



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DEL PLÁSTICO PET  
RECICLADO EN LA SUBRASANTE DE VÍAS NO  
PAVIMENTADAS EN UN DISTRITO DEL NORTE DEL  
PAÍS, PIURA – 2022”**

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERA CIVIL**

**Autora:**

Gabrieli Nazarena Aldana Reyes

**Asesor:**

Mba. Jose Luis Neyra Torres

<https://orcid.org/0000-0002-6470-2998>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>EDMUNDO VERAU MIRANDA</b>	<b>10557797</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>ERICK HUMBERTO RABANAL CHAVEZ</b>	<b>42009981</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>NEICER CAMPOS VASQUEZ</b>	<b>42584435</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### Document Information

Analyzed document	UPN_CIVIL_2022_T_GABRIELI ALDANA_VF.pdf (D158381112)
Submitted	2023-02-10 22:39:00
Submitted by	JOSE LUIS NEYRA TORRES
Submitter email	jose.neyra@upn.edu.pe
Similarity	14%
Analysis address	jose.neyra.delnor@analysis.ukund.com

### Sources included in the report

SA	Universidad Privada del Norte / Tesis_VictorMontoro_RevAVD201022.docx Document Tesis_VictorMontoro_RevAVD201022.docx (D146991673) Submitted by: ruben.vasquez@upn.pe Receiver: ruben.vasquez.delnor@analysis.ukund.com	4
SA	Universidad Privada del Norte / TESIS 100%.pdf Document TESIS 100%.pdf (D134859436) Submitted by: german.sagastegui@upn.edu.pe Receiver: german.sagastegui.delnor@analysis.ukund.com	5
SA	22.12.2022.INFORME FINAL_TESIS_GUEVARA & MORA_SUBSANADO.pdf Document 22.12.2022.INFORME FINAL_TESIS_GUEVARA & MORA_SUBSANADO.pdf (D154388578)	1
W	URL: <a href="http://repositorio.udch.edu.pe/bitstream/UDCH/944/1/TESIS%20MARTIN%20JHAIR%20GUZMAN%20MONTENEGRO.pdf">http://repositorio.udch.edu.pe/bitstream/UDCH/944/1/TESIS%20MARTIN%20JHAIR%20GUZMAN%20MONTENEGRO.pdf</a> Fetched: 2021-12-07 20:43:44	8
W	URL: <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/237233659.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/237233659.pdf</a> Fetched: 2020-07-11 04:01:48	2
SA	Universidad Privada del Norte / EF_69_PACHECO_CHAVEZ_CARLOS_VILCHEZ_VALVERDE_JESUS.docx Document EF_69_PACHECO_CHAVEZ_CARLOS_VILCHEZ_VALVERDE_JESUS.docx (D151411615) Submitted by: gramurias@upn.pe Receiver: gramurias.delnor@analysis.ukund.com	9
W	URL: <a href="https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2241">https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2241</a> Fetched: 2021-12-04 21:26:56	1
W	URL: <a href="https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66749/Pinedo_RXDP-SD.pdf?sequence=1">https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66749/Pinedo_RXDP-SD.pdf?sequence=1</a> Fetched: 2022-05-12 03:01:47	5
W	URL: <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/479037914.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/479037914.pdf</a> Fetched: 2022-08-09 13:59:25	7
SA	Guevara Chavez y Mora Yajahuanca-PTI-IC.pdf Document Guevara Chavez y Mora Yajahuanca-PTI-IC.pdf (D115186832)	6
W	URL: <a href="https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/11537/23086/Gamero%20Valencia%20Cristhian%20Aa...">https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/11537/23086/Gamero%20Valencia%20Cristhian%20Aa...</a> Fetched: 2022-07-26 02:21:31	9
W	URL: <a href="http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44767/Huam%3Aa1n_CRD-Muguerza_ZKW...">http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44767/Huam%3Aa1n_CRD-Muguerza_ZKW...</a> Fetched: 2021-11-28 01:43:06	3

**Tabla de contenido**

JURADO EVALUADOR .....	2
INFORME DE SIMILITUD .....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. MARCO TEORICO .....	17
1.2. Formulación del problema.....	32
1.3. Objetivos .....	33
1.4. Hipótesis.....	33
1.5. Variable .....	34
1.6. Operacionalización de Variables.....	35
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	36
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	49
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	68
REFERENCIAS .....	74
ANEXOS .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades Mecánicas y Térmicas del Polietileno - Tereftalato (Pet).....	21
Tabla 2: Propiedades Eléctricas y Químicas del Polietileno - Tereftalato (Pet).....	22
Tabla 3: Correlación de Tipos de Suelos AASHTO - SUCS.....	23
Tabla 4: Clasificación de los Suelos – Método AASHTO .....	24
Tabla 5: Clasificación por SUCS (Suelo Grano Grueso) .....	25
Tabla 6: Clasificación por SUCS (Suelo Grano Fino).....	26
Tabla 7: Tamaños de Tamices – Abertura en milímetros.....	27
Tabla 8: Clasificación de Suelos Según el Tamaño de Partículas .....	28
Tabla 9: Clasificación de Suelos Según Índice de Plasticidad .....	29
Tabla 10: Clasificación de Suelos Según Índice de Grupo.....	30
Tabla 11: Cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo .....	30
Tabla 12: Categorías de Subrasante.....	32
Tabla 13: Operacionalización de Variables .....	35
Tabla 14: Numero de Muestras .....	37
Tabla 15: Resultados del Análisis Granulométrico por Tamizado .....	49
Tabla 16: Resultados del Contenido de Humedad .....	50
Tabla 17: Resultados de Limite Liquido.....	51
Tabla 18: Resultados de Limite Plástico.....	52
Tabla 19: Resultado del Índice de Plasticidad.....	52
Tabla 20: Resultado de la clasificación de suelo según AASHTO.....	52
Tabla 21: Resultado de la clasificación de suelo según SUCS .....	53
Tabla 22: Resultados de la Relación/Humedad .....	53
Tabla 23: Resumen de Densidad Seca Máxima .....	54
Tabla 24: Capacidad de soporte para el CBR .....	55
Tabla 25: Resultados de la expansión para el CBR .....	55
Tabla 26: Penetración de la Muestra Natural .....	56
Tabla 27: Resultados del CBR de la muestra natural.....	57
Tabla 28: Capacidad de soporte para el CBR .....	58
Tabla 29: Expansión para el CBR .....	58
Tabla 30: Penetración de la Muestra Natural con un 3.40% de PET.....	59
Tabla 31: Resultados del CBR de la muestra natural con 3.40% de PET .....	60
Tabla 32: Capacidad de soporte para el CBR .....	61
Tabla 33: Expansión para el CBR .....	61
Tabla 34: Resultados de la Penetración de la Muestra Natural con un 4.40% de PET .....	62
Tabla 35: Resultados del CBR de la muestra natural con 4.40% de PET .....	63
Tabla 36: Resultados de la capacidad de soporte para el CBR .....	64
Tabla 37: Resultados de la expansión para el CBR .....	64
Tabla 38: Resultados de la Penetración de la Muestra Natural con un 3.40% de PET .....	65
Tabla 39: Resultados del CBR de la muestra natural con 5.40% de PET .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Plástico Pet.....	18
Figura 2: Pet.....	19
Figura 3: Suelo.....	20
Figura 4: Sub Rasante .....	20
Figura 5: Capas del pavimento flexible .....	22
Figura 6: Carta de Plasticidad.....	26
Figura 7: Material a utilizar del Proctor Modificado.....	31
Figura 8: Mapa del Departamento.....	39
Figura 9: Resultado de la Curva Granulométrica. ....	50
Figura 10: Resultados del Diagrama de Fluidez .....	51
Figura 11: Densidad Seca vs %Humedad.....	54
Figura 12: Esfuerzo Deformación de material natural a 56 golpes.....	56
Figura 13: Esfuerzo Deformación de material natural a 25 golpes.....	56
Figura 14: Esfuerzo Deformación de material natural a 25 golpes.....	57
Figura 15: Densidad Seca vs CBR (%) de la muestra natural.....	57
Figura 17: Esfuerzo Deformación de material natural con 3.40% de PET a 25 golpes .....	59
Figura 16: Esfuerzo Deformación de material natural con 3.40% de PET a 56 golpes .....	59
Figura 18: Esfuerzo Deformación de material natural con 3.40% de PET a 10 golpes .....	60
Figura 19: Densidad Seca vs CBR (%) de la muestra natural con el 3.40% de PET .....	60
Figura 21: Esfuerzo Deformación de material natural con 4.40% de PET a 25 golpes .....	62
Figura 20: Esfuerzo Deformación de material natural con 4.40% de PET a 56 golpes .....	62
Figura 22: Esfuerzo Deformación de material natural con 4.40% de PET a 10 golpes .....	63
Figura 23: Densidad Seca vs CBR (%) de la muestra natural con el 4.40% de PET .....	63
Figura 25: Esfuerzo Deformación de material natural con 5.40% de PET a 25 golpes .....	65
Figura 24: Esfuerzo Deformación de material natural con 5.40% de PET a 56 golpes .....	65
Figura 26: Esfuerzo Deformación de material natural con 5.40% de PET a 10 golpes .....	66
Figura 27: Densidad Seca vs CBR (%) de la muestra natural con el 5.40% de PET .....	66

## RESUMEN

Desde hace años hasta la actualidad el mundo pasa por contaminaciones ambientales siendo uno de los impactos que aportan a ello el plástico PET, por el mismo hecho que no se degrada con facilidad y es producido masivamente, por ello esta investigación se basó en utilizar este polímero de manera influyente en la ingeniería civil reciclándolo y brindando una propuesta a una mejor utilización, en este caso planteado porcentajes de adición a la subrasante de las vías no pavimentadas en un distrito del norte del país, Piura.

Para esta investigación se realizó de manera no probabilística por conveniencia utilizando la modalidad de selección por conveniencia, utilizando una muestra de estudio un suelo de un distrito del norte del país en Piura; Siendo de manera experimental investigado el suelo natural y adicionándole plástico PET al 3.40%, 4.40% y 5.40% dando un total general de 24 ensayos.

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte, el estudio de suelo de la muestra natural se obtuvo el CBR en 5.83% del 100% de la MDS, por ello se recomienda mejorar el suelo de la subrasante ya que no cuenta con el mínimo requerido que estipula la MTC que es del 6%. Al adicionar 3.40% y 4.40% del plástico pet al suelo natural, incremento más del 3% de la resistencia de la subrasante en el 100% de la máxima densidad seca mejorándola considerablemente cumpliendo lo que dicta el MTC del 2014, en cambio en la adición del 5.40% la resistencia bajo un 0.83% en el cual no es conveniente y no está permitido.

En conclusión, con los resultados obtenidos la mejor alternativa para el uso de este elemento es el adicionar el 3.40% del plástico PET porque el CBR al 100% y 95% sigue siendo mayor al 6% que pide el MTC dando un resultado optimo. y a parte que contribuye en su totalidad al medio ambiente.

**PALABRAS CLAVES:** Subrasante PET, Plástico PET carreteras, Plástico PET, estabilización subrasante, polímeros subrasante.

**ABSTRACT**

For years until today the world is going through environmental pollution in which one of the impacts that contribute to it is the PET plastic, by the same fact that it does not degrade easily and is massively produced, so this research was based on using this polymer in an influential way in civil engineering recycling and providing a proposal for a better use, in this case planting percentages of addition to the subgrade of unpaved roads in a district in the north of the country, Piura.

For this research was carried out in a non-probabilistic manner by convenience using the convenience selection method using a study sample in a district in the north of the country - Piura; being experimentally investigated the natural soil and adding PET plastic at 3.40%, 4.40% and 5.40% giving a grand total of 24 trials.

The tests were carried out in the soil laboratory of the private university of the north, in which the soil study of the natural sample obtained the CBR in 5.83% of 100% of the MDS, therefore it is recommended to improve the soil of the subgrade since it does not have the minimum required stipulated by the MTC, which is 6%

By adding 3.40% and 4.40% of the PET plastic to the natural soil, I increase more than 3% of the resistance of the subgrade in 100% of the maximum dry density, improving it by developing what the MTC of 2014 dictates, instead in the addition 5.40% resistance under 0.83% which is not convenient and is not allowed.

In conclusion with the results obtained, the best alternative for the use of this element is to add 3.40% of the PET plastic because the CBR at 100% and 95% is still greater than the 6% requested by the MTC, giving an optimal result. and a part that contributes entirely to the environment.

**PALABRAS CLAVES:** PET subgrade, PET plastic roads, PET plastic, subgrade stabilization, subgrade polymers.



## **NOTA**

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto**, por determinación de los propios autores amparados en el Texto Integrado del Reglamento RENATI, artículo 12.

## REFERENCIAS

- @Natgeoes. (Actualizado 2020). *El 91 Por Ciento Del Plástico Que Fabricamos No Se Recicla*. *Nacional Geographic*. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2017/07/el-91-por-ciento-del-plastico-que-fabricamos-no-se-recicla>
- ¿Qué Es El PET? (S. F.). Recuperado 22 De abril De 2021, De <https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-pre/opm-bus-pref/36-opc-fag-pre4>
- ¿Qué Son Los Plásticos?: Plasticseurope. (S. F.). Recuperado 22 De abril De 2021, De <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics>
- ASTM International Compresión. (2017). *Método De Ensayo Normalizado Para Resistencia A La Compresión De Especímenes Cilíndricos De Concreto ASTM C39*. Editorial Board
- Bejarano Hernández, B. S., & Luna Pizza, J. D. (2020). *Análisis del comportamiento físico y mecánico de la adición de microfibras PET en el mejoramiento de un suelo arcilloso* (Doctoral dissertation).
- Bustamante Sánchez, R. D. P. (2021). Estabilización de un suelo arcilloso para carreteras no pavimentadas incorporando PET en 2%, 4% y 6%.
- Datos Técnicos PET | PDF | Materiales | Química*. (s. f.). Scribd. Recuperado 6 de junio de 2022, de <https://es.scribd.com/document/385837548/Datos-Tecnicos-PET>
- Dirección General De Carreteras, C. D. (2015) *Pliego De Prescripciones Técnicas Generales Para Obras De Carreteras Y Puentes (PG-3)*
- El 80% de carreteras del país están en mal estado. (2019, marzo 17). *EXITOSA NOTICIAS - NOTICIAS DEL PERU Y EL MUNDO*. <https://exitosanoticias.pe/v1/el-80-de-carreteras-del-pais-estan-en-mal-estado/>
- Elías Chero, Z. M. (2017). Análisis de la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico.

- Enríquez, J. M. L., & Dávila, K. S. (2021). Procesos de gestión de los proyectos de inversión de infraestructura vial en los gobiernos regionales: un caso del gobierno regional de San Martín-Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 6296-6334.
- Flores León, 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.
- Garzon Amaya, J., & Montano Ballesteros, A. (2014). *Propuesta de un material para la construcción a partir de cemento y el reciclaje de Pet* (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Minuto de Dios).
- Garzon Novoa, R. E., & Carvajal Yate, A. M. (2019). *Evaluación de la resistencia de un suelo arenoso arcilloso con refuerzos de fibras PET* (Doctoral dissertation).
- GESTIÓN, N. (2017, septiembre 10). *Perú solo recicla el 15% de la basura que genera diariamente* | *ECONOMIA*. Gestión; NOTICIAS GESTIÓN.  
<https://gestion.pe/economia/empresas/peru-recicla-15-basura-genera-diariamente-143243-noticia/>
- Gil Carbonell, E. R., & Nuñez Quintana, I. K. (2018). Influencia de la adición de fibras de pet reciclado sobre la resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna de suelos arcillosos aplicado a la estabilidad de taludes.
- Hurtado Cadena, I. D. (2009). Plan de negocios para la comercialización de bolsas plásticas durables reutilizables, que sustituyan las bolsas plásticas en los almacenes de grandes superficies.
- Lalangue Cordova, O. E. (2019). Estabilización de la subrasante con aceite sulfonado para la carretera departamental ruta PI-114 Emp. PE-1N (El Alto–Talara)-Emp. PI-105 (Pariñas), km: 08+ 000.00-09+ 000.00, Talara–Piura, 2019.

Leiva Gonzales, R. R. (2016). Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la Subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva Km 0+ 000-Km 0+ 100, Distrito de Orcotuna, Concepción.

Linares Chavez, R. R. (2019). Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido, Chachapoyas, 2018.

López Maldonado, G. (2020). Ensayos de compactación en carreteras: Proctor Normal y Modificado.

Maraví Rodríguez, JF (2021). Estabilización de suelo arcilloso con vidrio y PET, en el Jr. 9 de diciembre, distrito de Quinua-Ayacucho, 2021.

Marmanillo Mamani, D. G., & Villegas Aguilar, M. F. (2020). Elaboración de polímeros sintéticos con botellas plásticas para la estabilización de subrasante en suelos arcillosos calle Fortaleza Los Olivos 2020.

Márquez Martínez, 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.

Materiales. Lima: 2016.

Mendoza C. J., Aire C. Y Dávila P. (2011). *Influencia De Las Fibras De Polipropileno En Las Propiedades Del Concreto En Estados Plástico Y Endurecido*.

MINAM: *El plástico representa el 10% de todos los residuos que generamos en el Perú*. (s. f.).

Ministerio del Ambiente. Recuperado 11 de junio de 2022, de <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/minam-el-plastico-representa-el-10-de-todos-los-residuos-que-generamos-en-el-peru/>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Ensayo de

MONTES, C. A. G. (2010). *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio* (Doctoral dissertation, Universidad Ricardo Palma).

MTC. (2012). Ministerio de Transportes y Comunicaciones, *Glosario de Partidas: Aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes*. Perú

MTC. (2014). Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras, Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección suelos y pavimentos. Perú.

MTC. (2014). Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras Conservación Vial. Perú.

MTC. (2016). Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de ensayo de materiales. Perú.

Oblitas, J. (2018). Guía de investigación científica 2018.

Ocampo Guerrero, N. P. (2021). *Análisis de las propiedades físico-mecánicas y CBR de suelos cohesivos de subrasante mezclados con partículas de tereftalato de polietileno (PET)* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil).

Rodríguez Arainaga, W. (2011). Guía de investigación científica.

Torres, M., Salazar, F. G., & Paz, K. (2019). Métodos de recolección de datos para una investigación.

Velasco, M. L. Y. P., & Martínez, M. (2017). Muestreo probabilístico y no probabilístico. *Licenciatura en*.

Vettorelo, P. V., & Clariá, J. J. (2014). Suelos reforzados con Fibras: Estado del arte y aplicaciones.