

# Adición de polvo de vidrio reciclado en la estabilización de suelos en el asentamiento humano Villa Hermosa, Nuevo Chimbote (Perú)

Luis Miguel Haro Marchena<sup>5</sup>, Marco Antonio Cerna Vásquez<sup>5</sup>, Alan Yordan Valdivieso Velarde<sup>6</sup>  
DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1992>

## Resumen

El estado físico de la zona de estudio a nivel de terreno natural fue encontrado en condiciones de desgaste por la constante transitabilidad vehicular. Por tal motivo, se buscó mejorar la calidad del suelo del asentamiento humano (A. H.) Villa Hermosa, Nuevo Chimbote (Perú).

Se realizaron los estudios para evaluar la resistencia a la compresión mediante los ensayos de campo como granulometría, humedad natural, proctor modificado y el California Bearing Ratio (CBR), el cual dio como resultado un promedio de 18,24 % en valor de CBR al (95 %) en terreno natural y al ser mejorado con el aditivo de polvo de vidrio reciclado al 6 % se obtuvo un promedio de 28,46 % y al 8 % un promedio de 25,78 %.

Como se observa, el mejor resultado óptimo fue al 6 %, el cual muestra una mejora del 56 % respecto al terreno natural, que se podría utilizar con porcentajes menores para obtener nuevos resultados.

**Palabras clave:** adición, estabilización, polvo de vidrio, subrasante.

---

<sup>5</sup> Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, Lima, Perú. [haromarchenal@gmail.com](mailto:haromarchenal@gmail.com)

<sup>6</sup> Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. [mcernav@ucvvirtual.edu.pe](mailto:mcernav@ucvvirtual.edu.pe), [avaldivieso@ucv.edu.pe](mailto:avaldivieso@ucv.edu.pe)

## Introducción

Como proyecto de investigación se basa principalmente en mejorar la calidad del suelo de la zona de estudio que se encuentra a nivel de terreno natural, por lo cual, con el paso del tiempo, ha sufrido ataques fisicoquímicos de la misma naturaleza. Por esta razón, se aplica una mejora con la adición de polvo de vidrio reciclado al 6% y 8% de un suelo arenoso en el A. H. Villa Hermosa, Chimbote (Perú). El suelo es un material de uso constructivo que se viene utilizando desde años remotos, que con sus limitaciones busca mejorar sus propiedades mecánicas.

Asimismo, también en la construcción de obras viales, lo cual resulta más dificultoso cuando se trata de suelos arenosos, por lo que comúnmente se reemplaza con material de préstamo.

De acuerdo con los estudios realizados por la Cámara de Comercio, la red vial en el Perú representa un total 95,863 km, en que, a nivel de afirmado, solo se tienen 15,496 km que equivalen al 16% de su total, mientras que en lo restante y en la trocha carrozable se tienen 80,367 km (“Perú: ¿qué porcentaje de la red vial no está pavimentada?”, 2018).

Como antecedente se llevó a cabo una investigación sobre el uso de resi-

duos de polvo de vidrio en suelos arcillosos con adiciones del 2%, 4%, 6%, 8% y 10%, siendo la más adecuada por sus óptimos resultados la adición del 8% de vidrio (Rose *et al.*, 2017).

Al analizar el entorno y sus características se define que la investigación aplicada y explicativa, ya que se va a enfocar en dar solución a un determinado problema, en este caso, el suelo arenoso cuando se aplica un porcentaje de polvo de vidrio reciclado.

Una alternativa de solución es la estabilización de suelos, cuya técnica nos permite mejorar el terreno antes de realizar una construcción, reduciendo costos en material de préstamo y mejorando las características físicas del terreno para garantizar su resistencia y tener un óptimo comportamiento del pavimento (Gowtham *et al.*, 2018).

## Materiales y métodos

### Recolección de materia prima

Se recolectaron botellas recicladas de vidrio transparente como materia prima para esta investigación; el vidrio fue lavado y triturado hasta lograr el tamaño deseado.

## Ensayos de las muestras de las calicatas

Como diseño tenemos el método aplicativo y explicativo, siendo la base de estudio la población del distrito de Nuevo Chimbote, considerando como muestra el A. H. Villa Hermosa. El proyecto tuvo como consideración cuatro calicatas excavadas a 1,50 m y a un radio de 1 m.

Para este ensayo se necesitan 5 g de vidrio molido que pasen por la malla 100, para luego ser llevados a laboratorio mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X (FRX) (Espinoza, 2017).

Se aplicó:

- Ensayo granulométrico (ASTM D-422, AASHTO T88) para determinar el tipo de suelo en cuatro calicatas.
- Contenido de humedad (ASTM D-2216, MTC E 108-2000).
- Ensayo Proctor (ASTM D-1557, MTC E 115) para hallar su óptimo contenido de agua y su densidad en el suelo, ya que si es más denso es más compacto.
- Ensayo CBR (ASTM d-1883 / AASHTO t-193 / MTC e 132-

2000), en el cual se tendrá como resultado su resistencia a la compresión del suelo natural y el suelo, adicionando el polvo de vidrio reciclado en porcentajes establecidos de 6% y 8% (Botía, 2015).

## Resultados

### Clasificación de suelos

En esta investigación se analizaron cuatro unidades de estudio que fueron analizadas a un nivel de fondo de 1,50 m; para su mejor comprensión se presenta los resultados.

La tabla 1 muestra la clasificación del suelo natural según el método AASHTO y el método SUCS, siendo estos parámetros de diseño para la construcción de carreteras. Según el método SUCS resultó ser de tipo SP, ya que pasó por la malla 200 menos del 5%, siendo un material granular que contiene grava y arena; y según el método ASSHTO resultó un suelo A-1-b que indica que es una arena gruesa bien graduada, lo cual confirma que los suelos de Nuevo Chimbote, en su mayoría, son arenosos

Según la figura 2 todas las muestras sobrepasan el 80% en contenido de arena, mientras que el contenido de grava, limo y arcilla no supera el 20%.

Tabla 1. Clasificación del suelo natural según método AASHTO y SUCS

Prueba	Profundidad	Método AASHTO	Método SUCS
Prueba-01	1,5 m	Subgrupo A-1-b (0)	Grupo SP
Prueba-02	1,5 m	Subgrupo A-1-b (0)	Grupo SP
Prueba-03	1,5 m	Subgrupo A-1-b (0)	Grupo SP
Prueba-04	1,5 m	Subgrupo A-1-b (0)	Grupo SP

Fuente: elaboración propia (Haro, 2021).

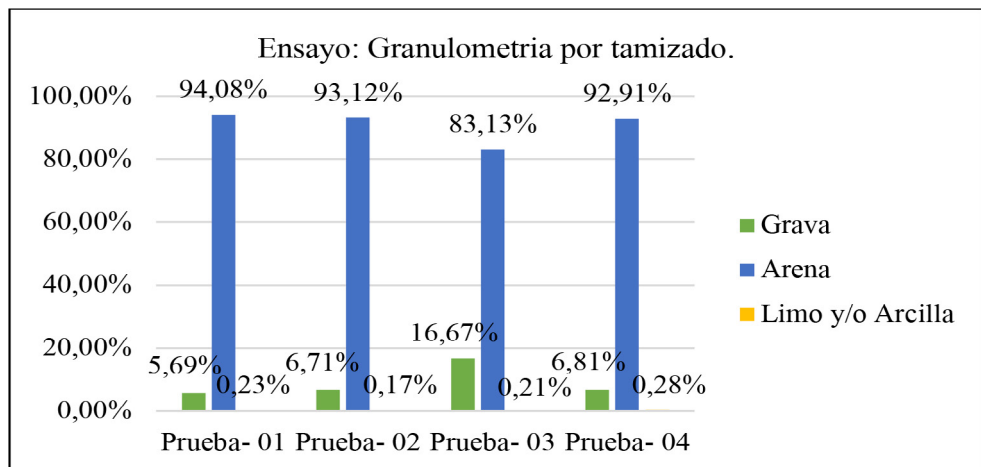


Figure 2. Análisis granulométrico por tamizado

Fuente: elaboración propia (Haro, 2021)

## Composición química del polvo de vidrio

Para este procedimiento se usó el polvo de vidrio molido y se pasó por la malla 100. En la figura 3 se muestran los siguientes elementos químicos expresados en óxidos: óxido de silicio con 78,35%, óxido de calcio con 15,48%, óxido de potasio con 3,92%, óxido de hierro con 1,55% y otros elementos que solo representan el 0,70%.

## Efectos mecánicos producto de la adición de polvo de vidrio en el suelo

Para determinar las características mecánicas del suelo con la adición del polvo de vidrio se realizó el ensayo de Proctor modificado y en ensayo de CBR, como lo establece la norma ASTM-D1557. De acuerdo con la tabla 2, se hicieron los ensayos para tres porcentajes diferentes (al 0% que fue la muestra

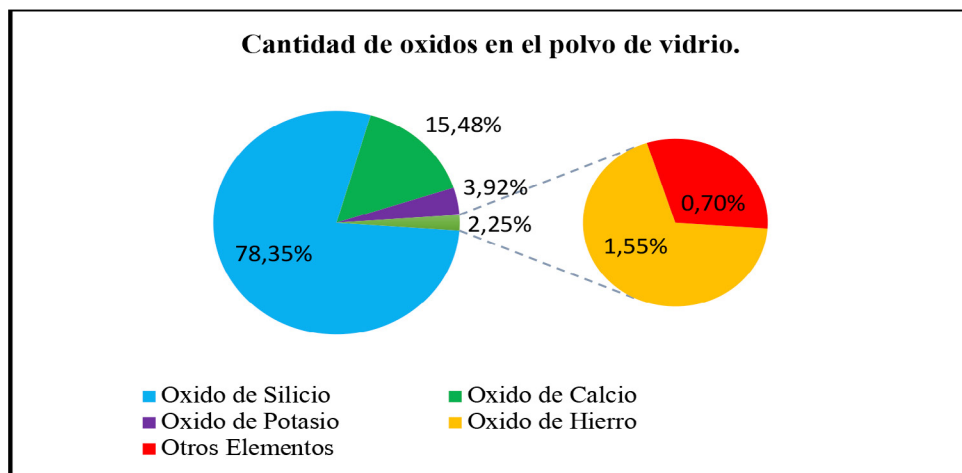


Figure 3. Composición química del polvo de vidrio  
Fuente: elaboración propia (Haro, 2021).

patrón, que sirvió para comparar con las demás; al 6% de adición de vidrio reciclado y al 8% de adición de vidrio reciclado). Los ensayos que fueron realizados: el Proctor modificado para obtener su humedad óptima y su máxima densidad seca, y también se realizó el CBR y se comparó al 95% y 100%.

### Análisis y discusión de resultados

En lo que concierne a la composición del polvo de vidrio reciclado está compuesto principalmente por sílice (78,35%), calcio (15,48%) y hierro (1,55%) con mínimos porcentajes que no afectan al terreno químicamente como el potasio (3,92%) y otros (0,70%). La sumatoria de los compuestos principa-

les resulta en un total de 95,38, valor que supera el 95% de cemento, lo cual lo hace utilizable para su estabilización (Keramatikerman *et al.*, 2020).

En cuanto a las propiedades mecánicas, considerando los valores promedio de las cuatro calicatas, en la humedad óptima se tuvo un incremento del 1,42% del suelo patrón respecto al suelo compuesto por el 6% y un incremento del 6,37% del suelo patrón, respecto al suelo compuesto por el 8%. Para la máxima densidad seca hubo un incremento del 0,77% y el 0,51% del valor inicial a las muestras experimentales del 6% y 8% respectivamente.

Para el CBR al 95% hubo un incremento del 56% del valor inicial a

Tabla 2. Valores de los resultados obtenidos de la muestra patrón y muestras experimentales

Resultados	Patrón	6 % V. R.	Δ 6 %	8 % V. R.	Δ 8 %
Óptimo contenido de humedad (%)	10,51	10,66	1,42 %	11,18	6,37 %
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,936	1,951	0,77 %	1,946	0,51 %
CBR (95 %)	18,24	28,46	56,00 %	25,78	41,34 %

Fuente: elaboración propia.

la muestra experimental del 6% que pasó a ser un CBR bueno a ser un CBR muy bueno de acuerdo con el *Manual de carreteras* (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014). Para la muestra experimental al 8% hubo un incremento del 41,34% del valor inicial obteniendo los mismos valores de la clasificación del CBR de acuerdo con el mismo manual.

Para el CBR al 100% hubo un incremento del 11,94% del valor inicial a la muestra experimental del 6% que pasó de un CBR muy bueno a ser un CBR excelente de acuerdo con el *Manual de carreteras* (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014). Para la muestra experimental al 8% hubo un incremento del 10% del valor inicial que también llegó a obtener un CBR excelente. De acuerdo con los resultados el porcentaje óptimo sería el 6% de polvo de vidrio reciclado.

## Sugerencias y recomendaciones

Se sugiere realizar estudios de investigación en los intervalos del 6% y 8% de adición de vidrio reciclado con la finalidad de obtener el porcentaje óptimo de estabilización y aumento del CBR. De igual forma, es necesario que en los trabajos de mezcla del suelo patrón con el vidrio molido se recomienda una combinación homogénea para tener una buena compactación. Como prevención se recomienda en los trabajos de premojado de vidrio usar equipos de protección necesarios ya que pueden causar problemas respiratorios.

## Conclusiones

El análisis granulométrico a las muestras de suelo evaluador por el método AASHTO nos da la codificación de A-1-b que corresponde a un suelo arenoso con mínimo contenido de finos y arcillas. De igual forma, por el método SUCS es SP, es decir, una arena mal graduada.

El vidrio reciclado cuenta con una composición química de más del 78 % de sílice, lo que es beneficioso para mejorar la subrasante químicamente y mecánicamente, pudiendo llegar a utilizarse como aditivo para estabilizar suelos arenosos. Al incorporar vidrio reciclado previamente molido en suelos arenosos, en una cantidad del 6%, presenta un aumento del 50% de su valor inicial de CBR. Es una alternativa innovadora que llega a aumentar la capacidad de soporte del suelo.

## Referencias

- Botía, W. (2015). *Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo* [trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada].
- Espinoza, H. (2017). Toda construcción debe tener un previo estudio de mecánica de Suelos, Construcción y Mecánica de Suelos. Lima. <http://www.lm.uni.edu.pe/EXPOSICIONES/entrevista-HEC.pdf>
- Gowtham, S., Naveenkumar, A., Ranjithkumar, R., Vijayakumar, P. y Sivaraja, M. (2018). Stabilization of clay soil by using glass and plastic waste powder. *International Journal of Engineering and Techniques*, 4(iss. 2), 146-150.
- Haro, L. (2021). *Efecto de la adición de vidrio reciclado en la estabilización de suelo arenoso en el A. H. Villa Hermosa, Nuevo Chimbote* [trabajo de grado, Universidad César Vallejo].
- Keramatikerman, M., Chegenizadeh, A. y Nikraz, H. (2020). Soil Stabilisation Using Glass Powder. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 4(iss. 11), 2455-2143.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*.
- Perú: ¿Qué porcentaje de la red vial no está pavimentada? (2018, 14 de enero). *Revista Perú Construye*. <https://peruconstruye.net/2018/11/16/peru-que-porcentaje-de-la-red-vial-no-esta-pavimentada/>
- Rose Benny, J., Jolly K., J., Mareena Sebastian, J. y Thomas, M. (2017). Effect of Glass Powder on Engineering Properties of Clayey Soil. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 6(Iss. 05), 228-231.