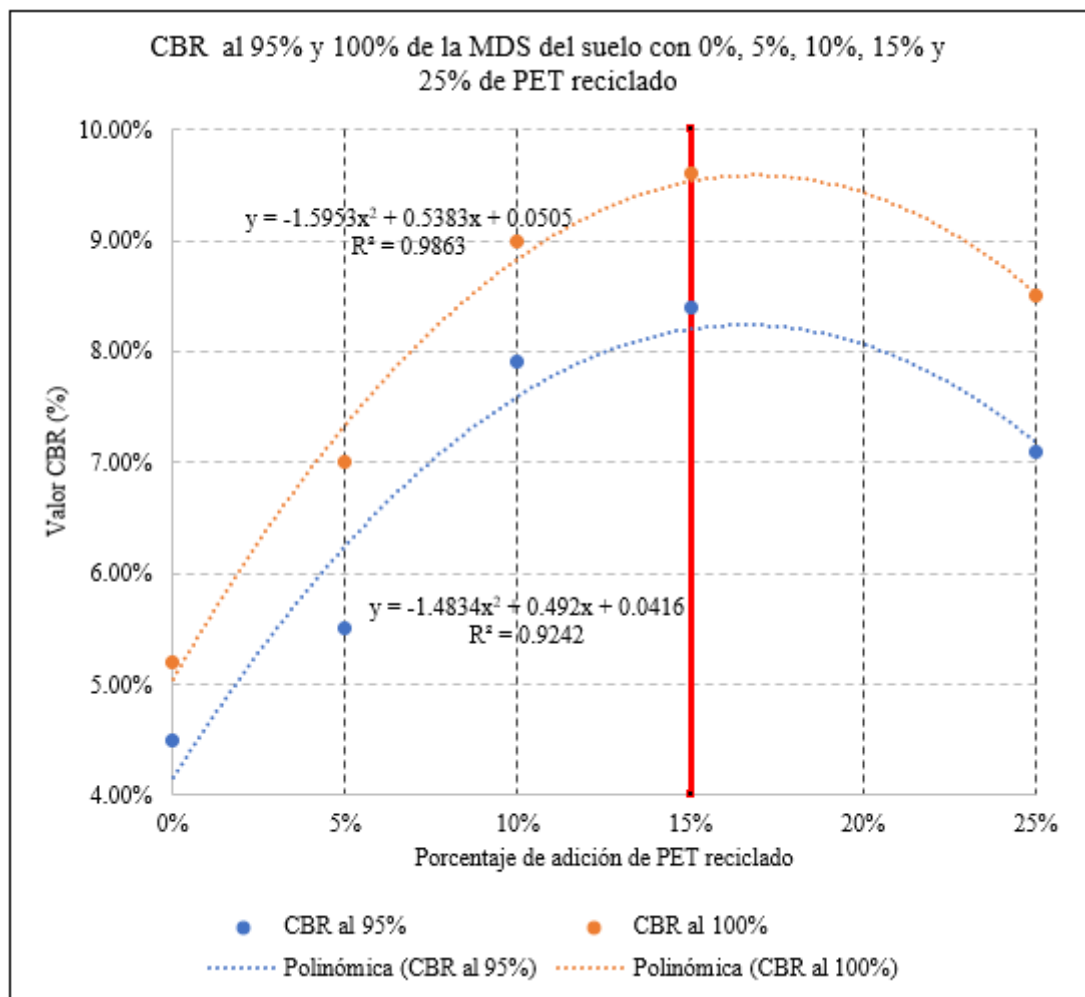
CBR del suelo con adición de diferentes porcentajes PET reciclado

Valor relativo de soporte C.B.R.	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (%)	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (%)	Incremento del CBR para el 95% de la M.D.S. respecto al suelo natural (%)
Suelo natural	4.5	5.2	100.00
5% PET - TMN 2.00 mm	5.50	7.00	122.22
10% PET - TMN 2.00 mm	7.90	9.00	175.56
15% PET - TMN 2.00 mm	8.40	9.60	186.67
25% PET - TMN 2.00 mm	7.10	8.50	157.78
Promedio	7.27	8.53	161.48
Desviación estándar	1.550	1.361	34.450
Coefficiente de variación	21.33%	15.95%	21.33%

Para corroborar la dosificación de polímeros reciclados (PET) que mejora en mayor medida la capacidad de soporte del suelo se plasmó en la Figura 51 la variación del valor CBR al 95% y 100% de la M.D.S. al aumentar el porcentaje de adición de polímeros reciclados (PET), verificando así que el mejor porcentaje de adición de PET reciclado es 15%.

Figura 51.

CBR al 95% y 100% de la MDS del suelo con PET reciclado



5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.2.1. Propiedades del suelo de la sub rasante

Se excavaron tres calicatas en la sub rasante de la calle Camino Real progresivas km 0+000 – km 0+750, Chota, determinando que el suelo según SUCS se clasifica como arcilla y según AASHTO en el grupo A-7-6, tal como el suelo analizado por Alzaidy (2019), Hamid (2017), Kassa et al. (2020), Louzada, Malko y Casagrande (2019), Flores (2019) y otros. Así mismo el límite líquido promedio es de 50.20% valor superior al límite del suelo estudiado por Flores (2019), Quipe y Sañac (2019) y Vargas (2017), mientras que límite plástico promedio alcanza un valor de 27.23% siendo similar a otras investigaciones que se muestran en la Tabla 22. El valor de la capacidad de soporte promedio CBR al 95% de la M.D.S. es 4.767 por tanto el valor es menor a 6% (Sub rasante pobre) y se justifica la necesidad de la estabilización de la misma tal como otros estudios así lo aseveran (Linares, Aguilar y Rojas, 2020; Márquez, 2019; Peddaiah, Burman y Sreedeeep, 2018).

Tabla 22.

Propiedades físico-mecánicas del suelo natural de la sub rasante de la calle Camino Real, del km 0+000 al km 0+750

Propiedades físico-mecánicas	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3	Promedio
Contenido de humedad (%)	37.29	28.65	24.52	30.153
LL (%)	53.20	46.60	50.80	50.20
LP (%)	28.70	25.40	27.58	27.23
IP (%)	24.50	21.20	23.22	22.97
Clasificación SUCS	CH	CL	CH	
Clasificación AASHTO	A-7-6 (16)	A-7-6 (8)	A-7-6 (14)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	1.502	1.677	1.641	1.607
Humedad óptima (%)	13.14	12.62	15.52	13.760
CBR al 100% de la M.D.S.	5.20	5.60	5.50	5.433
CBR al 95% de la M.D.S.	4.50	5.00	4.80	4.767
Valor de expansión a 56 golpes por capa (%)	13.38	10.13	8.81	10.773

Tabla 23.

Propiedades del suelo natural analizado en otras investigaciones

Autor	Propiedades físico-mecánicas					
	LL (%)	LP (%)	Clasificación	Densidad máxima seca (gr/cm ³)	Humedad óptima (%)	CBR al 95%
Aldeeky y Hattamleh (2017)	62.40	28.5	Limo arcilloso	1.622	16.9	6.9
Alzaidy (2019)	45	28	Arcilla de baja plasticidad	1.68	12.9	4.40
Hamid (2017)	45	25	Limo de baja plasticidad			2.70
Hamid (2017)	60	28	Arcilla de alta plasticidad			3.8
Kassa et al. (2020)	94.2	28.3	Arcilla de alta plasticidad	1.282	42	1.58
Louzada, Malko y Casagrande (2019)	53	39	Arcilla de alta plasticidad	1.55	25.8	5.00
Peddaiah, Burman y Sreedeeep (2018)	34	25	Arena limosa	1.20	16.8	3.2
Flores (2019)	25.56	15.27	Arcilla de baja plasticidad	1.844	14.10	16.91
Linares, Aguilar y Rojas (2020)	39.50	25.87	Arcilla de baja plasticidad	1.806	19.07	5.9
Márquez (2019)	33.40	19.00	Arcilla de baja plasticidad	1.278	12.10	4.00
Quispe y Sañac (2019)	29.00	18.00	Arcilla y limo de mediana y baja plasticidad	1.875	14.00	3.40
Vargas (2017)	30.00	17.00	Grava limosa	2.070	12.00	40.09
Cuellar y Vega (2020)	49.20	24.39	Arcilla de baja plasticidad	1.764	14.40	2.91

5.2.2. *Influencia de la adición de polímeros reciclados en la capacidad de soporte del suelo*

La influencia de la adición de polímeros reciclados (PET al 5%, 10%, 15% y 25%) en la capacidad de soporte del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota, es positiva, debido a que logra una disminución en la expansión del suelo (%), pero a la vez consigue un incremento en la capacidad de soporte CBR para el 95% y 100% de la MDS, tal como se aprecia en otras investigaciones (Alzaidy, 2019; Louzada, Malko y Casagrande, 2019; Flores, 2019; Quispe y Sañac, 2019, entre otras), no obstante tal como sucede en la presente investigación al incrementar el porcentaje de adición de polímeros reciclados en cantidades mayores al 20% de PET reciclado se muestra una disminución en la capacidad de soporte del suelo (Louzada, Malko y Casagrande, 2019), por tanto, la adición de polímeros reciclados mejora la capacidad de soporte del suelo siempre y cuando se adicione en porcentajes adecuados al tipo de suelo, así mismo existe variación en la influencia del PET reciclado según el tipo de forma de adición sea tiras de plástico, fibras, material triturado, etc.

Tabla 24.

Influencia de la adición de polímeros reciclados (PET al 5%, 10%, 15% y 25%) en el suelo de la sub rasante de la calle Camino Real

Porcentajes de PET triturado	Densidad seca máxima (gr/cm³)	Contenido de humedad óptimo (%)	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (%)	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (%)
0	1.502	13.14	4.50	5.20
5	1.452	11.89	5.50	7.00
10	1.518	14.75	7.90	9.00
15	1.521	14.78	8.40	9.60
25	1.446	13.48	7.10	8.50

Figura 52.

Densidad seca máxima del suelo con adición de polímeros reciclados (PET)

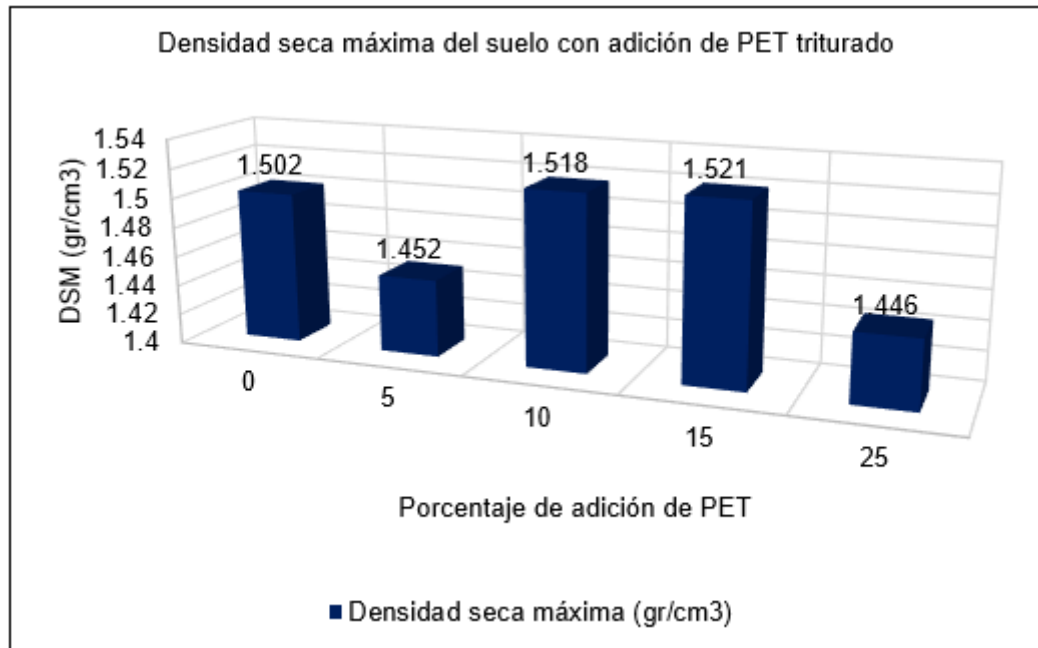


Figura 53.

Contenido de humedad óptimo del suelo con adición de polímeros reciclados (PET)

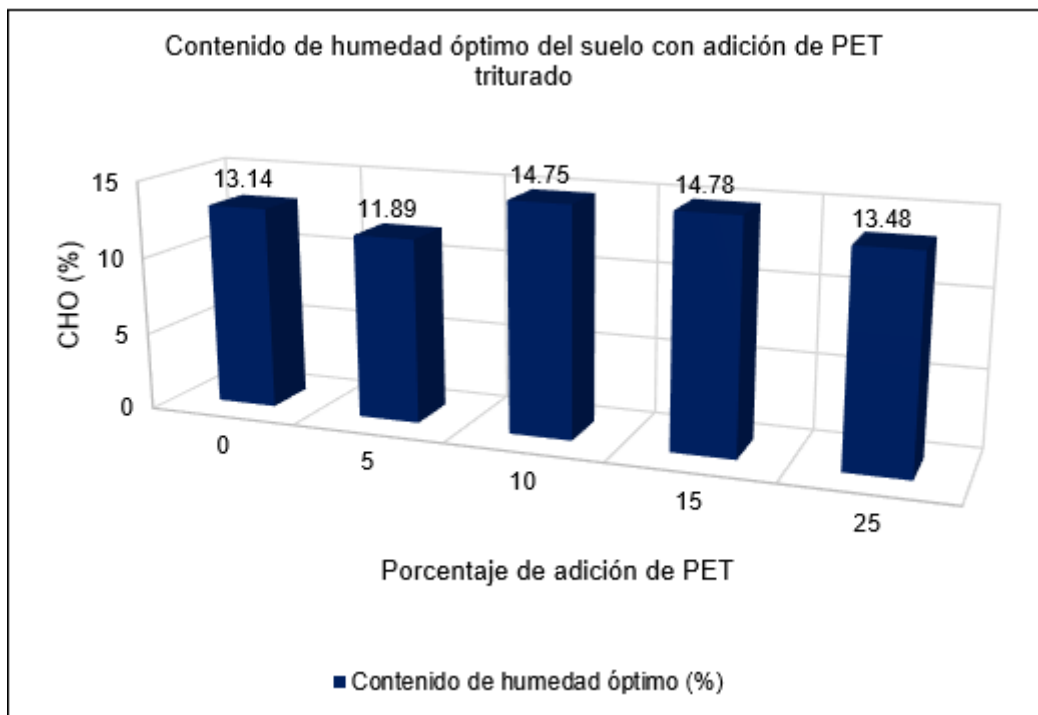


Figura 54.

CBR del suelo con adición de PET al 95% de la M.D.S.

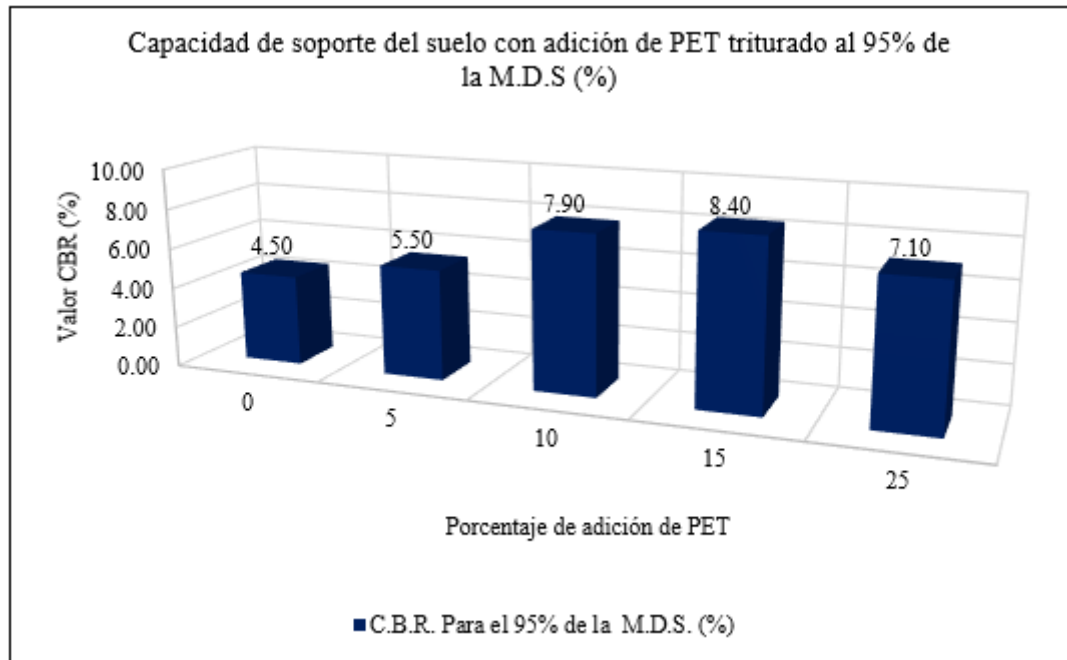


Figura 55.

CBR del suelo con adición de PET al 100% de la M.D.S.

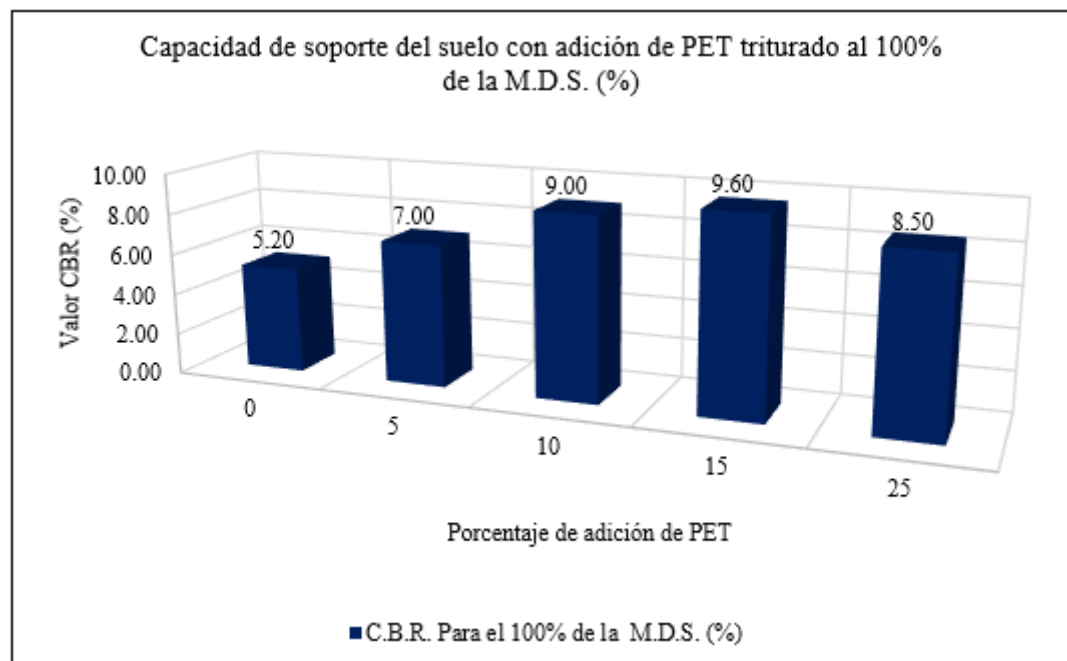


Tabla 25.

CBR del suelo con polímeros, analizado por otros autores

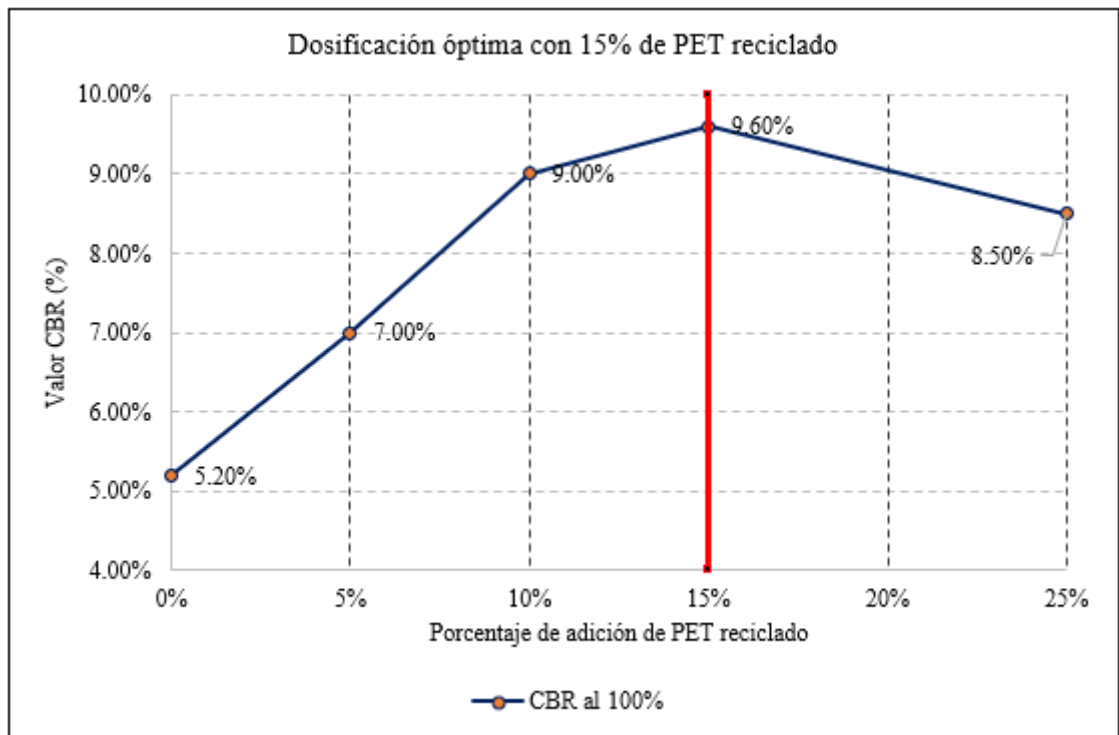
Autor	Aditivo	Valor del CBR al 95% de la M.D.S. del suelo con diferentes porcentajes de adición de polímeros reciclados								
		Porcentajes de adición								
		0	1	2.5	5	6	10	15	20	25
Aldeeky y Hattamleh (2017)	Escoria de acero	6.9			8.0		10.0	13.8	16.8	14.6
Alzaidy (2019)	Tiras de plástico	4.40			6.71		6.96			
Hamid (2017)	Residuos plásticos	2.70	2.90	3.09						
Hamid (2017)	Fibras PET	3.8	4.6	5.3						
Kassa et al. (2020)	Fibras PET	1.58	3.23							
Louzada, Malko y Casagrande (2019)	PET triturado	5.00					15.0		30.00	
Peddaiah, Burman y Sreedeeep (2018)	Tiras de botellas de plástico	3.20					12.5			
Flores (2019)	Fibras PET de 1"	16.91	17.93	24.44						
Linares, Aguilar y Rojas (2020)	Bolsas de polietileno	5.9			7.5		8.9	9.8		
Márquez (2019)	PET triturado	4.00				6.8				
Quispe y Sañac (2019)	PET triturado de 3/8"	3.40		4.20	7.8	7.3				
Vargas (2017)	Fibra de polímeros reciclados de 3 cm	40.09	52.92	45.8						
Capia (2020)	Polímeros reciclados PET	5.41			6.19					

5.2.3. Dosificación de polímeros reciclados (PET) que mejora la capacidad de soporte del suelo

La dosificación adecuada de polímeros reciclados (PET) que mejora la capacidad de soporte del suelo en la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota, según las disposiciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2020) en la norma CE.010 “Pavimentos urbanos” equivale a 15% de PET reciclado valor por debajo del porcentaje óptimo dado por Aldeeky y Hattamleh (2017), Louzada, Malko y Casagrande (2019), y Sahoo et al. (2018), pero por encima del valor estimado por Alzaidy (2019), Peddaiah, Burman y Sreedeeep (2018), Linares, Aguilar y Rojas (2020), Pinto (2018), entre otros; no obstante se encuentra dentro del rango común de una dosificación con mayores beneficios de 10 a 20% de PET triturado.

Figura 56.

CBR al 95% de la MDS del suelo con la dosificación adecuada de PET reciclado



La diferencia entre las dosificaciones adecuadas encontradas por otros investigadores (Louzada, Malko y Casagrande, 2019, Sahoo et al., 2018, Alzaidy, 2019, Peddaiah, Burman y Sreedeeep, 2018, Linares, Aguilar y Rojas, 2020, Pinto, 2018, entre otros) se debe al tipo de forma del plástico analizado es decir la diferencia radica en el uso de PET triturado, tiras de botellas de plástico, bolsas de polietileno, PET triturado, entre otros, de allí nace la importancia de no solo especificar el porcentaje de adición sino las características del producto a analizar. Las características de los polímeros reciclados (PET) adicionados al 15% del peso seco del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real progresivas km 0+000 – km 0+750, de la ciudad de Chota, se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26.

Peculiaridades del polímero reciclado (PET) utilizado

Características del polímero reciclado (PET)	Valor
Tipo de suelo al que se le adiciona	Suelo arcilloso de alta plasticidad
Tipo de aditivo	Polímero reciclado (PET)
Forma de obtención	Recolección de botellas de plástico (PET) que luego pasaron por proceso de trituración manual (cortado)
Gradación	2.00 mm
Porcentaje de adición (%)	15

Tabla 27.***Dosificación de polímeros reciclados según investigaciones internacionales y nacionales***

Autor	Aditivo	Dosificación que logra un mayor incremento en la capacidad de soporte
Aldeeky y Hattamleh (2017)	Escoria de acero	20.00
Alzaidy (2019)	Tiras de plástico	10.00
Hamid (2017)	Residuos plásticos perforados	2.50
Kassa et al. (2020)	Fibras PET	1.00
Louzada, Malko y Casagrande (2019)	PET triturado	20.00
Peddaiah, Burman y Sreedeeep (2018)	Tiras de botellas de plástico	10.00
Linares, Aguilar y Rojas (2020)	Bolsas de polietileno	12.00
Márquez (2019)	PET triturado	6.80
Quispe y Sañac (2019)	PET triturado de 3/8"	5.00
Vargas (2017)	Fibra de polímeros de 3 cm	1.50
Pinto (2018)	Botellas de plástico triturado de 5.6 mm	12.50
Sahoo et al. (2018)	Botellas de plástico triturado	20.00
Capia (2020)	Polímeros reciclados PET	3.00

5.3. Contrastación de hipótesis

Para la contrastación de hipótesis se utilizó el software Minitab 19. Para ello, se tomó en cuenta que si el p-valor es menor al nivel de significancia (0.05), se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), caso contrario se acepta la H_0 .

- H_0 = No hay diferencia significativa entre la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) y el suelo natural en la subrasante de la calle Camino Real, progresiva, km 0+000 – km 0+750, Chota.
- H_1 = Si hay diferencia significativa entre la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) y en el suelo natural en la subrasante de la calle Camino Real, progresiva, km 0+000 – km 0+750, Chota.

Se utilizaron los datos de la Tabla 28, mismos que se ajustaron al modelo lineal. Según el análisis de varianza de la Tabla 30, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, debido a que p-value es menor a 0.05, por tanto, el valor CBR se ve afectado por el porcentaje de máxima densidad seca y el porcentaje de adición de plástico reciclado triturado PET. Así mismo el modelo tiene una correlación alta entre las variables con un $R= 99.28\%$.

Tabla 28.

Datos para el análisis ANOVA

Porcentaje de adición	% MDS	Valor CBR (%)
0	95	4.50
0	100	5.20
5	95	5.50
5	100	7.00
10	95	7.90
10	100	9.00
15	95	8.40
15	100	9.60
25	95	7.10
25	100	8.50

Tabla 29.

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Porcentaje de adición	Fijo	5	0; 5; 10; 15; 25
% MDS	Fijo	2	95; 100

Tabla 30.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Porcentaje de adición	4	23.1260	5.78150	119.21	0.000
% MDS	1	3.4810	3.48100	71.77	0.001
Error	4	0.1940	0.04850		
Total	9	26.8010			

Tabla 31.

Resumen del modelo

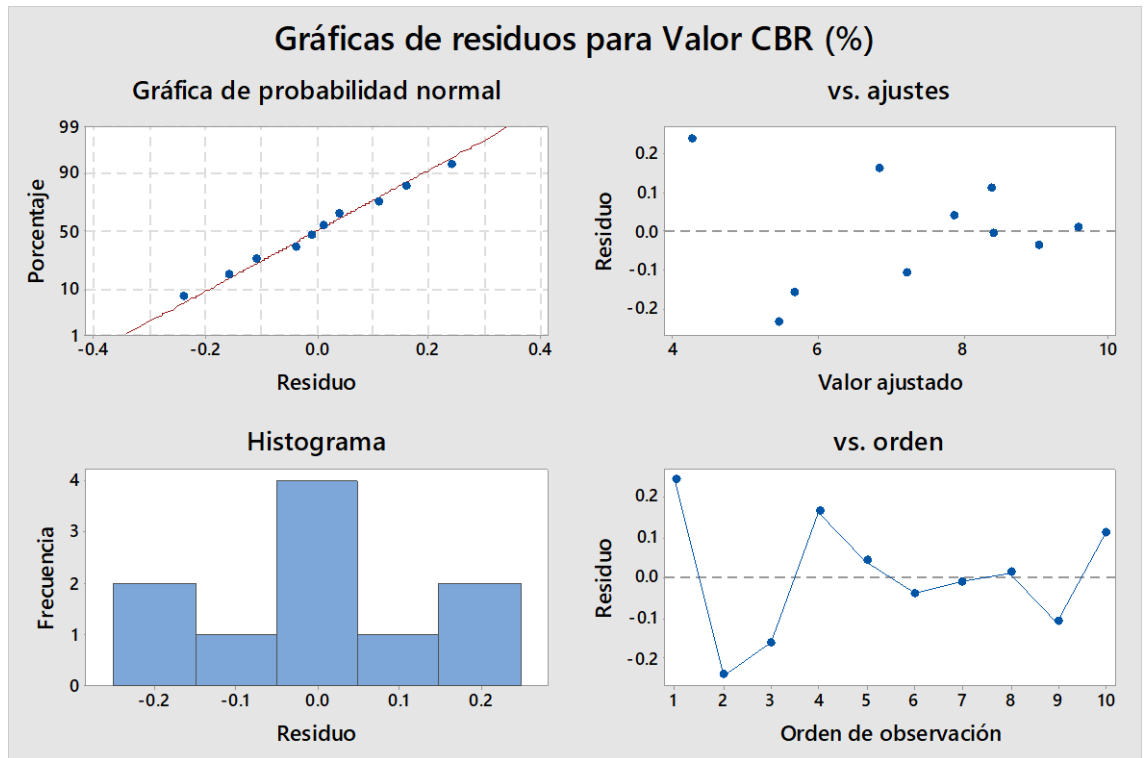
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.220227	99.28%	98.37%	95.48%

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{Valor CBR (\%)} = & 7.2700 - 2.420 \text{ Porcentaje de adición}_0 - 1.020 \text{ Porcentaje de adición}_5 \\ & + 1.180 \text{ Porcentaje de adición}_{10} + 1.730 \text{ Porcentaje de adición}_{15} \\ & + 0.530 \text{ Porcentaje de adición}_{25} - 0.5900 \% \text{ MDS}_{95} + 0.5900 \% \text{ MDS}_{100} \end{aligned}$$

Figura 57.

Gráficos de residuos para valor CBR (%)



CONCLUSIONES

- (1) La capacidad de soporte del suelo natural de la sub rasante de la calle Camino Real progresivas Km 0+000 - Km 0+750 de la ciudad de Chota, CBR al 95% de la M.D.S. y CBR al 100% de la M.D.S. alcanza valores promedio de 4.767% y 5.433%.
- (2) La influencia técnica de la adición de polímeros reciclados al TMN 2.00 mm (PET) es positiva en la capacidad de soporte del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota, incrementa el CBR al 95% de la M.D.S. hasta en 76.21% respecto al suelo natural, cuando se adiciona el 15% de PET reciclado triturado respecto al peso del suelo seco. La influencia económica de la adición de polímeros reciclado al 15%, TMN 2.00 mm, es positiva, pues disminuye el costo en 1.41%, respecto al uso de cal. La adición de polímeros reciclados en la sub rasante de la calle camino real tiene influencia ambiental positiva, ayuda a disminuir la cantidad de residuos plásticos del entorno de la ciudad de Chota.

Tabla 32.

Influencia técnica de la adición de PET triturado

Porcentajes de PET triturado	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (%)	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (%)
Suelo natural con 0% PET	4.50	5.20
Con 5% PET	5.50	7.00
Con 10% PET	7.90	9.00
Con 15% PET	8.40	9.60
Con 25% PET	7.10	8.50

Tabla 33.

Influencia económica de la adición de PET triturado

Tipo de material	Cantidad (kg)	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)	Porcentaje respecto al precio de la adición de cal
PET triturado mecánicamente	342576	0.66	225172.19	-1.41%
PET triturado manualmente	342576	3.59	1230412.41	438.75%
Cal al 10%	228384	1.00	228384.00	0.00%

(3) La dosificación de polímeros reciclados (PET) que mejora la capacidad de soporte del suelo en la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota, es de 15% de PET triturado con una gradación de 2.00 mm, debido a que alcanza un valor CBR al 95% de la M.D.S. de 8.40%, superando a otros porcentajes (5%, 10% y 25%) que solo alcanzaron valores de 5.50%, 7.90% y 7.10%, respectivamente.

RECOMENDACIONES

- (1) Se sugiere que la Municipalidad Provincial de Chota, utilice el porcentaje de dosificación de polímeros reciclados (PET) que mejora la capacidad de soporte del suelo en la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota.
- (2) Se aconseja a la Municipalidad Provincial de Chota implementar una planta de residuos sólidos, para garantizar la disponibilidad de PET reciclado triturado.
- (3) 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 de la materia estabilizante.
- (4) Al aplicar los porcentajes de adición de polímeros reciclados (PET) para mejorar el suelo de la sub rasante de la calle Camino Real, se debe tomar en cuenta que es primordial que el plástico triturado sea adicionado en peso, a una gradación de 2.00 mm, con un proceso de compactación adecuado que llegue al grado óptimo encontrado en laboratorio.
- (5) 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 usadas como material estabilizante en suelos arcillosos.
- (6) Debido a los resultados favorables del uso de PET reciclado triturado en la sub rasante del suelo arcilloso, se sugiere realizar futuras investigaciones aplicando el estabilizante polímeros reciclados (PET) en material de afirmado, base o subbase granular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldeeky, H. y Hattamleh, O. (2017). Experimental Study on the Utilization of Fine Steel Slag on Stabilizing High Plastic Subgrade Soil. *Advances in Civil Engineering*, 2017(1), 1-11. <https://doi.org/10.1155/2017/9230279>
- Alonzo, L.A. y Rodríguez, G.J. (2005). *Carreteras*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. <https://afly.co/jtt4>
- Alzaidy, M. N. (2019). Experimental study for stabilizing clayey soil with eggshell powder and plastic wastes. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 518(2), 1-14.
- Arandes, J.M., Bilbao, J. y López, D. (2004). Reciclado de residuos plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5(1), 28-45.
- Arteaga, J.F. (2018). *Análisis del comportamiento de la base – cemento para pavimentos con adición de residuos PET reciclado*. [Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil, Universidad Católica de Colombia].
- Bañón, L. y Beviá, J.F. (2000). *Manual de carreteras. Volumen II: Construcción y mantenimiento*. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787>
- Behar, D.S. (2008). *Metodología de la investigación*. Editorial Shalom. ISBN 978-959-212-783-7.
- Braja, M. Das. (2001). *Fundamentos de Ingeniería geotécnica*. Thomson Editores, S.A.
- Capia, C. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión].

- Caraschi, J.C. y Lopes, A. (2002). Evaluación de las propiedades mecánicas de plásticos reciclados de residuos sólidos urbanos. *Acta Scientiarum. Tecnología*, 24(1), 1599-1602. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v24i0.2462>
- Caruajulca, E. (2018). *Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce El Porongo - Aeropuerto – Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*, 5ª ed. Editorial Limusa.
- Crespo, C. (2004). *Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*, 3ª ed. Limusa Noriega Editores. <https://afly.co/jtp4>
- Cristán, A., Ize, I., Gavilán, A. (2003). La situación de los envases de plástico en México. *Gaceta Ecológica*, 69(1), 67-82.
- Cuellar, D.E. y Vega, G.K. (2020). *Estabilización de subrasante de suelos inadecuados con geosintético producido de botellas plásticas recicladas*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Jaén].
- Cusquisibán, W.D. (2014). *Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- De Pedro, H. (2019, 12 de diciembre). *PET, PVC, PS... ¿qué tipos de plásticos se pueden reciclar y cuáles no?*. 20 minutos. <https://afly.co/kp84>
- Díaz, A. (2020, 14 de diciembre). *Producción mundial de plástico 1950-2018*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/636183/produccion-mundial-de-plastico/>
- Duque, G., & Escobar, C. E. (2016). Origen formación y constitución del suelo, fisicoquímica de las arcillas. *Geomecánica*, 11, 28.
- Escuela Colombiana de Ingeniería. (2008). *Identificación de plásticos. Protocolo Curso de materiales*. ECI.

- Estuardo, A. (2012). *Estadística y probabilidades*. Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- Fernández, H.W. (2017). *Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca*. [Tesis de maestría en ciencias, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Flores, P.I. (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 de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].
- Franco-Urquiza, E.; Ferrando, H.E.; Luis, D.P.; 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), 226-235. <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/313761>
- Gallego, K., López, B.L. y Gartner, C. (2006). Estudio de mezclas de polímeros reciclados para el mejoramiento de sus propiedades. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía*, 37(1), 59-70.
- Gardete, D., Luzia, R., Sousa, M., Carronda, S., & Simão, A. (2019). Soil stabilisation with waste plastic and waste tyre fibres. In *Proceedings of the XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ECSMGE)*. ISBN (pp. 978-9935).
- Guzmán, M.J. (2019). *Evaluación de resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la Victoria - 2019*. [Tesis de grado, Universidad Particular de Chiclayo].

- Hamid, A. (2017). Use of waste plastics for the enhancement of soil properties: a recent advancement in geotechnical engineering. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 6(7), 102-111.
- Hamid, A. (2017). Experimental study on CBR properties of soil added with perforated plastic waste. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 4(3), 411-415.
- Ilieş, N.M., Circu, A.P., Nagy, A.C., Ciubotaru, V.C. y Kisfaludi-Bak, Z. (2017). Comparative Study on Soil Stabilization with Polyethylene Waste Materials and Binders. *Procedia Engineering*, 181(1), 444-451.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.414>
- INACAL. (2019). *NTP 339.089. Suelos. Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo). 2ª Ed.* Instituto Nacional de la Calidad.
- INACAL. (2015). *Suelos. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de agua (humedad) del suelo por el método del horno microondas.* Instituto Nacional de la Calidad.
- INACAL. (2019). *Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed.* Instituto Nacional de la Calidad.
- INACAL. (2019). *Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Ed.* Instituto Nacional de la Calidad.
- INACAL. (2019). *Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)). 1ª Ed.* Instituto Nacional de la Calidad.
- INACAL. (2019). *Suelos. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Ed.* Instituto Nacional de la Calidad.

- Juárez, E. y Rico, A. (2002). *Mecánica de suelos, Tomo II: Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos*. Limusa Noriega Editores. <https://afly.co/jtm4>
- Karthick, S. Y. S., Vasanthanarayanan, R., Ayswarya, S., & Meenakshi, C. (2019). Soil stabilization using plastics and gypsum. *International Journal of Research in Engineering Science and Management*, 2, 351-360.
- Kassa, R.B., Workie, T., Abdela, A., Fekade, M. y Saleh, M. (2020). Soil stabilization using waste plastic materials. *Open Journal of Civil Engineering*, 10(1), 55-68.
- Linares, R.R., Aguilar, M.E. y Rojas, E.E. (2020). Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido. *Revista científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(2), 33-40.
- Louzada, N. D. S. L., Malko, J. A. C., & Casagrande, M. D. T. (2019). Behavior of clayey soil reinforced with polyethylene terephthalate. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 31(10), 04019218.
- Maldonado, C. (2019). *Ficha técnica de cantidad de residuos plásticos de los años 2017-2018 y de enero a abril del 2019*. Recicladora Leo.
- Mali, S., Kadam, S., Mane, S., Panchal, K., Kale, S. y Navkar, Y. (2019). Soil Stabilization by using Plastic Waste. *International Reseach Journal of Engineering and Technology*, 6(4), 4056-4060.
- Márquez, K. (2019). *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, provincia de Morropón – Piura 2019*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura].
- Ministerio del Ambiente. (2020). Cifras del mundo y el Perú, ¿Por qué es necesario tomar conciencia?. MINAM. <https://n9.cl/w84aw>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción*. MTC.

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología y geotecnia, sección suelos y pavimentos*. MTC.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. MTC.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. MTC.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *Reglamento Nacional de Edificaciones, norma CE.010 Pavimientos Urbanos*. MVCS.
- Municipalidad Provincial de Chota. (2018). *Plan de desarrollo urbano PDU 2017-2027*. MPCH.
- Pastor, C.F. (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].
- Peddaiah, S., Burman, A. y Sreedeeep, S. (2018). Experimental Study on Effect of Waste Plastic Bottle Strips in Soil Improvement. *Geotechnical and Geological Engineering*, 36(1), 2907–2920.
- Pinto, D.J. (2018). Laboratory Investigation of Soil Reinforcement using Shredded Waste Plastic Bottles. [Tesis de maestría en ciencias en Ingeniería, University of Cape Town].
- Prasanna, S. (2019). Utilization of Waste Plastic Shreds for Stabilization of Soil. *Geotechnics for Transportation Infrastructure*, 29(1), 619-628. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6713-7_49
- Quispe, E. y Sañac, M. (2019). *Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la*

- prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018.* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de los Andes].
- Rabanal, W.H. (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 grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Rai, A. K., Singh, G., & Tiwari, A. K. (2020). Comparative study of soil stabilization with glass powder, plastic and e-waste: A review. *Materials Today: Proceedings*, 32, 771-776.
- Ramírez, L.M. (2011). *Pavimentos con polímeros reciclados.* [Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería de Antioquia].
- Ramos, G. (2014). *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad de soporte mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014.* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Rico, A. (2005). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas, vol. 2.* Limusa Noriega Editores. <https://afly.co/jtq4>
- Rico, A. y Del Catillo, H. (2017). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas, vol. 1.* Limusa.
- Rojas, M. (2015). Tipos de investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 6(1), 1-14.
- Sahoo, K.K., Gupta, M., Sahu, R., Mudgal, K. y Shankar, S. (2018). Experimental Investigation for the Feasible Applications of Processed Recyclable Plastic Waste in Construction Sector. *Advances in Waste Management*, https://doi.org/10.1007/978-981-13-0215-2_11

- Sanca, M.D. (2011). Tipos de investigación científica. *Revista de actualización clínica*, 9(1), 621-624.
- Valdez, A. (2012). Campaña de divulgación para reciclación. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Vásquez, V. (2018, 15 de junio). *Culminó la reposición del asfalto de las calles de la ciudad*. Santa Mónica Radio.
- Vargas, N. (2017). *Efecto de la adición de fibra de polímeros reciclados en el valor del CBR de suelos granulares en pavimentos*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Continental, Huancayo, Perú].
- Vilchez, A.D. (2019). *Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén- Cajamarca, 2019*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistencia

Autor: Nilser Fustamante Vásquez

Título: Evaluación de la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) en la sub rasante de la calle Camino Real, progresiva, km 0+000 - km 0+750, Chota

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
<p>Problema general ¿Cuánto aumenta la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) y el suelo natural en la subrasante de la calle Camino Real progresivas km 0+000 – km 0+750 Chota?</p>	<p>Objetivo general: Determinar la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) en la subrasante de la calle Camino Real progresiva km 0+000 – km 0+750, Chota</p>	<p>Hipótesis principal Si hay diferencia significativa entre la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) y el suelo natural en la sub rasante de la calle Camino Real, progresiva, km 0+000 – km 0+750, Chota.</p>	<p>Variable independiente Polímeros reciclados (PET)</p>	<p>Proceso de trituración del PET</p> <hr/> <p>Propiedades físicas del PET triturado</p>	<p>Recolección Lavado Cortado Tamizado</p> <hr/> <p>Peso específico Granulometría</p>
<p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> – ¿Cuánto es la capacidad de soporte del suelo natural de la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva km 0+000 – km 0+750, Chota? – ¿Cómo influye la adición de polímeros reciclados (PET al 5%, 10%, 15% y 25%) en la capacidad de soporte del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota? – ¿Cuánto es la dosificación de polímeros reciclados PET que mejora la capacidad portante del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real, progresiva km 0+000 – km 0+750, Chota? 	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Determinar la capacidad de soporte del suelo natural de la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota. – Determinar la influencia de la adición de polímeros reciclados (PET al 5%, 10%, 15% y 25%) en la capacidad de soporte del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota. – Determinar la dosificación de polímeros reciclados (PET) que mejora la capacidad de soporte del suelo en la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota, según las disposiciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2020) en la norma CE.010 “Pavimentos urbanos”. 	<p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> – La capacidad de soporte del suelo natural de la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva, km 0+000 – km 0+750, Chota, es menor a 6% por lo que necesita estabilización. – La adición de polímeros reciclados (PET al 5%, 10%, 15% y 25%) influye positivamente en la capacidad de soporte del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real; progresiva Km 0+000 - Km 0+750, Chota, de forma técnica, económica y ambiental. – La dosificación de polímeros reciclados PET que mejora la capacidad portante del suelo de la sub rasante de la calle Camino Real, progresiva, km 0+000 – km 0+750, Chota, es 15%. 	<p>Variable dependiente Capacidad de soporte del suelo</p>	<p>Propiedades físico-mecánicas del suelo natural</p> <hr/> <p>Propiedades mecánicas del suelo con PET</p> <hr/> <p>Comparación del CBR del suelo con dosificaciones de PET</p>	<p>Contenido de humedad Granulometría Límite líquido Límite plástico Clasificación Máxima densidad seca Óptimo contenido de humedad CBR</p> <hr/> <p>Máxima densidad seca Óptimo contenido de humedad CBR</p> <hr/> <p>Suelo con 5% Suelo con 10% Suelo con 15% Suelo con 25%</p>

Anexo N° 2. Panel fotográfico

Fotografía 1. Excavación de calicatas en el Jr. Camino Real



Fotografía 2. Ensayo de contenido de humedad en las muestras de suelo



Fotografía 3. Proceso de cuarteo en las muestras de suelo



Fotografía 4. Ensayo granulométrico en las muestras de suelo



Fotografía 5. Ensayo de límites de consistencia en las muestras de suelo



Fotografía 6. Ensayo de Proctor modificado en las muestras de suelo



Fotografía 7. Ensayo de hinchamiento en las muestras de suelo



Fotografía 8. Ensayo de CBR en las muestras de suelo



Fotografía 9. Proceso de trituración y tamizaje de polímeros reciclados PET



Fotografía 10. Gradaciones de polímeros reciclados PET



Fotografía 11. Ensayo de Proctor modificado en el suelo con polímeros reciclados PET



Fotografía 12. Ensayo CBR en el suelo con polímeros reciclados PET



Anexo N° 3. Documentación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Acreditación a:

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Sector 1, Grupo 10, Mz M Lote 23, distrito Villa El Salvador, provincia Lima, departamento Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-05P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 09 de abril de 2019

Fecha de Vencimiento: 08 de abril de 2022



ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 114 - 2020

Página : 1 de 2

Expediente : T 075-2020
Fecha de emisión : 2020-06-08

1. Solicitante : GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.
Dirección : JR. CAJAMARCA NRO. 792 - CHOTA - CAJAMARCA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Marca de Prensa : ORION
Modelo de Prensa : JPSHV-01
Serie de Prensa : JVB-004

Marca de Celda : KELI
Modelo de Celda : A-FED
Serie de Celda : AQJM167
Capacidad de Celda : 5 t

Marca de indicador : HIGH WEIGHT
Modelo de Indicador : 315-X8
Serie de Indicador : 2019700

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
05 - JUNIO - 2020

4. Método de Calibración
La Calibración se realizo de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2018	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

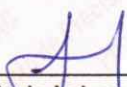
	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	20,9	21,2
Humedad %	62	63

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	502,80	503,20	-0,56	-0,64	503,00	-0,60	-0,08
1000	1006,50	1006,90	-0,65	-0,69	1006,70	-0,67	-0,04
1500	1503,45	1502,60	-0,23	-0,17	1503,03	-0,20	0,06
2000	2001,60	1999,40	-0,08	0,03	2000,50	-0,02	0,11
2500	2493,45	2495,85	0,26	0,17	2494,65	0,21	-0,10
3000	2988,65	2992,50	0,38	0,25	2990,58	0,32	-0,13
3500	3492,50	3487,25	0,21	0,36	3489,88	0,29	0,15
4000	3995,40	3986,50	0,11	0,34	3990,95	0,23	0,22

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación: $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 1,0051x - 8,7837$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

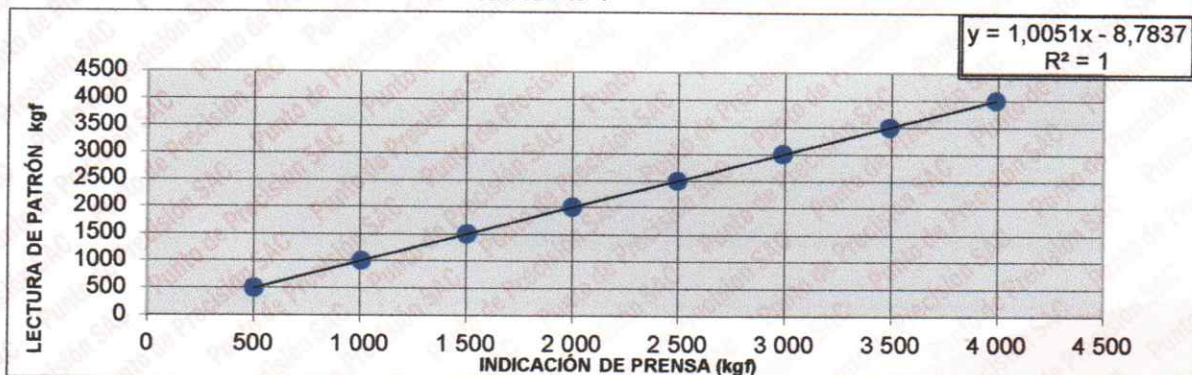
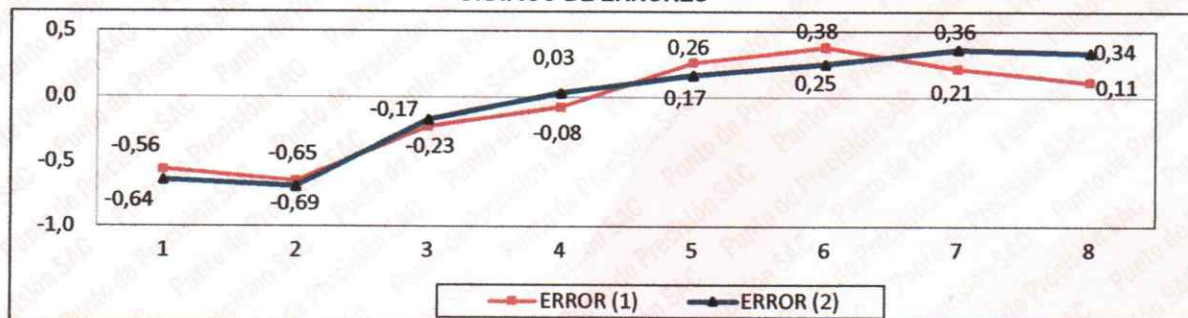


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-181-2020

Página: 1 de 3

Expediente : T 075-2020
Fecha de Emisión : 2020-06-08

1. **Solicitante** : GSE LABORATORIO INGENIERIA Y
CONSTRUCCIÓN S.A.C.
Dirección : JR. CAJAMARCA NRO. 792 - CHOTA - CAJAMARCA

2. **Instrumento de Medición** : **BALANZA**

Marca : OHAUS
Modelo : R21PE30ZH
Número de Serie : B847537336

Alcance de Indicación : 30 kg

División de Escala de Verificación (e) : 0,001 kg

División de Escala Real (d) : 0,01 kg

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LOCAL

Fecha de Calibración : 2020-06-05

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

3. **Método de Calibración**

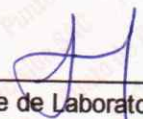
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. **Lugar de Calibración**

JR. TENIENTE JIMENEZ N° 188 - CHORRILLOS



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-181-2020

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	19,8	20,0
Humedad Relativa	57,8	58,8

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	IP-296-2019
	Pesas (exactitud M2)	M-001-2020

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 30,0002 kg

No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15,000 kg			Carga L2= 30,000 kg		
	l (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	l (kg)	ΔL (kg)	E (kg)
1	15,001	0,0003	0,0013	30,001	0,0007	0,0006
2	15,001	0,0006	0,0010	30,001	0,0008	0,0005
3	15,000	0,0007	-0,0001	30,001	0,0006	0,0007
4	15,000	0,0008	-0,0002	30,001	0,0009	0,0004
5	15,001	0,0005	0,0011	30,000	0,0008	-0,0005
6	15,001	0,0006	0,0010	30,000	0,0006	-0,0003
7	15,001	0,0009	0,0007	30,001	0,0007	0,0006
8	15,001	0,0008	0,0008	30,001	0,0008	0,0005
9	15,001	0,0006	0,0010	30,001	0,0009	0,0004
10	15,001	0,0004	0,0012	30,000	0,0008	-0,0005
Diferencia Máxima			0,0015	0,0012		
Error máximo permitido ±			0,02 kg	± 0,03 kg		



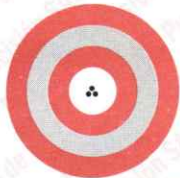
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-181-2020

Página: 3 de 3

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Inicial	Final
Temp. (°C)	19,9 19,9

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (kg)	l (kg)	ΔL (kg)	E ₀ (kg)	Carga L (kg)	l (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	E _c (kg)
1	0,010	0,010	0,0006	-0,0001	10,000	10,000	0,0006	0,0001	0,0002
2		0,010	0,0007	-0,0002		10,000	0,0008	-0,0001	0,0001
3		0,010	0,0008	-0,0003		10,000	0,0006	0,0001	0,0004
4		0,010	0,0006	-0,0001		10,001	0,0005	0,0012	0,0013
5		0,010	0,0008	-0,0003		10,000	0,0007	0,0000	0,0003
					Error máximo permitido : ± 0,02 kg				

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Inicial	Final
Temp. (°C)	19,9 20,0

Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (kg)
	l (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	E _c (kg)	l (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	E _c (kg)	
0,0100	0,010	0,0006	-0,0001						
0,0200	0,020	0,0008	-0,0003	-0,0002	0,020	0,0007	-0,0002	-0,0001	0,01
0,5000	0,500	0,0009	-0,0004	-0,0003	0,500	0,0009	-0,0004	-0,0003	0,01
2,0000	2,000	0,0007	-0,0002	-0,0001	2,000	0,0008	-0,0003	-0,0002	0,01
5,0001	5,000	0,0006	-0,0002	-0,0001	5,000	0,0007	-0,0003	-0,0002	0,01
7,0001	7,001	0,0008	0,0006	0,0007	7,000	0,0008	-0,0004	-0,0003	0,02
9,9998	10,001	0,0005	0,0012	0,0013	10,001	0,0006	0,0011	0,0012	0,02
14,9999	15,000	0,0006	0,0000	0,0001	15,001	0,0007	0,0009	0,0010	0,02
20,0004	20,001	0,0007	0,0004	0,0005	20,001	0,0008	0,0003	0,0004	0,02
25,0005	25,001	0,0005	0,0005	0,0006	25,001	0,0009	0,0001	0,0002	0,03
30,0002	30,001	0,0006	0,0007	0,0008	30,001	0,0006	0,0007	0,0008	0,03

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 3,80 \times 10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{5,21 \times 10^{-7} \text{ kg}^2 + 1,79 \times 10^{-9} \times R^2}$$

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

R : en kg

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

REQUIRIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-183-2020

Página: 1 de 3

Expediente : T 075-2020
Fecha de Emisión : 2020-06-08

1. **Solicitante** : GSE LABORATORIO INGENIERIA Y
CONSTRUCCIÓN S.A.C.
Dirección : JR. CAJAMARCA NRO. 792 - CHOTA - CAJAMARCA

2. **Instrumento de Medición** : **BALANZA**

Marca : OHAUS

Modelo : CL501T

Número de Serie : 7131121053

Alcance de Indicación : 500 g

División de Escala
de Verificación (e) : 0,1 g

División de Escala Real (d) : 0,1 g

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LOCAL

Fecha de Calibración : 2020-06-05

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

3. **Método de Calibración**

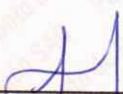
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. **Lugar de Calibración**

JR. TENIENTE JIMENEZ N° 188 - CHORRILLOS



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-183-2020

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Minima	Máxima
Temperatura	20,9	21,0
Humedad Relativa	59,7	59,7

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	IP-296-2019

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 500,00 g No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	21,0			21,0		
	Carga L1= 250,0 g			Carga L2= 500,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	250,1	0,06	0,09	500,1	0,07	0,08
2	250,0	0,05	0,00	500,1	0,06	0,09
3	250,0	0,06	-0,01	500,1	0,08	0,07
4	250,0	0,08	-0,03	500,1	0,06	0,09
5	250,1	0,05	0,10	500,0	0,05	0,00
6	250,1	0,06	0,09	500,0	0,07	-0,02
7	250,0	0,03	0,02	500,0	0,08	-0,03
8	250,0	0,05	0,00	500,0	0,09	-0,04
9	250,0	0,04	0,01	500,1	0,07	0,08
10	250,0	0,06	-0,01	500,0	0,06	-0,01
Diferencia Máxima			0,13			0,13
Error máximo permitido ±			0,1 g			0,2 g



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

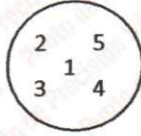
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-183-2020

Página: 3 de 3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temp. (°C) Initial 21,0 Final 20,9

Table with columns: Posición de la Carga, Determinación de E0, Determinación del Error corregido. Includes rows for positions 1-5 and a final row for 'Error máximo permitido: ± 0,1 g'.

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C) Initial 20,9 Final 20,9

Table with columns: Carga L (g), CRECIENTES, DECRECIENTES, ± emp (g). Lists calibration data for various weights from 1,00g to 500,00g.

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

R_corregida = R - 1,45x10^-4 x R

Incertidumbre

U_R = 2 * sqrt(5,53x10^-3 g^2 + 1,43x10^-8 x R^2)

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

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 141 - 2020

Página : 1 de 4

Expediente : T 075-2020
Fecha de emisión : 2020-06-08

1. Solicitante : GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.
Dirección : JR. CAJAMARCA NRO. 792 - CHOTA - CAJAMARCA

El instrumento de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : ESTUFA
Indicación : DIGITAL
Marca del Equipo : NO INDICA
Modelo del Equipo : JLA-01
Serie del Equipo : JHE-012
Capacidad del Equipo : 80 L
Marca de indicador : AUTONICS
Modelo de indicador : TCN4S
Temperatura calibrada : 110 °C
Procedencia : NO INDICA

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
05 - JUNIO - 2020

4. Método de Calibración
La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT - 075 - 2018	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0564 - 2019	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0565 - 2019	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0566 - 2019	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	20,9	21,5
Humedad %	61	62


7. Conclusiones

La estufa se encuentra dentro de los rangos 110 °C ± 5 °C para la realización de los ensayos de laboratorio según la norma ASTM.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



CALIBRACIÓN PARA 110 °C

Tiempo (min.)	Ind. (°C) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom. (°C)	ΔTMax. - TMin. (°C)
		NIVEL INFERIOR					NIVEL SUPERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110,0	113,9	114,5	113,2	114,7	114,6	114,8	113,6	113,4	114,6	113,2	114,1	1,6
2	110,0	113,6	114,6	113,4	114,6	114,2	114,2	113,5	113,2	114,5	113,4	113,9	1,4
4	110,0	113,5	114,2	113,2	114,3	114,3	114,3	113,2	113,5	114,3	113,2	113,8	1,1
6	110,0	113,2	114,3	113,3	114,0	114,2	114,5	113,3	113,2	114,2	113,3	113,8	1,3
8	110,0	113,4	114,2	113,6	114,3	114,3	114,5	113,3	113,3	114,3	113,0	113,8	1,5
10	110,0	113,2	114,3	113,2	114,2	114,3	114,0	113,6	113,2	114,2	113,0	113,7	1,3
12	110,0	113,3	114,4	113,4	114,3	114,3	114,0	113,2	113,4	114,3	113,2	113,8	1,2
14	110,0	113,3	114,2	113,5	114,5	114,5	114,6	113,3	113,5	114,3	113,2	113,9	1,4
16	110,0	113,6	114,4	113,5	114,3	114,3	114,5	113,2	113,6	114,5	113,2	113,9	1,3
18	110,0	113,2	114,4	113,6	114,2	114,5	114,4	113,3	113,5	114,3	113,3	113,9	1,3
20	110,0	113,4	114,5	113,4	114,3	114,0	114,3	113,6	113,2	114,4	113,3	113,8	1,3
22	110,0	113,2	114,3	113,3	114,3	114,0	114,2	113,2	113,3	114,3	113,3	113,7	1,1
24	110,0	113,6	114,1	113,3	114,3	114,0	114,3	113,5	113,6	114,5	113,3	113,9	1,2
26	110,0	113,2	114,2	113,2	114,2	114,2	114,5	113,2	113,2	114,3	113,3	113,8	1,3
28	110,0	113,6	114,5	113,6	114,3	114,3	114,6	113,6	113,5	114,3	113,5	114,0	1,1
30	110,0	113,2	114,2	113,5	114,3	114,2	114,4	113,4	113,4	114,3	113,4	113,8	1,2
32	110,0	113,3	114,3	113,5	114,2	114,3	114,5	113,2	113,6	114,3	113,6	113,9	1,3
34	110,0	113,4	114,1	113,4	114,6	114,3	114,1	113,4	113,2	114,3	113,5	113,8	1,4
36	110,0	113,3	114,1	113,3	114,3	114,5	114,0	113,6	113,4	114,5	113,2	113,8	1,3
38	110,0	113,5	114,2	113,0	114,4	114,2	114,0	113,2	113,2	114,6	113,5	113,8	1,6
40	110,0	113,2	114,5	113,0	114,5	114,3	114,1	113,6	113,6	114,5	113,5	113,9	1,5
42	110,0	113,6	114,2	113,0	114,2	114,5	114,2	113,2	113,2	114,3	113,6	113,8	1,5
44	110,0	113,2	114,3	113,6	114,4	114,6	114,3	113,5	113,5	114,4	113,4	113,9	1,4
46	110,0	113,1	114,5	113,4	114,2	114,5	114,5	113,2	113,2	114,6	113,2	113,8	1,5
48	110,0	113,0	114,3	113,6	114,2	114,6	114,2	113,4	113,6	114,2	113,6	113,9	1,6
50	110,0	113,2	114,2	113,5	114,3	114,3	114,6	113,2	113,7	114,4	113,5	113,9	1,4
52	110,0	113,0	114,6	113,5	114,3	114,4	114,3	113,6	113,5	114,2	113,6	113,9	1,6
54	110,0	113,5	114,3	113,6	114,5	114,5	114,4	113,2	113,6	114,3	113,5	113,9	1,3
56	110,0	113,6	114,5	113,2	114,3	114,2	114,5	113,2	113,3	114,3	113,2	113,8	1,3
58	110,0	113,4	114,3	113,3	114,5	114,3	114,1	113,2	113,0	114,5	113,6	113,8	1,5
60	110,0	113,6	114,3	113,6	114,3	114,5	114,5	113,6	113,4	114,6	113,2	114,0	1,4
T. PROM	110,0	113,4	114,3	113,4	114,3	114,3	114,3	113,4	113,4	114,4	113,3	113,9	
T. MAX	110,0	113,9	114,6	113,6	114,7	114,6	114,8	113,6	113,7	114,6	113,6		
T. MIN	110,0	113,0	114,1	113,0	114,0	114,0	114,0	113,2	113,0	114,2	113,0		
DTT	0,0	0,9	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,4	0,7	0,4	0,6		

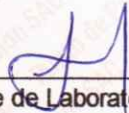
Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,8	0,4
Mínima Temperatura Medida	113,0	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	1,0	0,3
Estabilidad Media (±)	0,45	0,02
Uniformidad Media	1,8	0,1

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

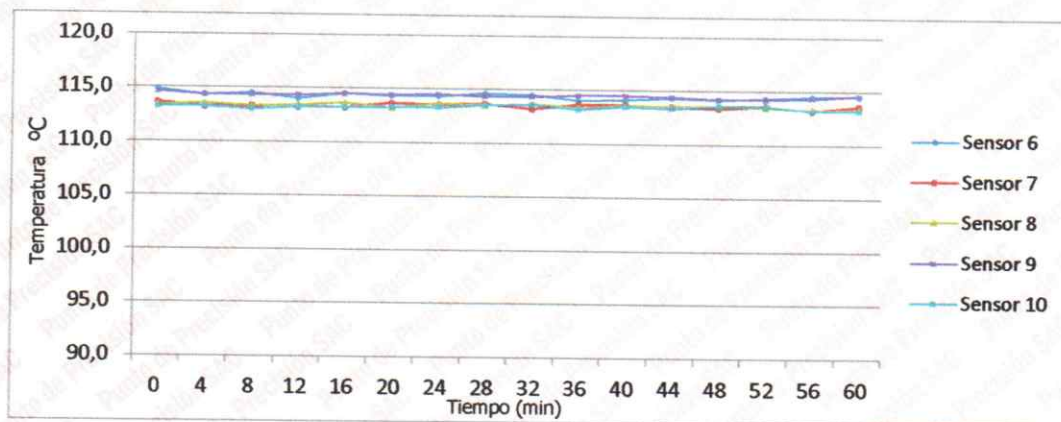
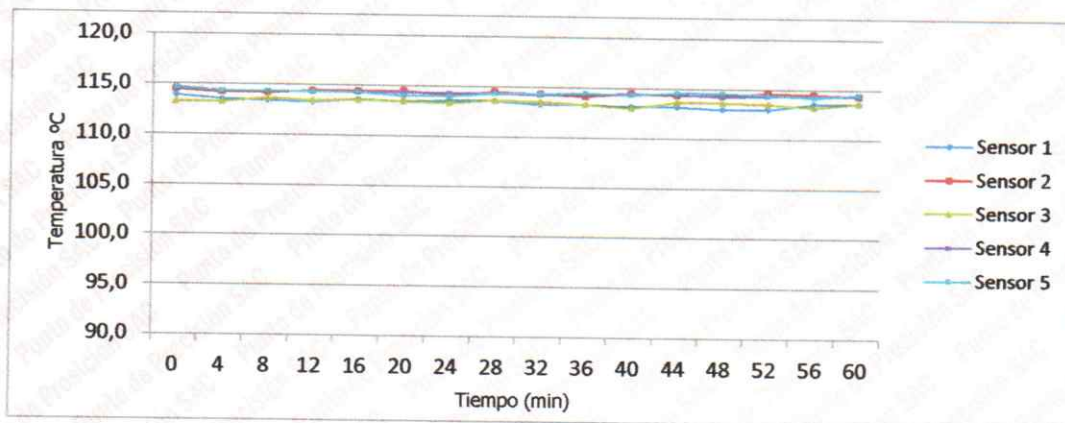
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.


LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 141 - 2020

Página : 3 de 4

TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

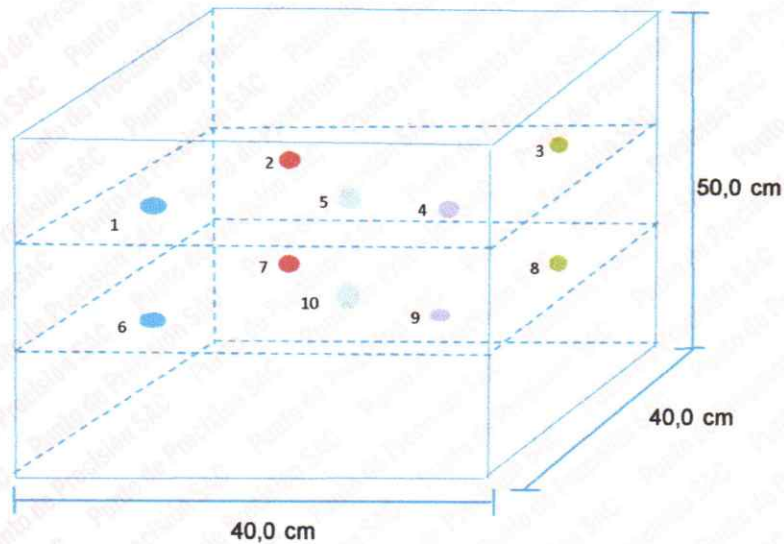
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 141 - 2020

Página : 4 de 4

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Anexo N° 4. Resultados de los ensayos de laboratorio



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**TESIS: "EVALUACIÓN DE LA
CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO
ADICIONANDO POLÍMEROS
RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE
DE LA CALLE CAMINO REAL,
PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750,
CHOTA"**

**SOLICITANTE: BACHILLER NILSER
FUSTAMANTE VÁSQUEZ**

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYOS DE LABORATORIO DE LA SUB RASANTE

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA Nº 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CALICATA N° 01 SUELO NATURAL

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

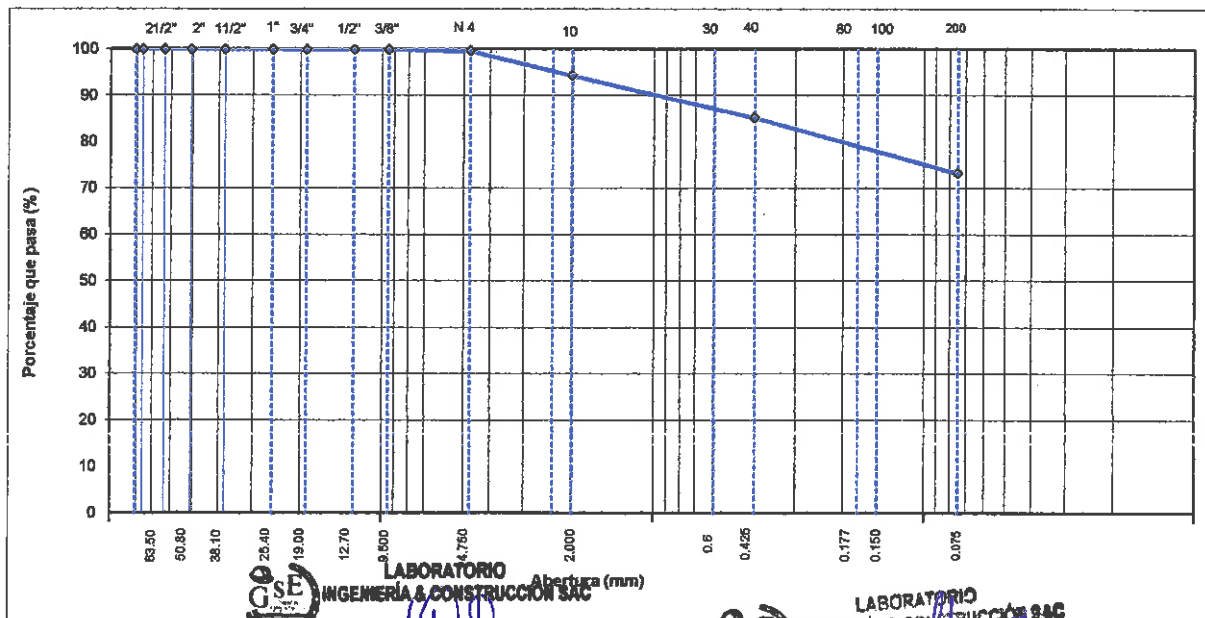
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.R
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	07/10/2020

MATERIAL :	EXTRAÍDO Y MUESTREADO DE CALICATA ESTADO NATURAL	TAMAÑO MÁXIMO :	
CALICATA :	C-1	PESO INICIAL :	800.0 g
MUESTRA :	M - 1	FRACCIÓN SECA :	800.0 g
		PROFUND. (M.) :	(0.00 - 1.50 m)

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Material >4: 0.3%
2"	50.800						% Peso Material <4 99.8%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL) : 53.2
1"	25.400						Límite Plástico (LP) : 28.7
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP) : 24.5
1/2"	12.700				100.0		Clasificación(SUCS) : CH
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0		Clasific.(AASHTO) : A-7-6 (16)
Nº 4	4.750	2.0	0.3	0.3	99.8		
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	43.0	5.4	5.6	94.4		Contenido de Humedad (%) : 37.29
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840						Índice de Consistencia :
Nº 30	0.600						Índice de Liquidez :
Nº 40	0.425	73.00	9.1	14.7	85.3		Descripción del (IC) :
Nº 50	0.300						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.150	58.00	7.2	21.9	78.1		OBSERVACIONES :
Nº 200	0.075	38.00	4.7	26.7	73.3		
< Nº 200	FONDO	588.00	73.3	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

GSE INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

GSE INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID CELIVD RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CP Nº 77267



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)

ESTRUCTURA : A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
ESTRATO : (0.00 - 1.50 m)	FECHA : 7-oct.-20


MATERIAL : EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA ESTADO NATURAL	CALICATA : C-1
CALICATA : C-1	MUESTRA : M1
MUESTRA : M1	PROF. (M.) : (0.00 - 1.50 m)

MUESTRA	1			
SUELO HUMEDO + CAPSULA	2500.0			
PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.)	1821.0			
PESO DE CAPSULA (gr.)	0.0			
PESO DEL AGUA	679.0			
PESO DE SUELO SECO	1821.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	37.29			

PROMEDIO % DE HUMEDAD : 37.3

Observaciones:


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID C. MAD RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 77267



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

LIMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

ESTRUCTURA : A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
ESTRATO (0.00 - 1.50 m)	FECHA : 7-oct-20

MATERIAL : EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA ESTADO NATURAL	CALICATA : C-1
CALICATA : C-1	MUESTRA : M1
MUESTRA : M1	PROFUNDIDAD : (0.00 - 1.50 m)

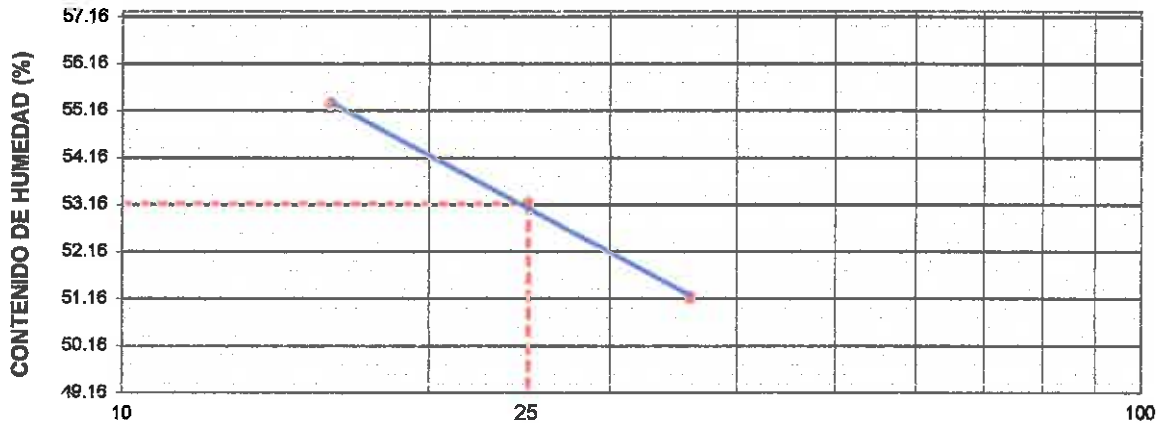
LIMITE LIQUIDO

Nº TARRO		1	2	3	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	53.09	53.51	54.96	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	47.60	48.30	49.10	
PESO DE AGUA	(g)	5.49	5.21	5.86	
PESO DEL TARRO	(g)	36.87	38.50	38.50	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	10.73	9.80	10.60	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	51.16	53.16	55.28	53.20
NUMERO DE GOLPES		36	25	16	25.67

LIMITE PLASTICO

Nº TARRO		19	20	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	20.66	20.90	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	19.85	20.02	
PESO DE AGUA	(g)	0.81	0.88	
PESO DEL TARRO	(g)	17.03	16.95	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.82	3.07	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	28.72	28.66	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	53.2
LIMITE PLASTICO	28.7
INDICE DE PLASTICIDAD	24.5

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Chao
 HENRY DAVID CHAO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 77267

Observaciones:

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA Nº 792 – 1ER. PISO.
 TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
 RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

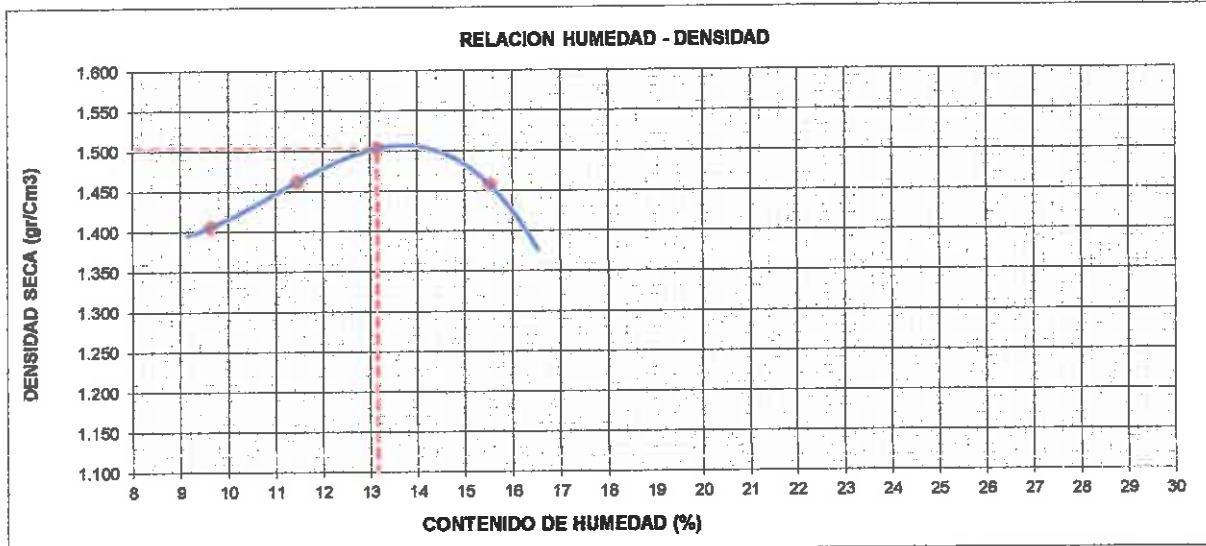
(MTC E - 115, ASTM D-1557, AASHTO - T-180)

ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.R
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	7-oct.-2020

MATERIAL :	EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA ESTADO NATURAL	MUESTRA :	M1
CALICATA :	C-1	PROFUNDIDAD :	(0.00 - 1.50 m)
MUESTRA :	M - 1		

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	5346	5429	5496	5480	
Peso molde	gr	3893	3893	3893	3893	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1453	1536	1603	1587	
Volumen del molde	cm ³	943	943	943	943	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.54	1.63	1.70	1.68	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	767.4	868.7	680.0	924.2	
Peso del suelo seco + tara	gr	700.0	600.0	601.0	800.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	67.4	68.7	79.0	124.2	
Peso del suelo seco	gr	700.0	600.0	601.0	800.0	
Contenido de agua	%	9.63	11.45	13.14	15.52	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.405	1.462	1.502	1.457	
						Densidad máxima (gr/cm ³)
						Humedad óptima (%)
						1.502
						13.14



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Carlos Rimarachin
INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 17267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
 TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
 RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.R
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	7-oct-2020
MATERIAL :	EXTRAIIDO Y MUESTREADO DE CALICATA ESTADO NATURAL	MUESTRA :	M - 1
CALICATA :	C-1	PROFUND. (M.) :	(0.00 - 1.50 m)
MUESTRA :	M - 1		

COMPACTACION

	1	2	3
Molde N°	5	5	5
Capas N°	56	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12361	11917	11115
Peso de molde (g)	8746	8472	8041
Peso del suelo húmedo (g)	3615	3445	3074
Volumen del molde (cm ³)	2111	2123	2108
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.712	1.623	1.458
Tara (N°)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	850.0	600.0	605.0
Peso suelo seco + tara (g)	749.0	530.0	535.0
Peso de tara (g)			
Peso de agua (g)	101.0	70.0	70.0
Peso de suelo seco (g)	749.0	530.0	535.0
Contenido de humedad (%)	13.48	13.21	13.08
Densidad seca (g/cm ³)	1.509	1.433	1.290

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
08/09/2020	09:00		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	
09/09/2020	09:00		298.000	7.569		441.000	11.201		559.000	14.199	
10/09/2020	09:00		380.000	9.652		558.000	14.173		679.000	17.247	
11/09/2020	09:00		420.000	10.668		591.000	15.011		720.000	18.288	
12/09/2020	09:00		447.000	11.354		635.000	16.129		735.000	18.669	
				11.354	9.87%		16.129	14.03%		18.669	16.23%

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		2	0.5			1	0.2			1	0.2		
1.270		7	1.6			4	0.9			2	0.5		
1.905		12	2.8			11	2.6			7	1.6		
2.540	70.455	16	3.7	3.7	5	14	3.2	3.2	5	10	2.3	2.3	3
3.810		19	4.4			16	3.7			14	3.2		
5.080	105.682	24	5.6	5.6	5	19	4.4	4.4	4	17	3.9	3.9	4
6.350		31	7.2			22	5.1			20	4.6		
7.620		34	7.9			27	6.3			25	5.8		
10.160													
12.700													

Observaciones:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Zava
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267

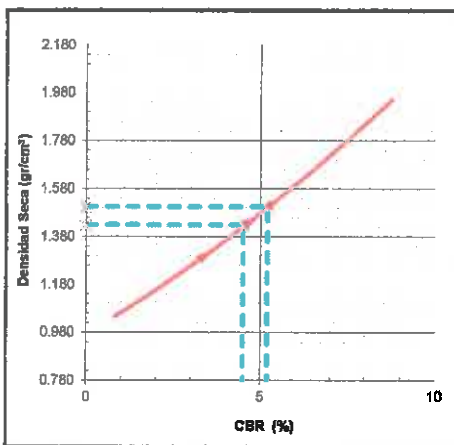


LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA	: A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR	: G.R.R
SOLICITANTE	: BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP.	: H.C.R
ESTRATO	: (0.00 - 1.50 m)	FECHA	: 7-oct-20
MATERIAL	: EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA ESTADO NATURAL	MUESTRA	: M - 1
CALICATA	: C-1	PROFUND. (M.)	: (0,00 - 1,50 m)
MUESTRA	: M - 1		



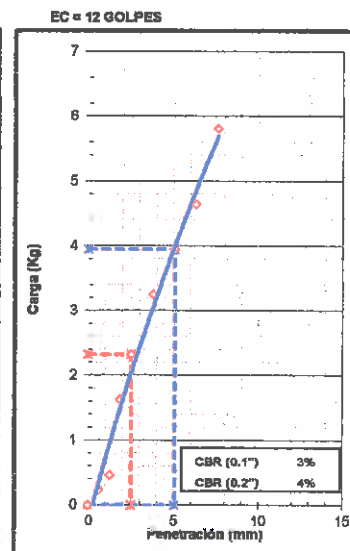
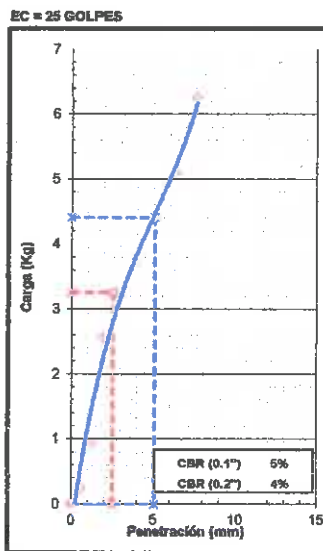
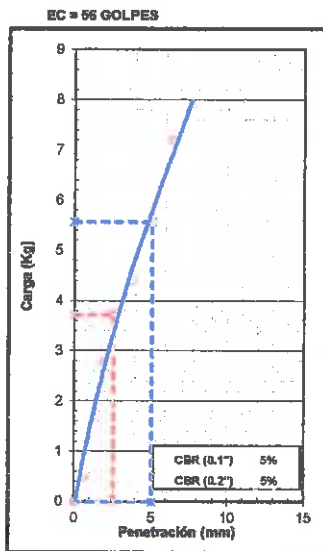
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.502
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 13.14
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.427

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	5.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	4.5

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 5.2 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.5 (%)
 Valor Expansión a 56 Golpes por capa: 13.38%

OBSERVACIONES:



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Gerentes Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID CLAVIJO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CPV 77267



**"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

CALICATA N° 02 SUELO NATURAL

**DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com**



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUBRASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

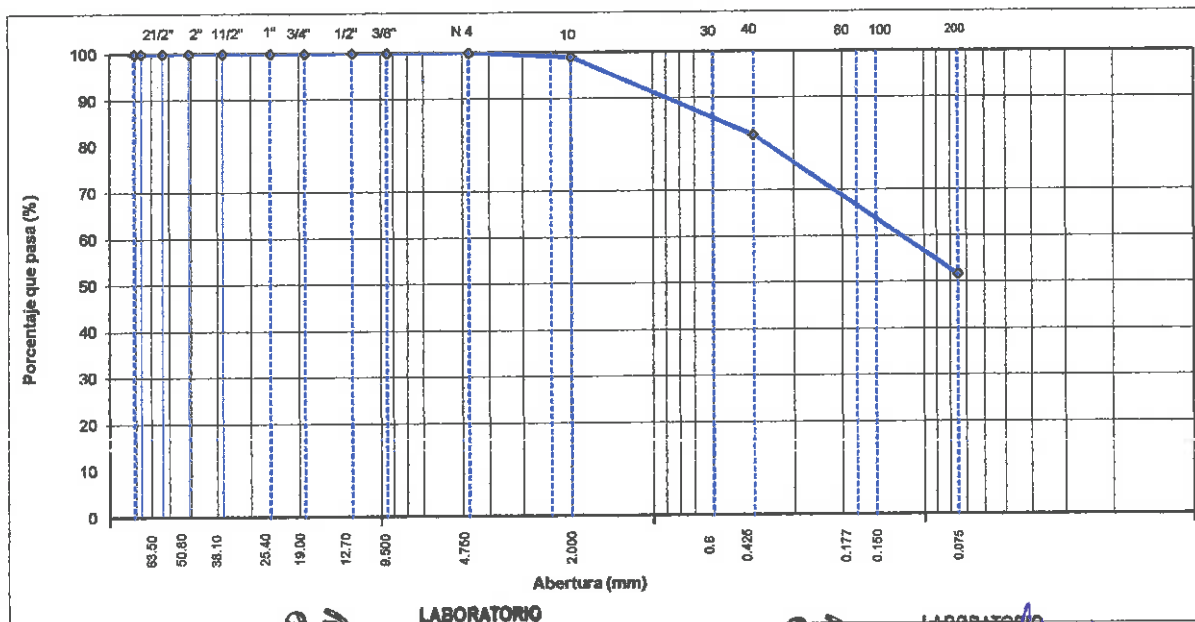
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUBRASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.H
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	07/10/2020

MATERIAL :	EXTRAÍDO Y MUESTREADO DE CALICATA ESTADO NATURAL	TAMAÑO MÁXIMO :	
CALICATA :	C-2	PESO INICIAL :	1330.0 g
MUESTRA :	M - 1	FRACCIÓN SECA :	1330.0 g
		PROFUND. (M) :	(0.00 - 1.50 m)

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3 1/2"	89.1					A	
3"	76.2						
2 1/2"	63.5						%Peso Material >4: 0.0%
2"	50.8						% Peso Material <4: 100.0%
1 1/2"	38.1						Límite Líquido (LL): 46.6
1"	25.4						Límite Plástico (LP): 25.4
3/4"	19.0						Índice Plástico (IP): 21.2
1/2"	12.7				100.0		Clasificación(SUCS): CL
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0		Clasific.(AASHTO): A-7-6(9)
Nº 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0		
Nº 8	2.36						
Nº 10	2.00	12.0	0.9	0.9	99.1		Contenido de Humedad (%): 28.85
Nº 16	1.19						Materia Orgánica: :
Nº 20	0.84						Índice de Consistencia: :
Nº 30	0.60						Índice de Liquidez: :
Nº 40	0.425	228.00	17.1	18.0	82.0		Descripción del (IC): :
Nº 50	0.300						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.150	261.00	19.6	37.7	62.3		OBSERVACIONES:
Nº 200	0.075	141.00	10.6	48.3	51.7		
< Nº 200	FONDO	688.00	51.7	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 72267



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)

ESTRUCTURA : A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
ESTRATO : (0.00 - 1.50 m)	FECHA : 7-oct.-20


MATERIAL : EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA ESTADO NATURAL	CALICATA : C-2
CALICATA : C-2	MUESTRA : M - 1
MUESTRA : M1	PROF. (M.) : (0.00 - 1.50 m)

MUESTRA	1			
SUELO HUMEDO + CAPSULA	1029.2			
PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.)	800.0			
PESO DE CAPSULA (gr.)	0.0			
PESO DEL AGUA	229.2			
PESO DE SUELO SECO	800.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	28.65			

PROMEDIO % DE HUMEDAD : 28.7

Observaciones: -


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID ZAVALA RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 17267



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

LIMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

ESTRUCTURA : A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
ESTRATO : (0.00 - 1.50 m)	FECHA : 7-oct.-20

MATERIAL : EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA ESTADO NATURAL	CALICATA : C-2
CALICATA : C-2	MUESTRA : M - 1
MUESTRA : M1	PROFUNDIDAD : (0.00 - 1.50 m)

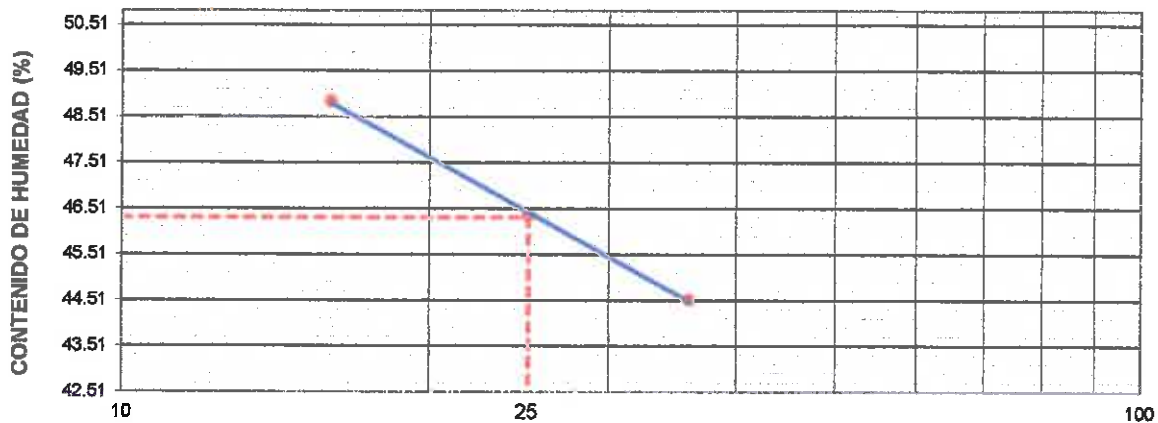
LIMITE LIQUIDO

Nº TARRO		6	7	8	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	58.28	60.33	59.96	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	46.52	47.62	46.85	
PESO DE AGUA	(g)	11.76	12.71	13.11	
PESO DEL TARRO	(g)	20.10	20.20	20.00	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	26.42	27.42	26.85	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	44.51	46.35	48.83	46.56
NUMERO DE GOLPES		36	25	16	25.67

LIMITE PLASTICO

Nº TARRO		9	10	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	20.15	19.46	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	19.52	18.95	
PESO DE AGUA	(g)	0.63	0.51	
PESO DEL TARRO	(g)	17.03	16.95	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.49	2.00	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	25.30	25.50	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	46.6
LIMITE PLASTICO	25.4
INDICE DE PLASTICIDAD	21.2

LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 7267

Observaciones:

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
 TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
 RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(MTC E - 115, ASTM D-1557, AASHTO - T-180)

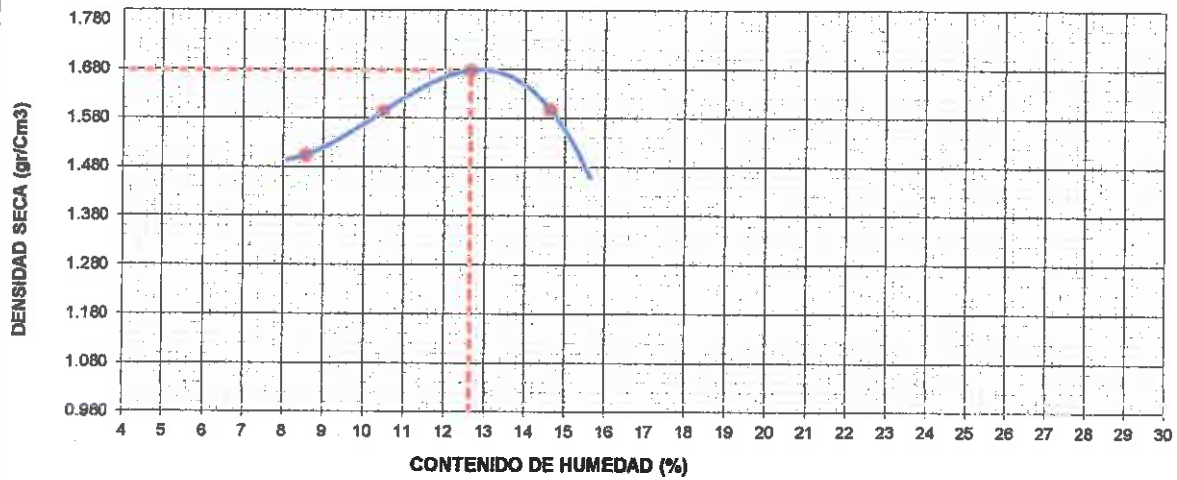
ESTRUCTURA : A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
ESTRATO : (0.00 - 1.50 m)	FECHA : 7-oct.-2020

MATERIAL : EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA ESTADO NATURAL	MUESTRA : M - 1
CALICATA : C-2	PROFUNDIDAD : (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA : M - 1	

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	5432	5552	5674	5620
Peso molde	gr	3893	3893	3893	3893
Peso suelo húmedo compactado	gr	1539	1659	1781	1727
Volumen del molde	cm ³	943	943	943	943
Peso volumétrico húmedo	gr	1.63	1.76	1.89	1.83
Recipiente N°					
Peso del suelo húmedo+tara	gr	759.8	717.9	788.3	802.3
Peso del suelo seco + tara	gr	700.0	650.0	700.0	700.0
Tara	gr				
Peso de agua	gr	59.8	67.9	88.3	102.3
Peso del suelo seco	gr	700.0	650.0	700.0	700.0
Contenido de agua	%	8.54	10.45	12.62	14.62
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.504	1.593	1.677	1.598
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.677
Humedad óptima (%)					12.62

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVIS CLAY RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 17267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
 TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
 RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

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

(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.R
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	7-oct-2020

MATERIAL :	EXTRAÍDO Y MUESTREADO DE CALICATA ESTADO NATURAL	MUESTRA :	M - 1
CALICATA :	C-2	PROFUND. (M.) :	(0.00 - 1.60 m)
MUESTRA :	M - 1		

COMPACTACIÓN

	1		2		3	
	56		25		12	
Molde N°						
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO		NO SATURADO		NO SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12481		12339		11452	
Peso de molde (g)	8474		8510		8041	
Peso del suelo húmedo (g)	4007		3829		3411	
Volumen del molde (cm³)	2110		2120		2108	
Densidad húmeda (g/cm³)	1.899		1.806		1.618	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	903.6		904.8		956.8	
Peso suelo seco + tara (g)	800.0		800.0		850.0	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	103.6		104.8		106.8	
Peso de suelo seco (g)	800.0		800.0		850.0	
Contenido de humedad (%)	12.95		13.10		12.57	
Densidad seca (g/cm³)	1.681		1.597		1.437	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
				07/10/2020	15:00			0.000		0.000	0.000
08/10/2020	15:00		280.000	7.112	312.000	7.925	340.000	8.636			
09/10/2020	15:00		302.000	7.671	336.000	8.534	380.000	9.652			
10/10/2020	15:00		395.000	10.033	421.000	10.693	496.000	12.598			
11/10/2020	15:00		412.000	10.465	452.000	11.481	512.000	13.005			
				10.465	9.10%		11.481	9.98%		13.005	11.31%

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		3	0.7			2	0.5			2	0.5		
1.270		8	1.9			5	1.2			3	0.7		
1.905		13	3.0			12	2.8			8	1.9		
2.540	70.455	17	3.9	3.9	6	15	3.5	3.5	5	11	2.6	2.6	4
3.810		20	4.6			17	3.9			15	3.5		
5.080	105.682	25	5.8	5.8	5	20	4.6	4.6	4	18	4.2	4.2	4
6.350		32	7.4			23	5.3			21	4.9		
7.620		35	8.1			28	6.5			26	6.0		
10.160													
12.700													

Observaciones:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

HENRY DAVID CLAY RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 7267

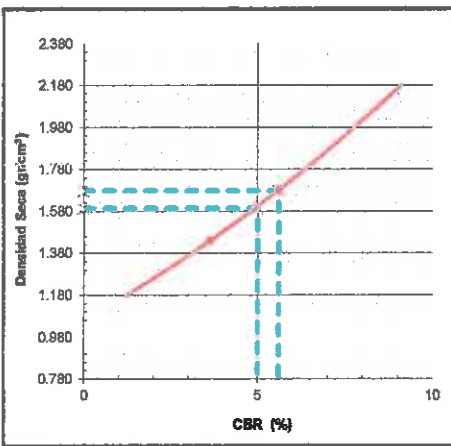


LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA	: A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR	: G.R.R
SOLICITANTE	: BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP.	: H.C.R
ESTRATO	: (0.00 - 1.50 m)	FECHA	: 7-oct-20
MATERIAL	: EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA ESTADO NATURAL	MUESTRA	: M - 1
PROG. (KM.)	: C-2	PROFUND. (M.)	: (0.00 - 1.50 m)
CALICATA	: M - 1		



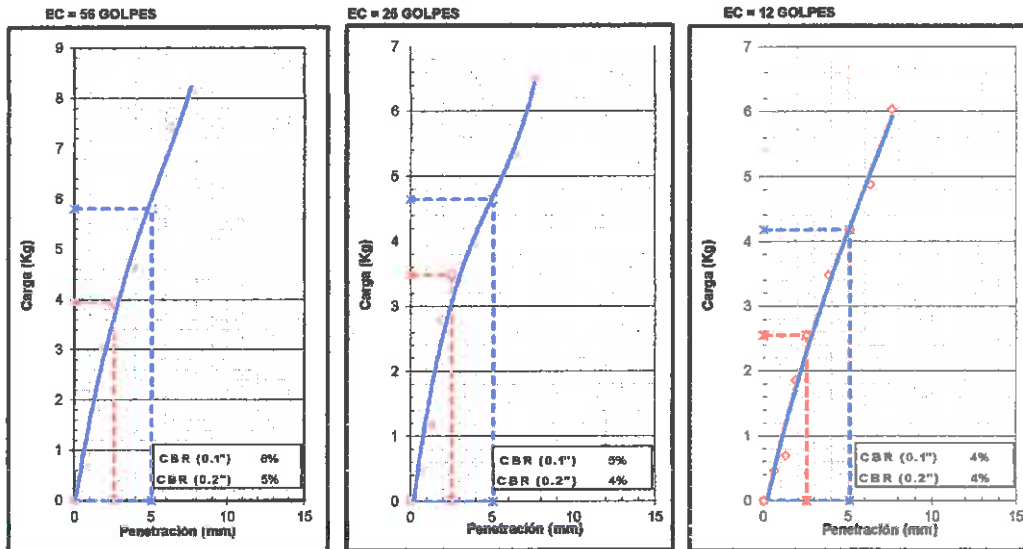
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.677
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.62
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.583

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	5.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	5.0

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 6 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 5 (%)
 Valor Expansión a 56 Golpes por capa: 10.13%

OBSERVACIONES:



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID ZAMORA RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CALICATA N° 03 SUELO NATURAL

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

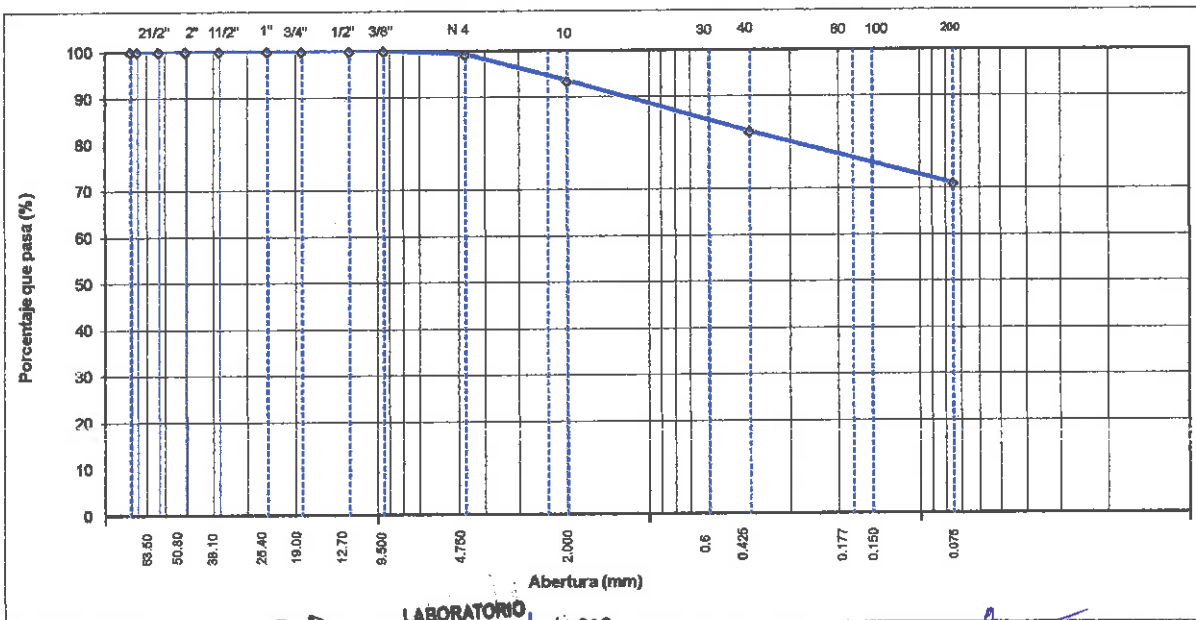
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.R
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	07/10/2020

MATERIAL :	EXTRAÍDO Y MUESTREADO DE CALICATA A ESTADO NATURAL	TAMAÑO MÁXIMO :	
CALICATA :	C-3	PESO INICIAL :	700.0 g
MUESTRA :	M - 1	FRACCION SECA :	700.0 g
		PROFUND. (M.) :	(0.00 - 1.50 m)

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Material >4: 0.8%
2"	50.800						% Peso Material <4 99.2%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL) : 50.8
1"	25.400						Límite Plástico (LP) : 27.6
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP) : 23.2
1/2"	12.700				100.0		Clasificación(SUCS) : CH
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0		Clasific.(AASHTO) : A-7-6 (14)
Nº 4	4.750	5.3	0.8	0.8	99.2		
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	41.0	5.8	6.6	93.4		Contenido de Humedad (%) : 24.52
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840						Índice de Consistencia :
Nº 30	0.600						Índice de Liquidez :
Nº 40	0.425	78.52	11.1	17.7	82.3		Descripción del (IC) :
Nº 50	0.300						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.150	60.10	8.5	26.2	73.8		OBSERVACIONES :
Nº 200	0.075	20.10	2.8	29.1	70.9		
< Nº 200	FONDO	500.28	70.9	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID CLOTCO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CPN N° 77257

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 - 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 - 939225167 - CHOTA - CAJAMARCA
RUC: 20805442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)

ESTRUCTURA	: A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR	: G.R.R
SOLICITANTE	: BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP.	: H.C.R
ESTRATO	: (0.00 - 1.50 m)	FECHA	: 7-oct.-20


MATERIAL	: EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA A ESTADO NATURAL	CALICATA	: C-3
CALICATA	: C-3	MUESTRA	: M - 1
MUESTRA	: M1	PROF. (M.)	: (0.00 - 1.50 m)

MUESTRA	1			
SUELO HUMEDO + CAPSULA	871.6			
PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.)	700.0			
PESO DE CAPSULA (gr.)	0.0			
PESO DEL AGUA	171.6			
PESO DE SUELO SECO	700.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	24.52			

PROMEDIO % DE HUMEDAD : 24.5

Observaciones:


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremías Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Castro Rimarachin
HENRY DAVÍD CASTRO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 7267



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

LIMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.R
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	7-oct-20

MATERIAL :	EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA A ESTADO NATURAL	CALICATA :	C-3
CALICATA :	C-3	MUESTRA :	M - 1
MUESTRA :	M1	PROFUNDIDAD :	(0.00 - 1.50 m)

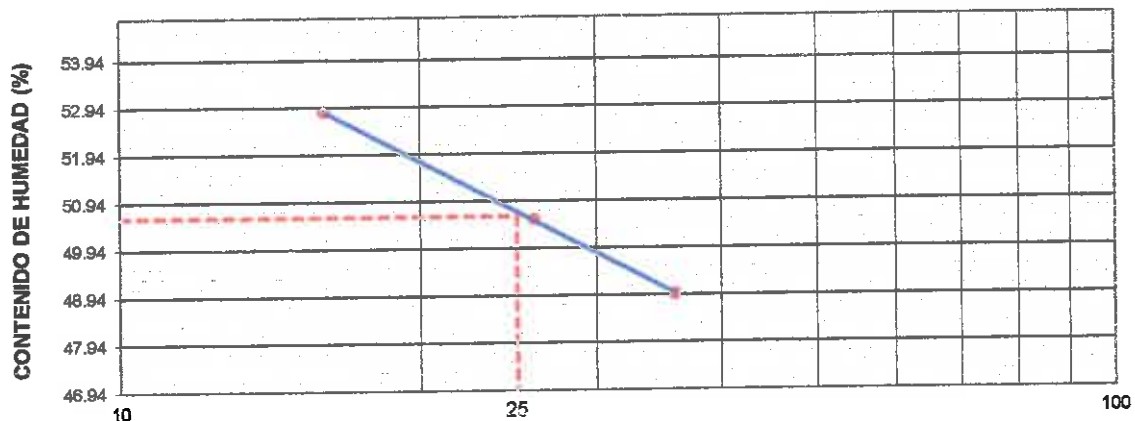
LIMITE LIQUIDO

Nº TARRO		11	12	13	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	58.06	56.86	61.90	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.62	44.52	47.52	
PESO DE AGUA	(g)	12.44	12.34	14.38	
PESO DEL TARRO	(g)	20.20	20.10	20.30	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	25.42	24.42	27.22	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	48.94	50.53	52.83	50.77
NUMERO DE GOLPES		36	26	16	26.00

LIMITE PLASTICO

Nº TARRO		14	15	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	18.98	20.20	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	18.52	19.62	
PESO DE AGUA	(g)	0.46	0.58	
PESO DEL TARRO	(g)	16.85	17.52	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.67	2.10	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	27.54	27.62	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	50.8
LIMITE PLASTICO	27.6
INDICE DE PLASTICIDAD	23.2

Observaciones:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Henry David
 HENRY DAVID
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 177267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA Nº 792 – 1ER. PISO.
 TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
 RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(MTC E - 115, ASTM D-1557, AASHTO - T-180)

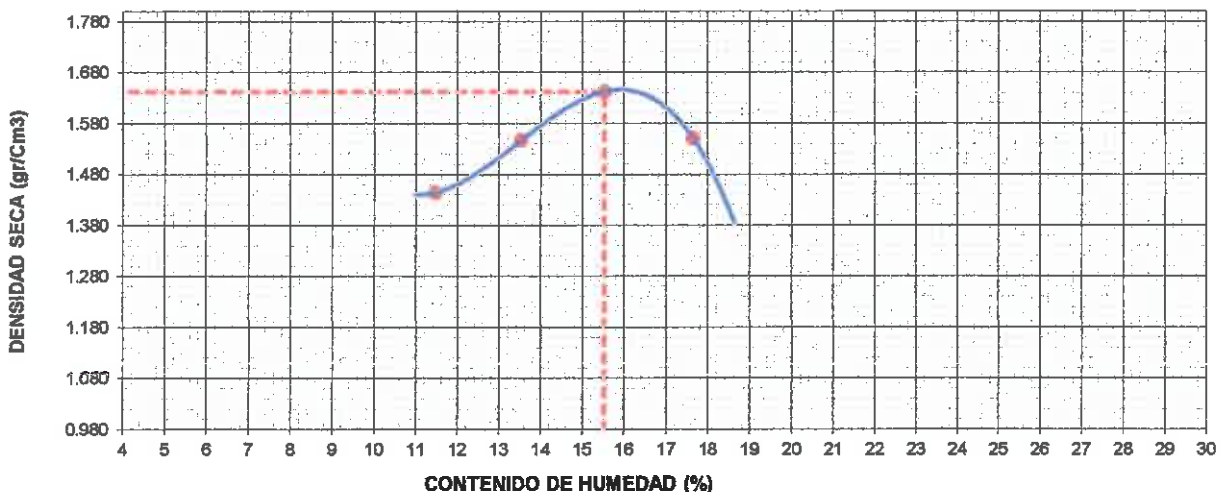
ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.R
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	7-oct.-2020

MATERIAL :	EXTRAIDO Y MUESTREADO DE CALICATA A ESTADO NATURAL	MUESTRA :	M - 1
CALICATA :	C-3	PROFUNDIDAD :	(0.00 - 1.50 m)
MUESTRA :	M - 1		

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	5410	5548	5681	5612		
Peso molde	gr	3893	3893	3893	3893		
Peso suelo húmedo compactado	gr	1517	1655	1788	1719		
Volumen del molde	cm ³	943	943	943	943		
Peso volumétrico húmedo	gr	1.61	1.76	1.90	1.82		
Recipiente N°							
Peso del suelo húmedo+tara	gr	780.2	851.4	924.2	999.9		
Peso del suelo seco + tara	gr	700.0	750.0	800.0	850.0		
Tara	gr						
Peso de agua	gr	80.2	101.4	124.2	149.9		
Peso del suelo seco	gr	700.0	750.0	800.0	850.0		
Contenido de agua	%	11.45	13.52	15.52	17.63		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.443	1.546	1.641	1.550		
						Densidad máxima (gr/cm ³)	1.641
						Humedad óptima (%)	15.52

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD




Observaciones:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Kimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Ceard Kimarachin
INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 17267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
 TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
 RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

	LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS
	TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR	G.R.R
SOLICITANTE	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP.	H.C.R
ESTRATO	(0.00 - 1.50 m)	FECHA	7-oct-2020
MATERIAL	EXTRAÍDO Y MUESTREADO DE CALICATA A ESTADO NATURAL	MUESTRA	M - 1
CALICATA	C-3	PROFUND. (M.)	(0.00 - 1.50 m)
MUESTRA	M - 1		

COMPACTACION

	1	2	3
Molde N°	5	5	5
Capas N°	56	25	12
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12525	12385	11502
Peso de molde (g)	8474	8510	8041
Peso del suelo húmedo (g)	4051	3875	3461
Volumen del molde (cm³)	2110	2120	2108
Densidad húmeda (g/cm³)	1.920	1.828	1.642
Tara (N°)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	930.0	932.0	990.0
Peso suelo seco + tara (g)	800.0	800.0	850.0
Peso de tara (g)			
Peso de agua (g)	130.0	132.0	140.0
Peso de suelo seco (g)	800.0	800.0	850.0
Contenido de humedad (%)	16.25	16.50	16.47
Densidad seca (g/cm³)	1.652	1.569	1.410

EXPANSION


FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
07/10/2020	16:00		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
08/10/2020	16:00		230.000	5.842	252.000	6.401	285.000	7.239	354.000	8.992	396.000	10.058	10.744	9.34%
09/10/2020	16:00		296.000	7.518	312.000	7.925	354.000	8.992	396.000	10.058	423.000	10.744	10.744	9.34%
10/10/2020	16:00		320.000	8.128	362.000	9.195	396.000	10.058	423.000	10.744	423.000	10.744	10.744	9.34%
11/10/2020	16:00		375.000	9.525	398.000	10.109	398.000	10.109	10.109	8.79%	423.000	10.744	10.744	9.34%
				9.525	8.28%			10.109	8.79%			10.744	10.744	9.34%

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N°				MOLDE N°				CARGA		MOLDE N°	
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	DIAL (div)	kg	DIAL (div)	kg		
0.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.635		6	1.4	4	0.9	3	0.7	3	0.7	3	0.7	3	0.7
1.270		8	1.9	5	1.2	5	1.2	5	1.2	5	1.2	5	1.2
1.905		13	3.0	10	2.3	7	1.6	7	1.6	7	1.6	7	1.6
2.540	70.455	17	3.9	14	3.2	3.2	5	8	1.9	1.9	3	3	3
3.810		20	4.6	17	3.9	11	2.6	11	2.6	11	2.6	11	2.6
5.080	105.682	25	5.8	20	4.6	4.6	4	13	3.0	3.0	3	3	3
6.350		32	7.4	23	5.3	17	3.9	17	3.9	17	3.9	17	3.9
7.620		35	8.1	28	6.5	25	5.8	25	5.8	25	5.8	25	5.8
10.160													
12.700													

Observaciones:


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77367



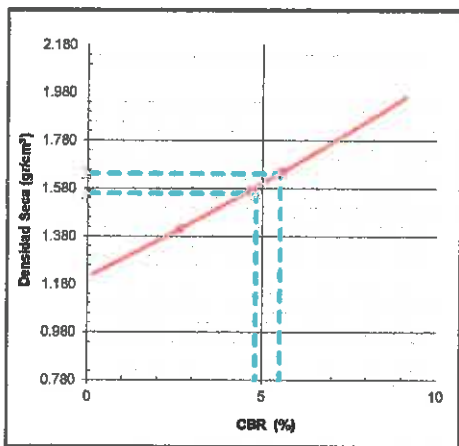
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1983)

ESTRUCTURA	: A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR	: G.R.R
SOLICITANTE	: BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP.	: H.C.R
ESTRATO	: (0.00 - 1.50 m)	FECHA	: 7-oct-20

MATERIAL	: EXTRAÍDO Y MUESTREADO DE CALICATA A ESTADO NATURAL	MUESTRA	: M-1
CALICATA	: C-3	PROFUND. (M.)	: (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA	: M-1		



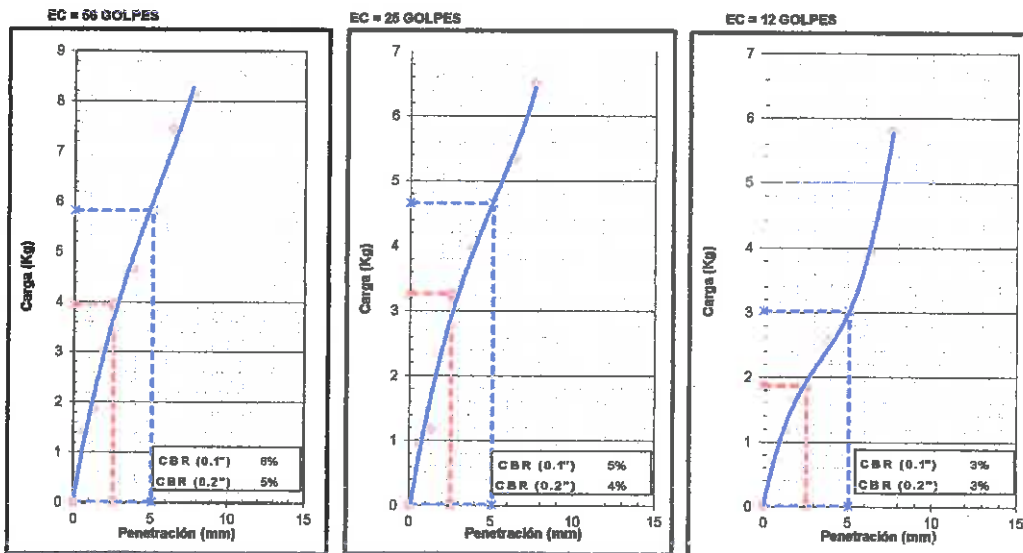
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.641
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.52
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.559

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	5.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.4"	4.8

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 5.5 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.8 (%)
 Valor Expansión a 56 Golpes por capa: 8.81%

OBSERVACIONES:



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
[Signature]
 Gerencias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
[Signature]
 HENRY DAVID ELA RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYOS DE LABORATORIO DE LA SUB RASANTE CON ADICION DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA Nº 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYOS CON 5% DE ADICIÓN DE (PET) TMN 3/8"

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(MTC E - 115, ASTM D-1557, AASHTO - T-180)

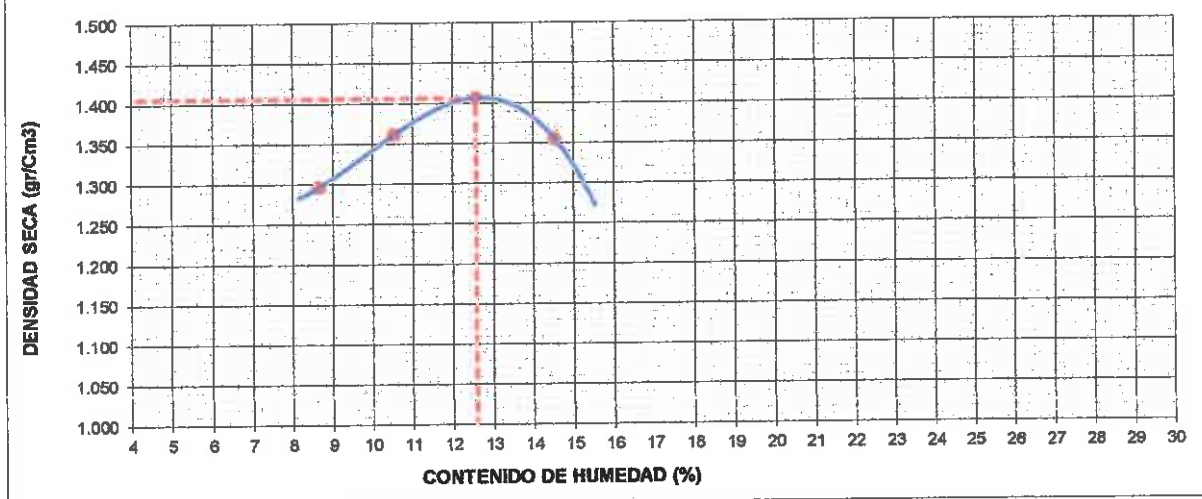
ESTRUCTURA : A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
ESTRATO : (0.00 - 1.50 m)	FECHA : 12-oct.-2020

MATERIAL : CON ADICION DEL 5% DE PET DE TMN 3/8"	MUESTRA : M - 1
CALICATA : C-1	PROFUNDIDAD : (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA : M - 1	
TMN (PET) : 3/8"	

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	5220	5311	5385	5356	
Peso molde	gr	3893	3893	3893	3893	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1327	1418	1492	1463	
Volumen del molde	cm ³	943	943	943	943	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.41	1.50	1.58	1.55	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	651.8	773.6	600.0	916.2	
Peso del suelo seco + tara	gr	600.0	700.0	533.0	800.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	51.8	73.6	67.0	116.2	
Peso del suelo seco	gr	600.0	700.0	533.0	800.0	
Contenido de agua	%	8.63	10.52	12.57	14.52	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.295	1.361	1.406	1.355	
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.406
Humedad óptima (%)						12.57

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David
 HENRY DAVID OLIVERA RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.O. N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
 TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
 RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR	: G.R.H
SOLICITANTE	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP.	: H.G.R
ESTRATO	(0.00 - 1.50 m)	FECHA	: 12-oct-2020

MATERIAL	CON ADICION DEL 5% DE PET DE TMN 3/8"	MUESTRA	: M - 1
CALICATA	C-1	PROFUND. (M.)	: (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA	M - 1		
TMN (PET)	: 3/8"		

COMPACTACION

	1	2	3
Molde N°	5	5	5
Capas N°	56	25	12
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12110	11688	10924
Peso de molde (g)	8746	8472	8041
Peso del suelo húmedo (g)	3364	3216	2883
Volumen del molde (cm³)	2111	2123	2108
Densidad húmeda (g/cm³)	1.594	1.515	1.368
Tara (N°)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	900.2	901.2	847.5
Peso suelo seco + tara (g)	800.0	800.0	750.0
Peso de tara (g)			
Peso de agua (g)	100.2	101.2	97.5
Peso de suelo seco (g)	800.0	800.0	750.0
Contenido de humedad (%)	12.52	12.65	13.00
Densidad seca (g/cm³)	1.416	1.345	1.210

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
				12/10/2020	16:00			0.000		0.000	0.000
13/10/2020	16:00		352.000	8.941	410.000	10.414	442.000	11.227	442.000	11.227	
14/10/2020	16:00		565.000	14.351	585.000	14.859	620.000	15.748	620.000	15.748	
15/10/2020	16:00		617.000	15.672	695.000	17.653	752.000	19.101	752.000	19.101	
16/10/2020	16:00		655.000	16.637	702.000	17.831	765.000	19.431	765.000	19.431	
				16.637	14.47%		17.831	15.51%		19.431	16.90%

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		7	1.6			4	0.9			1	0.2		
1.270		9	2.1			7	1.6			2	0.5		
1.905		12	2.8			9	2.1			4	0.9		
2.540	70.455	15	3.5	3.5	5	12	2.8	2.8	4	6	1.4	1.4	2
3.810		17	3.9			15	3.5			8	1.9		
5.080	105.682	19	4.4	4.4	4	17	3.9	3.9	4	11	2.6	2.6	2
6.350		21	4.9			19	4.4			13	3.0		
7.620		25	5.8			21	4.9			16	3.7		
10.160		29	6.7			26	6.0			19	4.4		
12.700		31	7.2			28	6.5			22	5.1		

Observaciones:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77267



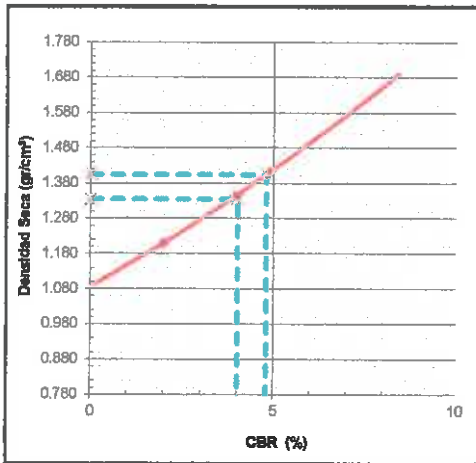
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA : A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
ESTRATO : (0.00 - 1.50 m)	FECHA : 12-oct-20

MATERIAL : CON ADICION DEL 5% DE PET DE TMN 3/8"	MUESTRA : M - 1
CALICATA : C-1	PROFUND. (M.) : (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA : M - 1	
TMN (PET) : 3/8"	



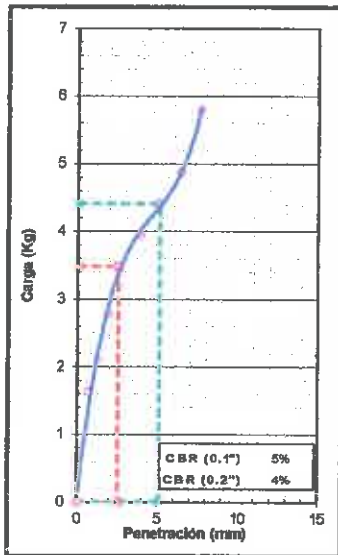
METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.406
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 12.57
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.335

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	4.8
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	4.0

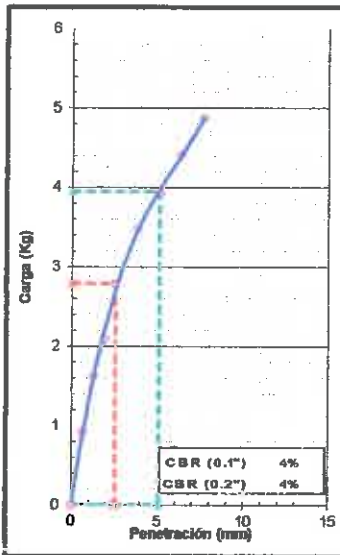
RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 4.8 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.0 (%)
 Valor Expansión a 56 Golpes por capa: 15.62%

OBSERVACIONES:

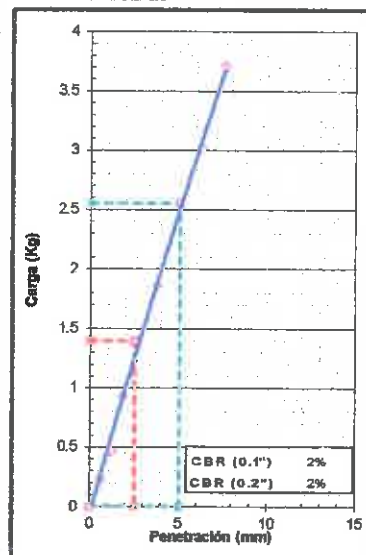
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID CLAVIER RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 77267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYOS CON 5% DE ADICIÓN DE (PET) TMN 4.75mm

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(MTC E - 115, ASTM D-1557, AASHTO - T-180)

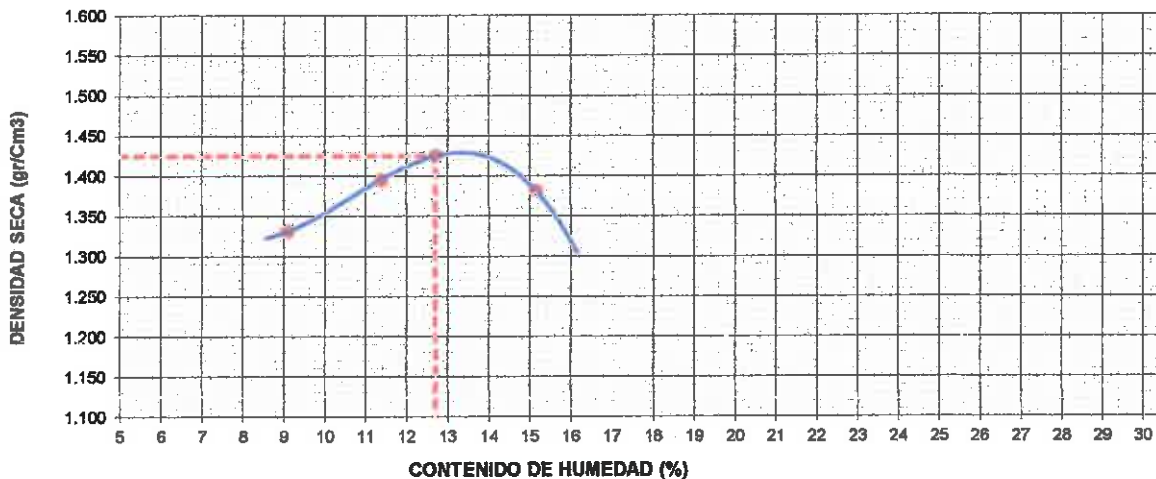
ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.R
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	12-oct.-2020

MATERIAL :	CON ADICION DEL 5% DE PET DE TMN 4.75mm	MUESTRA :	M - 1
CALICATA :	C-1	PROFUNDIDAD :	(0.00 - 1.50 m)
MUESTRA :	M - 1		
TMN (PET) :	4.75 mm		

METODO DE COMPACTACION : A


Peso suelo + molde	gr	5255	5351	5400	5386		
Peso molde	gr	3893	3893	3893	3893		
Peso suelo húmedo compactado	gr	1362	1458	1507	1493		
Volumen del molde	cm ³	943	943	943	943		
Peso volumétrico húmedo	gr	1.44	1.55	1.60	1.58		
Recipiente N°							
Peso del suelo húmedo+tara	gr	846.8	776.0	897.6	917.2		
Peso del suelo seco + tara	gr	780.0	700.0	800.0	800.0		
Tara	gr						
Peso de agua	gr	66.8	76.0	97.6	117.2		
Peso del suelo seco	gr	780.0	700.0	800.0	800.0		
Contenido de agua	%	8.56	10.86	12.20	14.65		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.330	1.395	1.424	1.381		
						Densidad máxima (gr/cm ³)	1.424
						Humedad óptima (%)	12.20

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



Observaciones:


Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


HENRY DAVID TORRES RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.P. N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
 TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
 RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR	: G.R.R
SOLICITANTE	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP.	: H.C.R
ESTRATO	(0.00 - 1.80 m)	FECHA	: 12-oct-2020

MATERIAL	CON ADICION DEL 5% DE PET DE TMN 4.76mm	MUESTRA	: M - 1
CALICATA	C-1	PROFUND. (M.)	: (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA	M - 1		
TMN (PET)	: 4.75 mm		

COMPACTACION

Molde N°	1	2	3
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12157	11707	10933
Peso de molde (g)	8746	8472	8041
Peso del suelo húmedo (g)	3411	3235	2892
Volumen del molde (cm ³)	2111	2123	2108
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.616	1.524	1.372
Tara (N°)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	900.5	847.7	605.0
Peso suelo seco + tara (g)	800.0	750.0	535.0
Peso de tara (g)			
Peso de agua (g)	100.5	97.7	70.0
Peso de suelo seco (g)	800.0	750.0	535.0
Contenido de humedad (%)	12.56	13.03	13.08
Densidad seca (g/cm ³)	1.435	1.348	1.213

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/10/2020	09:00		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	
13/10/2020	09:00		310.000	7.874		342.000	8.687		385.000	9.779	
14/10/2020	09:00		402.000	10.211		420.000	10.668		435.000	11.049	
15/10/2020	09:00		452.000	11.481		475.000	12.065		496.000	12.598	
16/10/2020	09:00		496.000	12.598		502.000	12.751		510.000	12.954	
				12.598	10.96%		12.751	11.09%		12.954	11.26%

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		8	1.9			6	1.4			2	0.5		
1.270		11	2.6			9	2.1			4	0.9		
1.905		14	3.2			11	2.6			6	1.4		
2.540	70.455	17	3.9	3.9	6	14	3.2	3.2	5	9	2.1	2.1	3
3.810		20	4.6			18	4.2			11	2.6		
5.080	105.682	22	5.1	5.1	5	20	4.6	4.6	4	13	3.0	3.0	3
6.350		25	5.8			23	5.3			16	3.7		
7.620		27	6.3			26	6.0			18	4.2		
10.160		31	7.2			29	6.7			22	5.1		
12.700		35	8.1			32	7.4			26	6.0		

Observaciones:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID GARCIA RIMARACHIN
Reg. CIP N° 17267

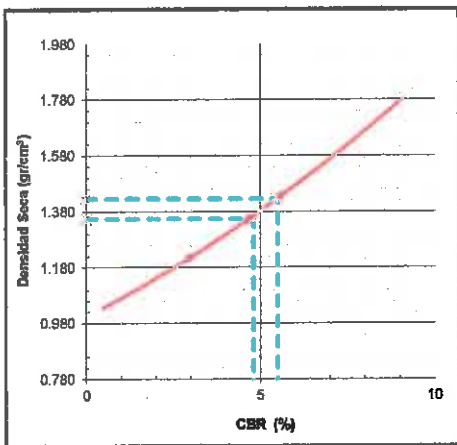


LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA : A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
ESTRATO : (0.00 - 1.50 m)	FECHA : 12-oct-20
MATERIAL : CON ADICION DEL 5% DE PET DE TMN 4.75mm	MUESTRA : M-1
GALICATA : C-1	PROFUND. (M.) : (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA : M-1	
TMN (PET) : 4.75 mm	

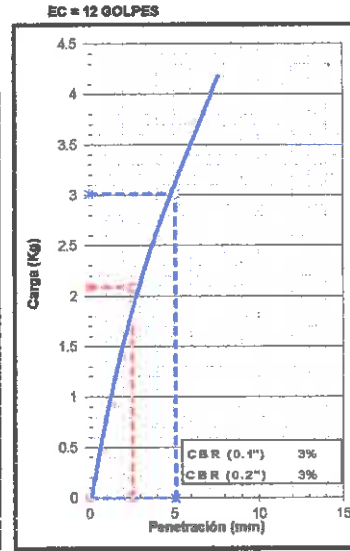
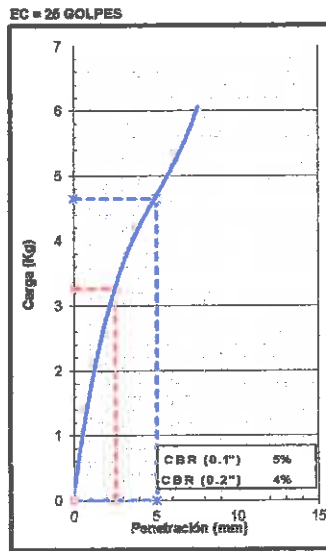
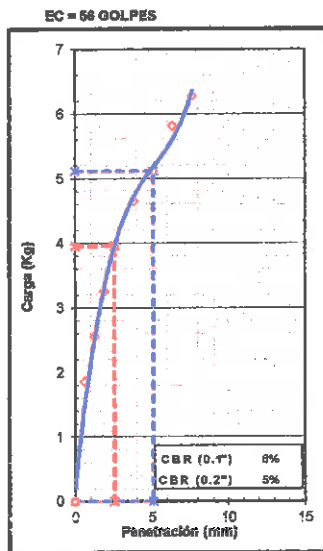


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.424
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.20
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.353

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	5.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	4.8

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 5.5 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.8 (%)
 Valor Expansión a 56 Golpes por capa: 11.10%

OBSERVACIONES:



Observaciones:

GSE LABORATORIO
 INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

GSE LABORATORIO
 INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



“GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION”
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYOS CON 5% DE ADICIÓN DE (PET)

TMN 2.00 mm

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.R
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	12-oct-2020

MATERIAL :	CON ADICION DEL 5% DE PET DE TMN 2.00mm	MUESTRA :	M - 1
CALICATA :	C-1	PROFUND. (M.) :	(0.00 - 1.50 m)
MUESTRA :	M - 1		

COMPACTACION			
Molde Nº	1	2	3
Capas Nº	5	5	5
Golpes por capa Nº	56	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12202	11773	11224
Peso de molde (g)	8746	8472	8041
Peso del suelo húmedo (g)	3456	3301	3183
Volumen del molde (cm ³)	2111	2123	2108
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.637	1.555	1.510
Tara (Nº)			1010.0
Peso suelo húmedo + tara (g)	784.1	897.6	900.0
Peso suelo seco + tara (g)	700.0	800.0	900.0
Peso de tara (g)			110.0
Peso de agua (g)	84.1	97.6	90.0
Peso de suelo seco (g)	700.0	800.0	900.0
Contenido de humedad (%)	12.02	12.20	12.22
Densidad seca (g/cm ³)	1.461	1.386	1.346

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/10/2020	09:00		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	
13/10/2020	09:00		252.000	6.401		296.000	7.518		310.000	7.874	
14/10/2020	09:00		335.000	8.509		385.000	9.779		430.000	10.922	
15/10/2020	09:00		396.000	10.058		420.000	10.668		490.000	12.446	
16/10/2020	09:00		410.000	10.414		485.000	12.319		490.000	12.446	
				10.414	9.06%		12.319	10.71%		12.446	10.82%

PENETRACION												
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº				MOLDE Nº				MOLDE Nº		
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0	
0.635		9	2.1			5	1.2			3	0.7	
1.270		12	2.8			8	1.9			6	1.4	
1.905		17	3.9			14	3.2			10	2.3	
2.540	70.455	22	5.1	5.1	7	17	3.9	3.9	6	14	3.2	3.2
3.810		26	6.0			20	4.6			18	4.2	
5.080	105.682	29	6.7	6.7	6	23	5.3	5.3	5	20	4.6	4.6
6.350		31	7.2			25	5.8			23	5.3	
7.620		33	7.7			28	6.5			26	6.0	
10.160		36	8.4			31	7.2			28	6.5	
12.700		41	9.5			35	8.1			33	7.7	

Observaciones:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
HENRY DAVID RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 17267

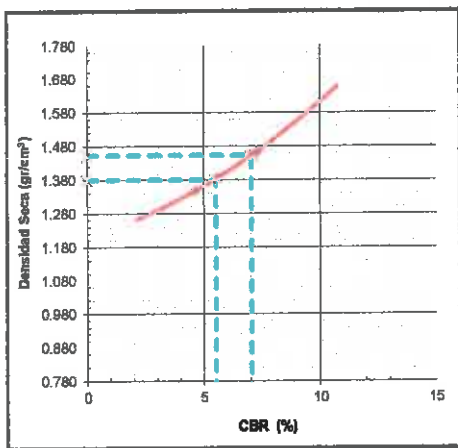


LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA	: A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR	: G.R.R
SOLICITANTE	: BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP.	: H.C.R
ESTRATO	: (0.00 - 1.50 m)	FECHA	: 12-oct-20
MATERIAL	: CON ADICION DEL 5% DE PET DE TMN 2.00mm	MUESTRA	: M - 1
CALICATA	: C-1	PROFUND. (M.)	: (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA	: M - 1		
TMN (PET)	: 2.00 mm		

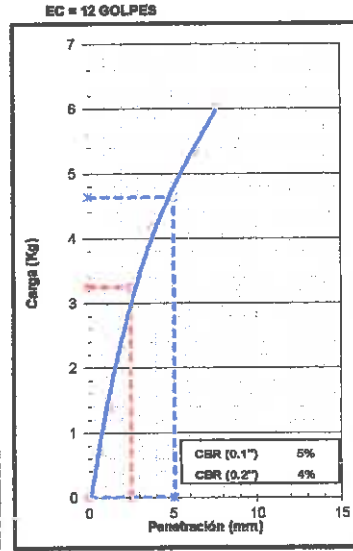
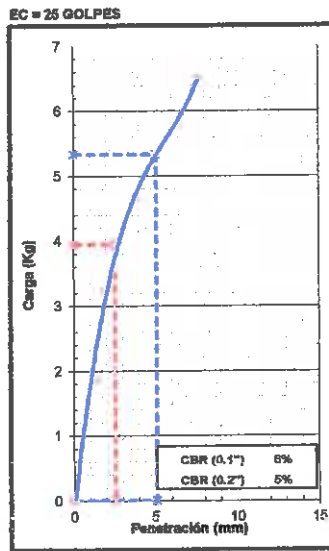
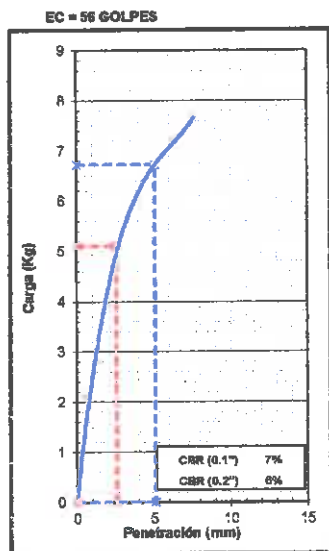


METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.452
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 11.89
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.379

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	7.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	5.5

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 7.0 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 5.5 (%)
 Valor Expansión a 56 Golpes por capa: 10.20%

OBSERVACIONES:



Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

GSE LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 HENRY DAVID RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



**“GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION”
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

ENSAYOS CON 10% DE ADICIÓN DE (PET) TMN 2.00 mm

**DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA Nº 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com**



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(MTC E - 115, ASTM D-1557, AASHTO - T-180)

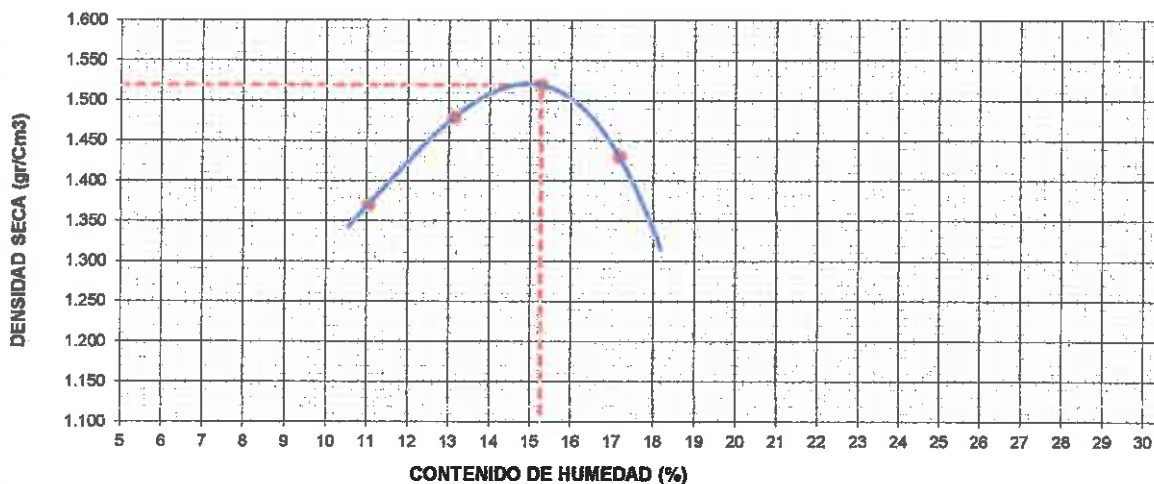
ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.R
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	21-oct-2020

MATERIAL :	CON ADICION DEL 10% DE PET DE TMN 2.00 mm	MUESTRA :	M - 1
CALICATA :	C-1	PROFUNDIDAD :	(0.00 - 1.50 m)
MUESTRA :	M - 1		
TMN (PET) :	2.00 mm		

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	5320	5463	5536	5465	
Peso molde	gr	3893	3893	3893	3893	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1427	1570	1643	1572	
Volumen del molde	cm ³	943	943	943	943	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.51	1.66	1.74	1.67	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	773.6	901.0	700.0	1050.0	
Peso del suelo seco + tara	gr	700.0	800.0	610.0	900.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	73.6	101.0	90.0	150.0	
Peso del suelo seco	gr	700.0	800.0	610.0	900.0	
Contenido de agua	%	10.52	12.63	14.75	16.67	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.369	1.478	1.518	1.429	
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.518
Humedad óptima (%)						14.75

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID CLAUDIO KIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.P. N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
 TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
 RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR	G.R.R
SOLICITANTE	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP.	H.C.R
ESTRATO	(0.00 - 1.50 m)	FECHA	24-oct-2020

MATERIAL	CON ADICION DEL 10% DE PET DE TMN 2.00 mm	MUESTRA	M - 1
CALICATA	C-1	PROFUND. (M.)	(0.00 - 1.50 m)
MUESTRA	M - 1		
TMN (PET)	2.00 mm		

COMPACTACIÓN

	1	2	3
Molde Nº	5	5	5
Capas Nº	56	25	12
Golpes por capa Nº	56	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12485	12102	11242
Peso de molde (g)	8746	8472	8041
Peso del suelo húmedo (g)	3739	3630	3201
Volumen del molde (cm ³)	2111	2123	2108
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.771	1.710	1.519
Tara (Nº)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	800.0	800.0	800.0
Peso suelo seco + tara (g)	690.0	692.0	694.0
Peso de tara (g)			
Peso de agua (g)	110.0	108.0	106.0
Peso de suelo seco (g)	690.0	692.0	694.0
Contenido de humedad (%)	15.94	15.61	15.27
Densidad seca (g/cm ³)	1.528	1.479	1.317

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
21/10/2020	11:30		0.000	0.000			0.000	0.000			0.000	0.000		
22/10/2020	11:30		296.000	7.518			320.000	8.128			365.000	9.271		
23/10/2020	11:30		385.000	9.779			400.000	10.160			452.000	11.481		
24/10/2020	11:30		398.000	10.109			410.000	10.414			485.000	12.319		
25/10/2020	11:30		420.000	10.668			435.000	11.049			510.000	12.954		
				10.668	9.28%			11.049	9.61%			12.954	11.26%	

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº				MOLDE Nº				MOLDE Nº			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		17	3.9			17	3.9			13	3.0		
1.270		20	4.6			19	4.4			14	3.2		
1.905		25	5.8			22	5.1			16	3.7		
2.540	70.435	28	6.5	6.5	9	25	5.8	5.8	8	18	4.2	4.2	6
3.810		30	7.0			28	6.5			20	4.6		
5.080	105.682	33	7.7	7.7	7	32	7.4	7.4	7	22	5.1	5.1	5
6.350		37	8.6			35	8.1			24	5.6		
7.620		41	9.5			38	8.8			26	6.0		
10.160		45	10.4			41	9.5			28	6.5		
12.700		50	11.6			45	10.4			32	7.4		

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

GSE LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 17267



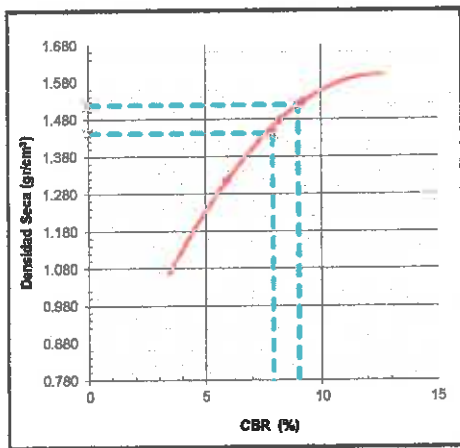
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA : A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
ESTRATO (0.00 - 1.50 m)	FECHA : 21-oct-20

MATERIAL : CON ADICION DEL 10% DE PET DE TMN 2.00 mm	MUESTRA : M - 1
CALICATA : C-1	PROFUND. (M.) : (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA : M - 1	
TMN (PET) : 2.00 mm	

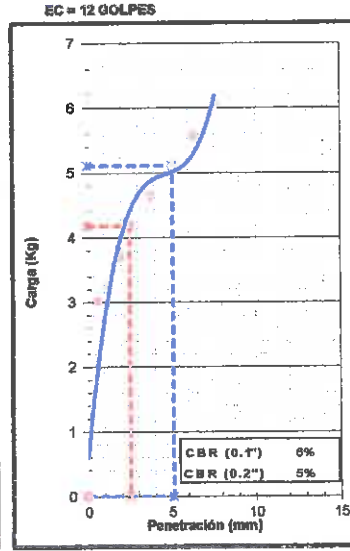
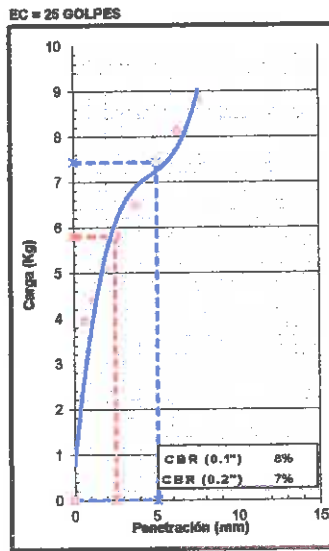
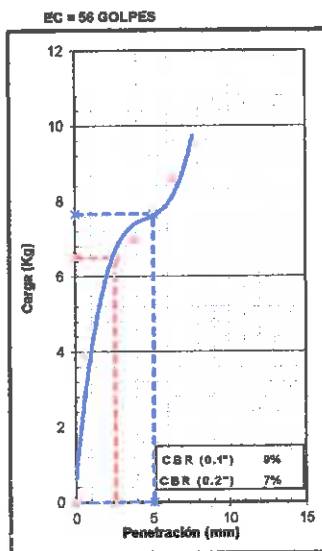


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.518
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.75
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.442

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	9.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.2"	7.9

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = **9.0 (%)**
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **7.9 (%)**
 Valor Expansión a 56 Golpes por capa: **10.05%**

OBSERVACIONES:



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin
Geremias Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
Henry David...
HENRY DAVID...
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 7267



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYOS CON 15% DE ADICIÓN DE (PET) TMN 2.00 mm

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

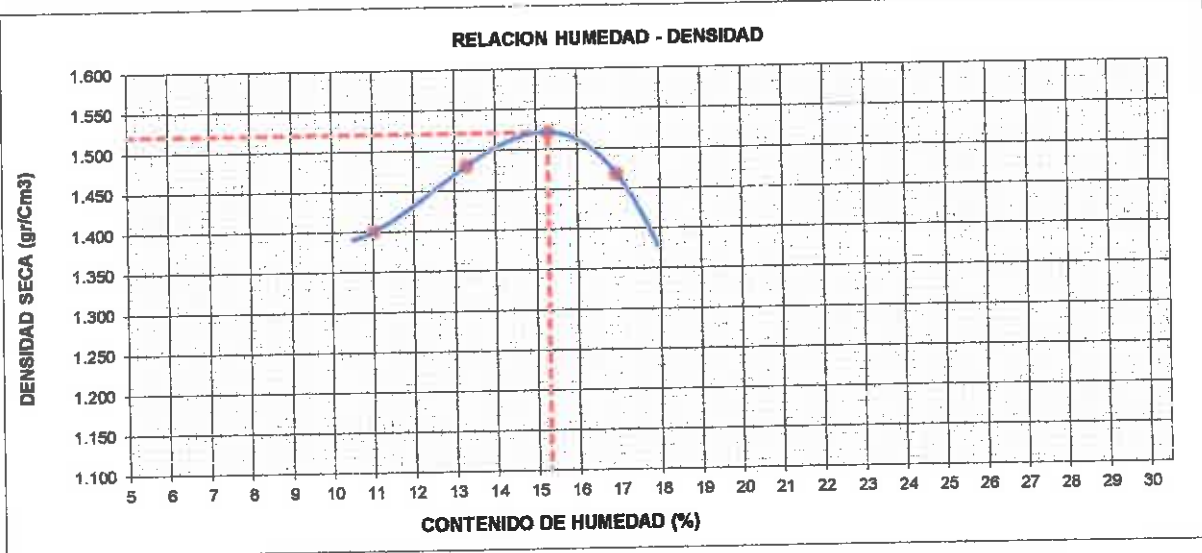
(MTC E - 115, ASTM D-1557, AASHTO - T-180)

ESTRUCTURA : A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
ESTRATO : (0.00 - 1.50 m)	FECHA : 21-oct.-2020

MATERIAL : CON ADICION DEL 15% DE PET DE TMN 2.00mm	MUESTRA : M - 1
CALICATA : C-1	PROFUNDIDAD : (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA : M - 1	
TMN (PET) : 2.00 mm	

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	5352	5467	5539	5505		
Peso molde	gr	3893	3893	3893	3893		
Peso suelo húmedo compactado	gr	1459	1574	1646	1612		
Volumen del molde	cm ³	943	943	943	943		
Peso volumétrico húmedo	gr	1.55	1.67	1.75	1.71		
Recipiente N°							
Peso del suelo húmedo+tara	gr	800.0	750.0	800.0	852.4		
Peso del suelo seco + tara	gr	724.0	665.0	697.0	732.0		
Tara	gr						
Peso de agua	gr	76.0	85.0	103.0	120.4		
Peso del suelo seco	gr	724.0	665.0	697.0	732.0		
Contenido de agua	%	10.50	12.78	14.78	16.44		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.400	1.480	1.521	1.488		
						Densidad máxima (gr/cm ³)	1.521
						Humedad óptima (%)	14.78



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Zaldívar Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
 TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
 RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.R
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	21-oct-2020

MATERIAL :	CON ADICION DEL 15% DE PET DE TMN 2.00mm	MUESTRA :	M - 1
CALICATA :	C-1	PROFUND. (M.) :	(0.00 - 1.50 m)
MUESTRA :	M - 1		
TMN (PET) :	2.00 mm		

COMPACTACION

	1	2	3
Molde Nº	5	5	5
Capas Nº	56	25	12
Golpes por capa Nº	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Condición de la muestra			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11556	11425	11020
Peso de molde (g)	7851	7884	7815
Peso del suelo húmedo (g)	3705	3541	3205
Volumen del molde (cm ³)	2117	2104	2124
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.750	1.683	1.509
Tara (Nº)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	800.0	800.0	800.0
Peso suelo seco + tara (g)	699.0	690.0	693.0
Peso de tara (g)			
Peso de agua (g)	101.0	110.0	107.0
Peso de suelo seco (g)	699.0	690.0	693.0
Contenido de humedad (%)	14.45	15.94	15.44
Densidad seca (g/cm ³)	1.529	1.452	1.307

EXPANSION

115											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/10/2020	09:00		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	
13/10/2020	09:00		210.000	5.334		245.000	6.223		296.000	7.518	
14/10/2020	09:00		302.000	7.671		360.000	9.144		388.000	9.855	
15/10/2020	09:00		352.000	8.941		398.000	10.109		420.000	10.668	
16/10/2020	09:00		396.000	10.058		410.000	10.414		465.000	11.811	
				10.058	8.75%		10.414	9.06%		11.811	10.27%

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº				MOLDE Nº				MOLDE Nº			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		14	3.2			12	2.8			9	2.1		
1.270		20	4.6			20	4.6			14	3.2		
1.905		24	5.6			23	5.3			15	3.5		
2.540	70.455	29	6.7	6.7	10	26	6.0	6.0	9	21	4.9	4.9	7
3.810		32	7.4			31	7.2			24	5.6		
5.080	105.682	36	8.4	8.4	8	33	7.7	7.7	7	26	6.0	6.0	6
6.350		38	8.8			36	8.4			28	6.5		
7.620		42	9.7			40	9.3			30	7.0		
10.160		46	10.7			44	10.2			34	7.9		
12.700		50	11.6			47	10.9			40	9.3		

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

GSE LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVILA DAVILA RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



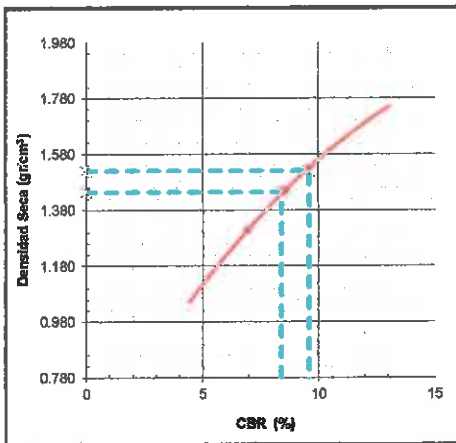
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA : A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
ESTRATO : (0.00 - 1.50 m)	FECHA : 21-oct-20

MATERIAL : CON ADICION DEL 15% DE PET DE TMN 2.00mm	MUESTRA : M-1
CALICATA : C-1	PROPUND. (M.) : (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA : M-1	
TMN (PET) : 2.00 mm	



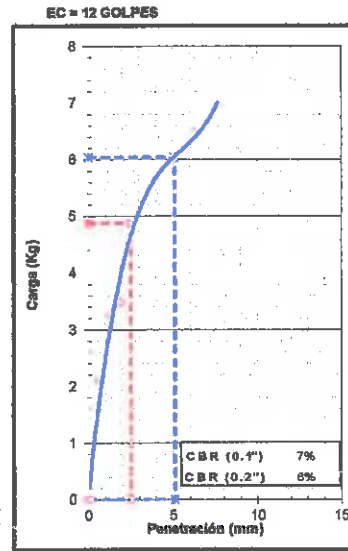
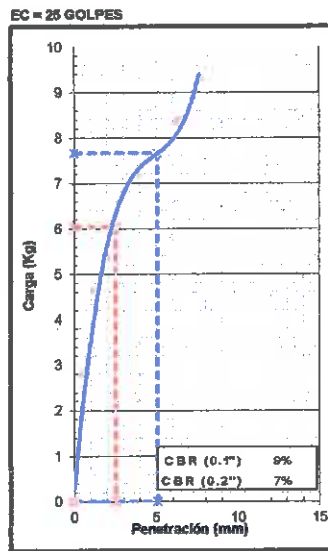
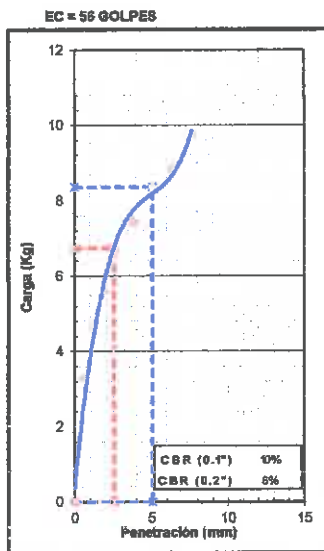
METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.521
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 14.78
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.445

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	9.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	8.4

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	9.6 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	8.4 (%)
Valor Expansión a 56 Golpes por capa:		9.36%

OBSERVACIONES:



Observaciones:

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry Darwin Geremias Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 77267

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA Nº 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



“GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION”
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYOS CON 25% DE ADICIÓN DE (PET) TMN 2.00 mm

DIRECCIÓN: Jr. CAJAMARCA N° 792 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(MTC E - 115, ASTM D-1557, AASHTO - T-180)

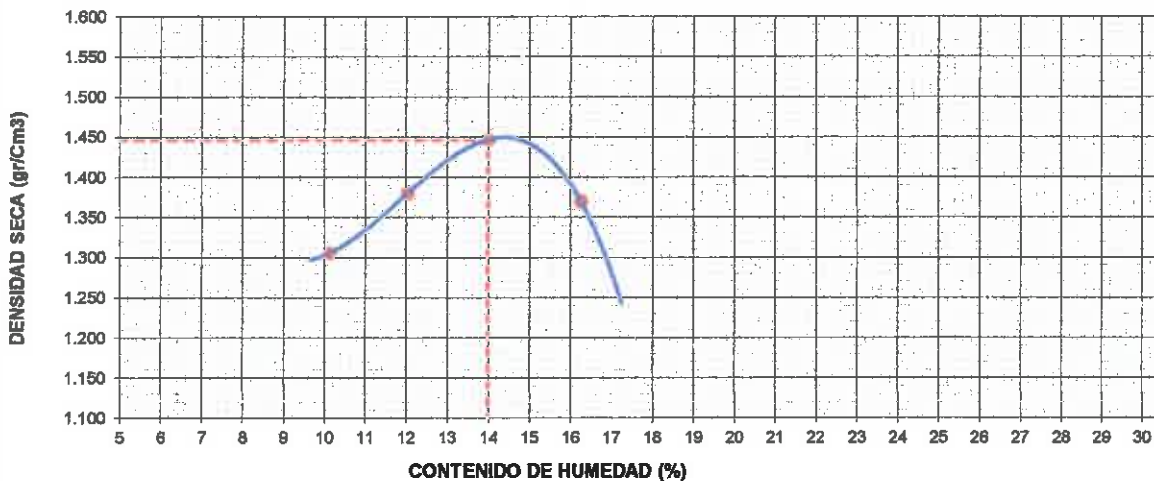
ESTRUCTURA :	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR :	G.R.R
SOLICITANTE :	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. :	H.C.R
ESTRATO :	(0.00 - 1.50 m)	FECHA :	27-oct-2020

MATERIAL :	CON ADICION DEL 25% DE PET DE TMN 2.00mm	MUESTRA :	M - 1
CALICATA :	C-1	PROFUNDIDAD :	(0.00 - 1.50 m)
MUESTRA :	M-1		
TMN (PET) :	2.00mm		

METODO DE COMPACTACION : C


Peso suelo + molde	gr	9412	9642	9861	9742		
Peso molde	gr	6359	6359	6359	6359		
Peso suelo húmedo compactado	gr	3053	3283	3502	3383		
Volumen del molde	cm ³	2134	2134	2134	2134		
Peso volumétrico húmedo	gr	1.43	1.54	1.64	1.59		
Recipiente N°							
Peso del suelo húmedo+tara	gr	931.8	892.2	800.0	1041.7		
Peso del suelo seco + tara	gr	850.0	800.0	705.0	900.0		
Tara	gr						
Peso de agua	gr	81.8	92.2	95.0	141.7		
Peso del suelo seco	gr	850.0	800.0	705.0	900.0		
Contenido de agua	%	9.62	11.52	13.48	15.74		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.305	1.380	1.446	1.370		
						Densidad máxima (gr/cm ³)	1.446
						Humedad óptima (%)	13.48

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



Observaciones:


GEREMIAS RIMARACHIN KIMARACHIN
 GERENTE GENERAL


HENRY DAVID ZÚÑIGA RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

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

(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA	A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR	: G.R.R
SOLICITANTE	BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP.	: H.C.R
ESTRATO	(0.00 - 1.50 m)	FECHA	: 27-oct-2020

MATERIAL	CON ADICION DEL 20% DE PET DE TMN 2.00mm	MUESTRA	: M - 1
CALICATA	C-1	PROFUND. (M.)	: (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA	M-1		
TMN (PET)	: 2.00mm		

COMPACTACION

	1	2	3
Molde N°	5	5	5
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11415	11168	10799
Peso de molde (g)	7903	7884	7815
Peso del suelo húmedo (g)	3512	3284	2984
Volumen del molde (cm ³)	2143	2104	2124
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.639	1.561	1.405
Tara (N°)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	905.6	964.9	1078.4
Peso suelo seco + tara (g)	800.0	850.0	950.0
Peso de tara (g)			
Peso de agua (g)	105.6	114.9	128.4
Peso de suelo seco (g)	800.0	850.0	950.0
Contenido de humedad (%)	13.20	13.52	13.52
Densidad seca (g/cm ³)	1.448	1.375	1.238

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/10/2020	09:00		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	
13/10/2020	09:00		448.000	11.379		458.000	11.633		475.000	12.065	
14/10/2020	09:00		452.000	11.481		465.000	11.811		496.000	12.598	
15/10/2020	09:00		455.000	11.557		472.000	11.989		502.000	12.751	
16/10/2020	09:00		490.000	12.446		502.000	12.751		525.000	13.335	
				12.446	10.82%		12.751	11.09%		13.335	11.60%

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION				
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		13	3.0			10	2.3			3	0.7		
1.270		18	4.2			11	2.6			4	0.9		
1.905		22	5.1			15	3.5			6	1.4		
2.540	70.455	26	6.0	6.0	9	21	4.9	4.9	7	6	1.4	1.4	2
3.810		27	6.3			24	5.6			8	1.9		
5.080	105.682	33	7.7	7.7	7	29	6.7	6.7	6	10	2.3	2.3	2
6.350		37	8.6			33	7.7			11	2.6		
7.620		42	9.7			36	8.4			12	2.8		
10.160		45	10.4			38	8.8			13	3.0		
12.700		51	11.8			41	9.5			14	3.2		

Observaciones:

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin
Geremias Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Claver
HENRY DAVID CLAVER
 INGENIERO
 Reg. CIP N° 7267



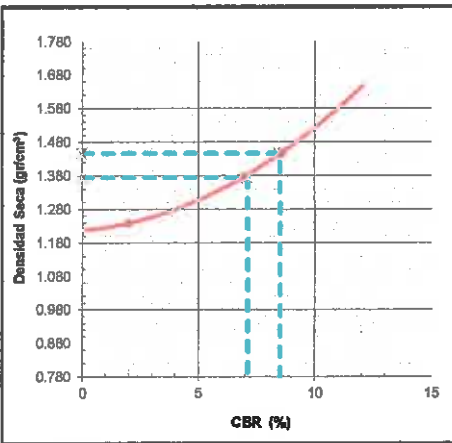
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA"

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

ESTRUCTURA : A NIVEL DE SUB RASANTE	HECHO POR : G.R.R
SOLICITANTE : BACHILLER NILSER FUSTAMANTE VÁSQUEZ	ING. RESP. : H.C.R
ESTRATO (0.00 - 1.50 m)	FECHA : 27-oct-20

MATERIAL : CON ADICION DEL 25% DE PET DE TMN 2.00mm	MUESTRA : M-1
CALICATA : C-1	PROFUND. (M.) : (0.00 - 1.50 m)
MUESTRA : M-1	
TMN (PET) : 2.00mm	

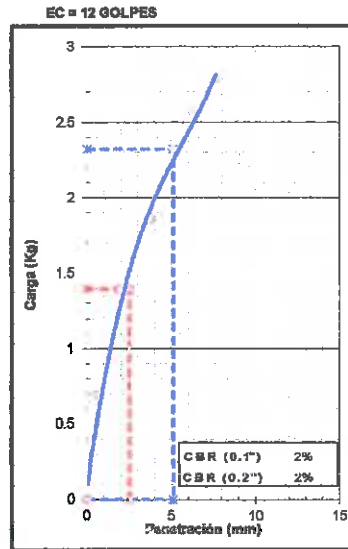
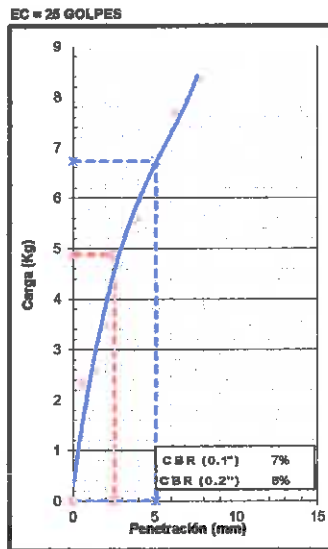
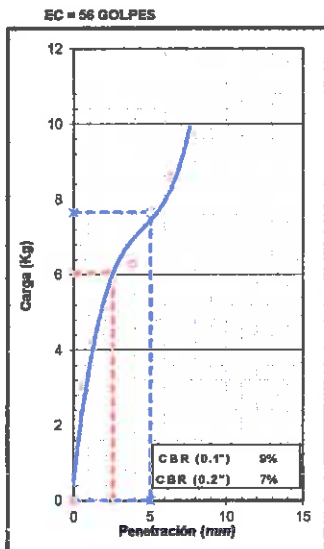


METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.446
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 13.48
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.374

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	8.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	7.1

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = **8.5 (%)**
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **7.1 (%)**
 Valor Expansión a 56 Golpes por capa: **11.17%**

OBSERVACIONES:



Observaciones:

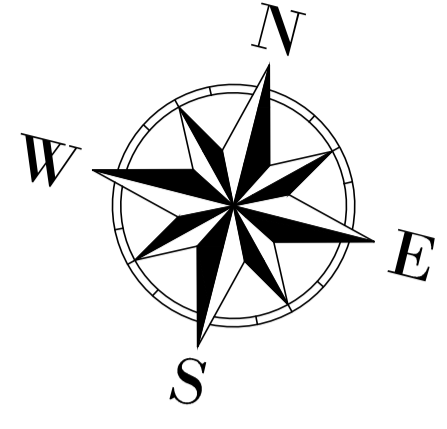
LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin
Geremias Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David
HENRY DAVID
 INGE. MECÁNICO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267

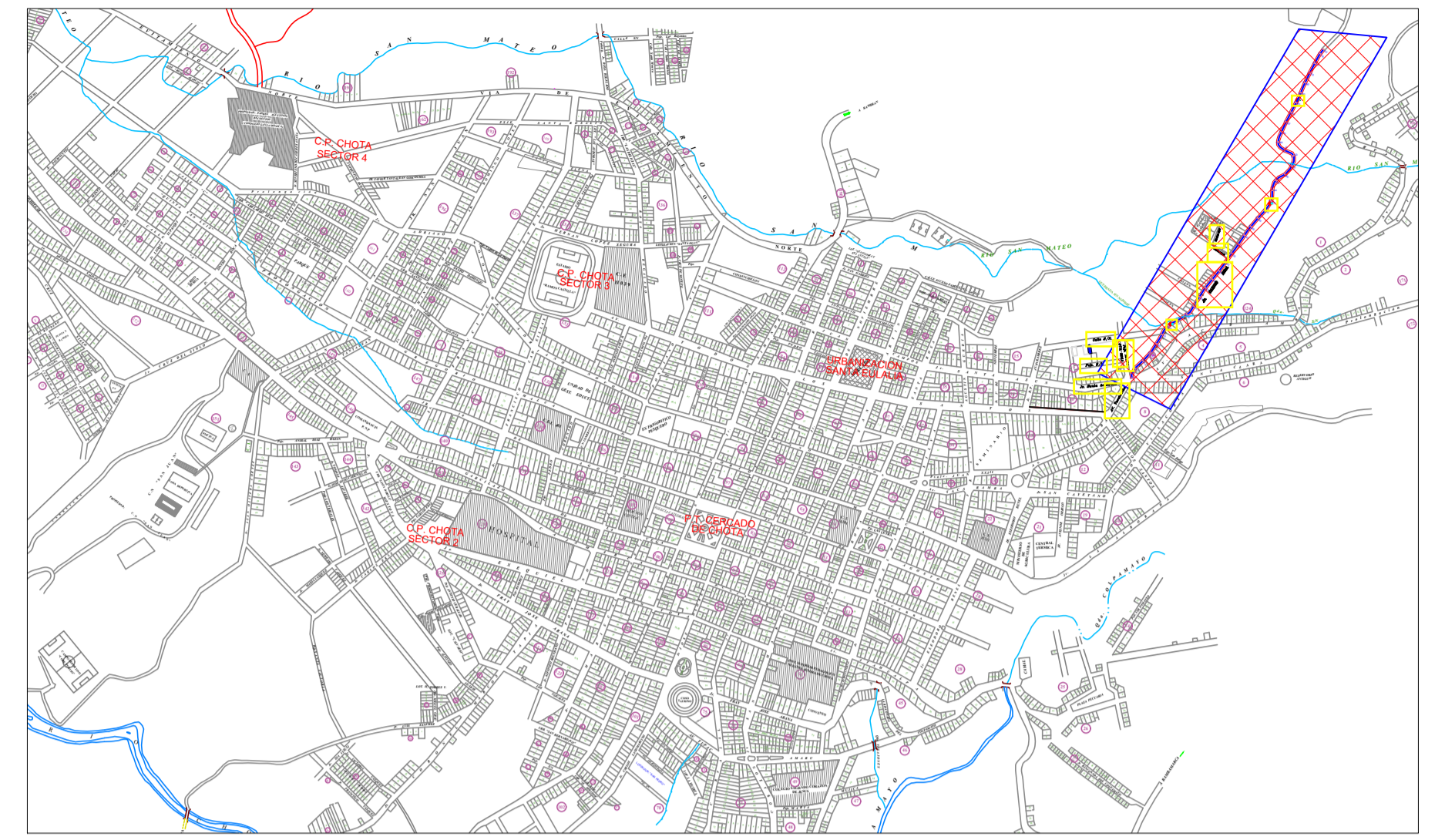
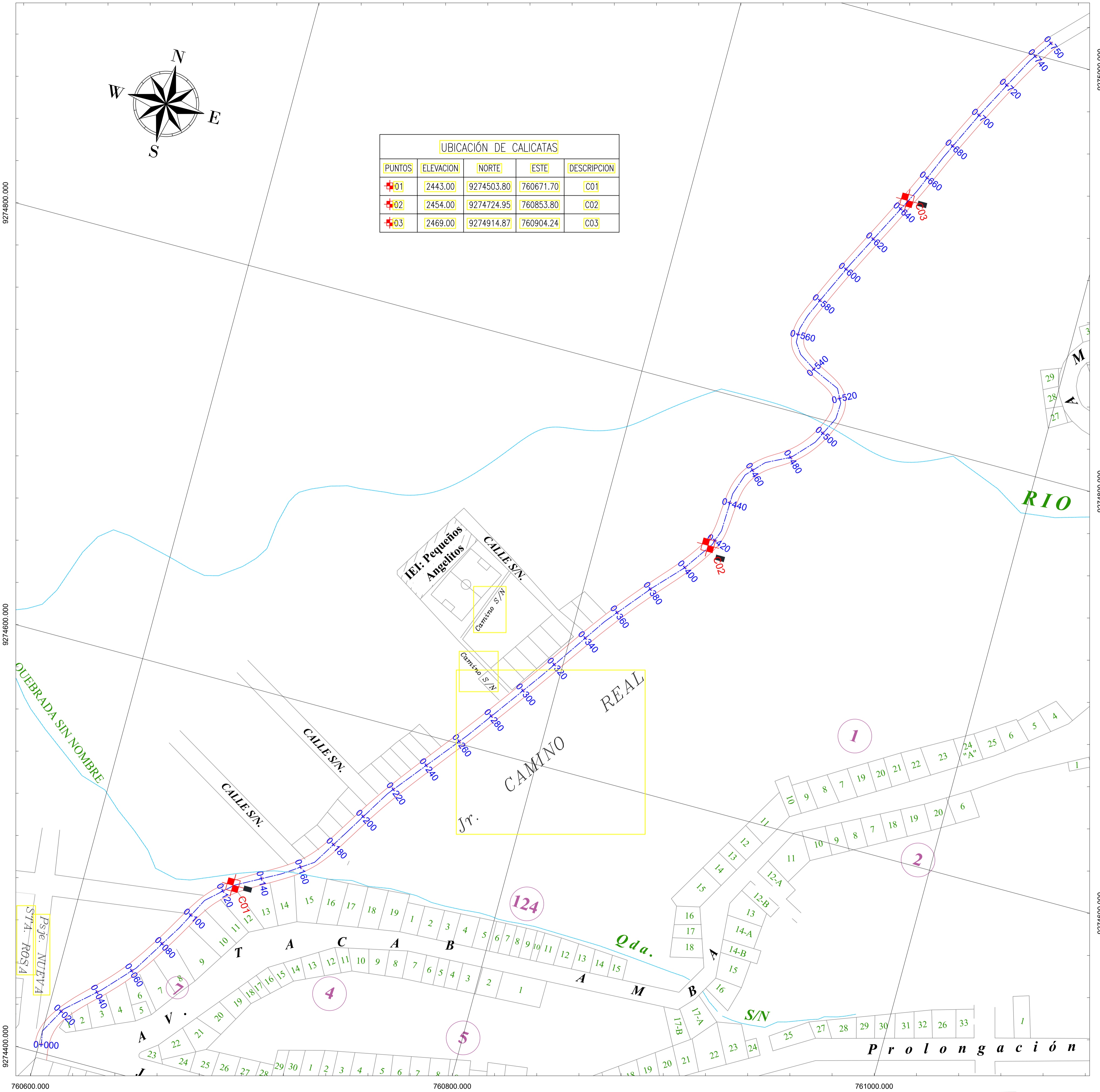
Anexo N° 5. Planos

760600.000

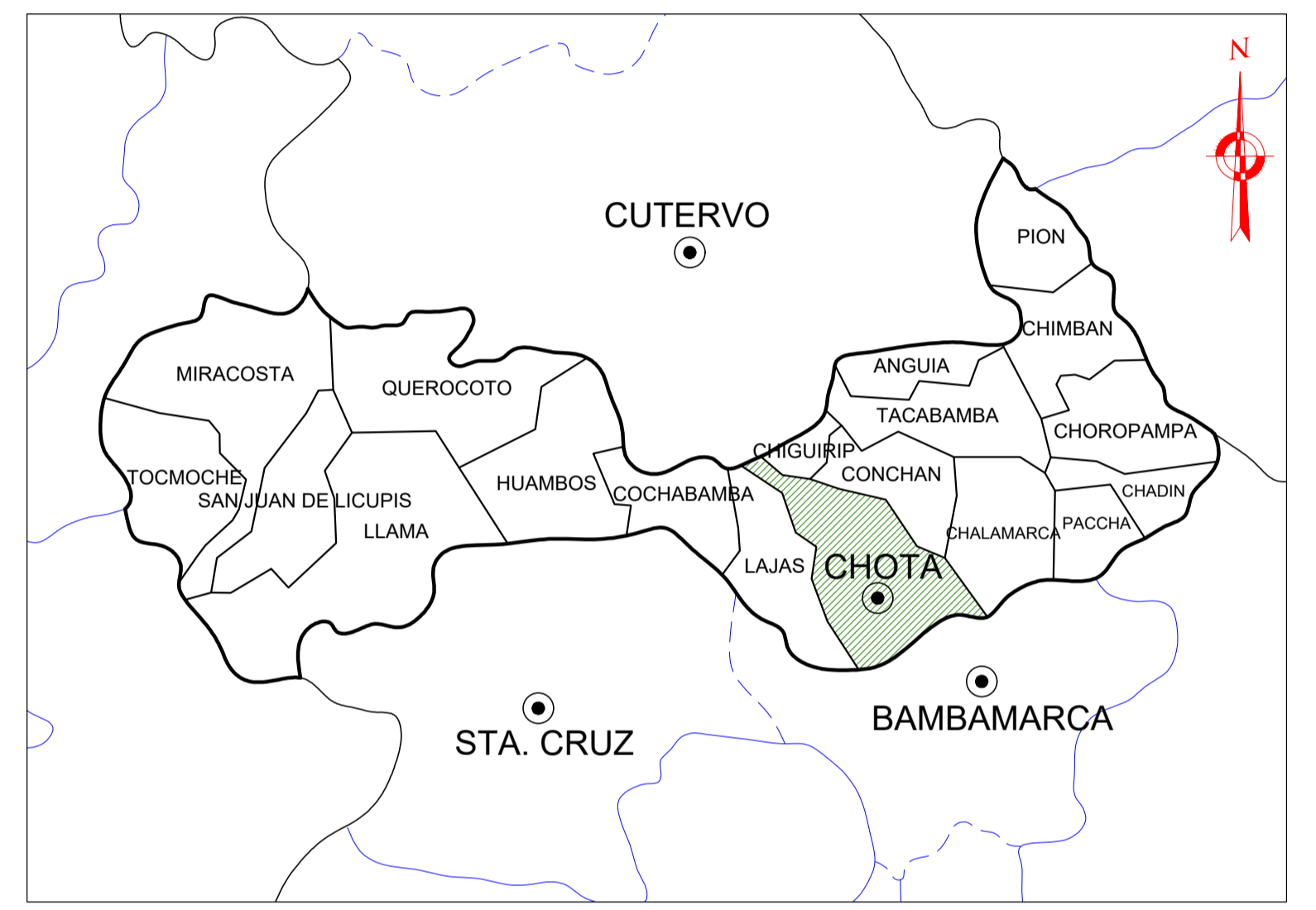
760800.000



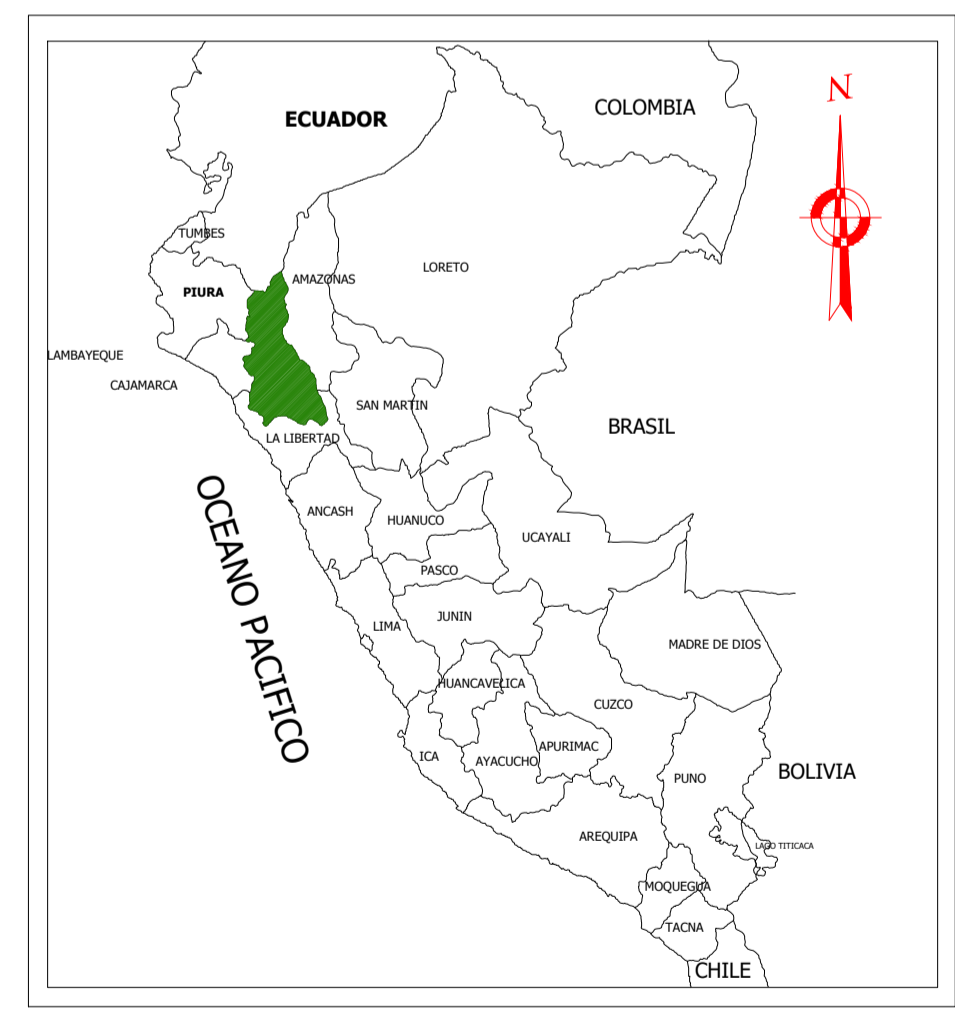
UBICACIÓN DE CALICATAS				
PUNTOS	ELEVACION	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
01	2443.00	9274503.80	760671.70	C01
02	2454.00	9274724.95	760853.80	C02
03	2469.00	9274914.87	760904.24	C03



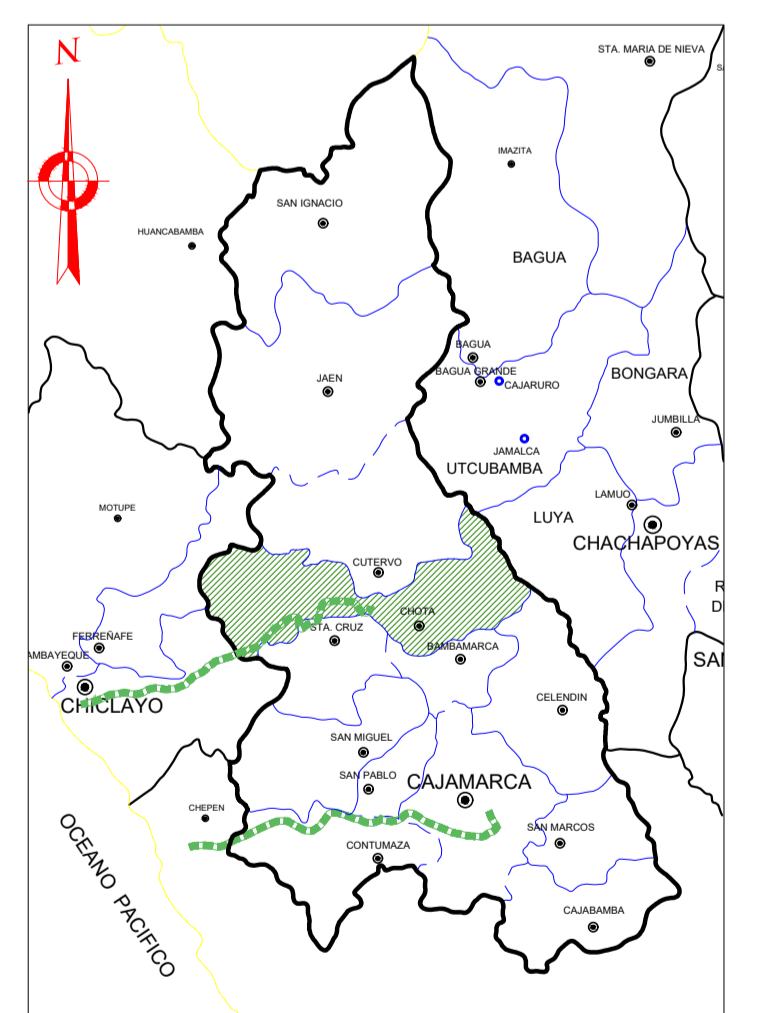
LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO



PROVINCIA DE CHOTA



MAPA POLITICO DEL PERÚ



MAPA POLITICO REGION CAJAMARCA

UBICACION DEL PROYECTO
ESC.: 1/1000

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

TESES EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+750, CHOTA.

TESISTA: Bach. Nilser Fustamante Vásquez

PLANO: 1	PLANO DE UBICACIÓN			LAMINA: 1
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	PROVINCIA: CAJAMARCA	DISTRITO: CHOTA	CALLE: CAMINO REAL	PU-1
ASESOR: Ing. Claudia Emilia Benavidez Núñez	ESCALA: INDICADA	FECHA: FEBRERO 2021		



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

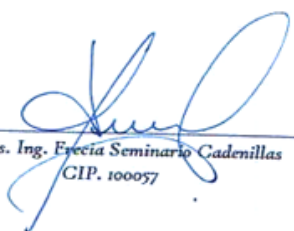


ACTA DE CONFORMIDAD

Chota, 20 de Septiembre del 2021.

Mediante la presente la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería da conformidad que el bachiller: **NILSER FUSTAMANTE VASQUEZ**, ha presentado la tesis denominada: **“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS (PET) EN LA SUB RASANTE DE LA CALLE CAMINO REAL, PROGRESIVA KM 0+000 -KM 0+750, CHOTA”**, para la verificación de su contenido en el programa antiplagio Turnitin de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, indicando que la misma tiene un 83 % de originalidad, estando dentro de los límites permitidos, por tanto dando la autorización para que se continúe el proceso de sustentación final.

Sin otro particular.


M. Cs. Ing. Ezequiel Seminario Cadenillas
CIP. 100057

Jefe de la Unidad de Investigación FCI -UNACH