



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA
CIVIL**

**Evaluación de las Propiedades Mecánicas de un Suelo Arcilloso
Agregando Polvo de Vidrio Reciclado, San Marcos, Ancash 2022.**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

**Pajuelo Salvador, Clarissa Giovana. (ORCID: 0000-0003-0547-3483)
Rivera Flores, Julio Cesar. (ORCID: 0000-0002-2690-0125)**

ASESOR:

Msc. Marín Cuvas, Percy Lethelier. (ORCID: 0000-0001-5232-2499)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL

UNIVERSITARIA:

Construcción sostenible

HUARAZ - PERU

2022

Dedicatorias

A mis padres.

Que sin ellos no hubiera logrado una meta más en la vida profesional. Mamá, gracias por estar a mi lado en esta etapa, tu apoyo moral y entusiasmo me sirvieron para seguir adelante en mis propósitos. Papá, por el tiempo que estuviste conmigo, compartiendo tus experiencias, conocimientos y consejos, por tu amor, Gracias.

A mis maestros.

Por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartir sus conocimientos, sin su instrucción profesional no habría llegado a este nivel. Quienes brindaron dedicación al impartir su cátedra de tal forma que lo aprendido sea utilizado en la vida real, por el apoyo brindado, Gracias.

A Dios.

Por darme vida, salud y sabiduría a lo largo de la carrera de Ingeniería Civil, por haber guiado mi camino hacia esta nueva experiencia.

Agradecimiento

En primera instancia agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.

Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirme sus conocimientos y dedicación que los ha regido, he logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de mi tesis con éxito y obtener una afable titulación profesional.

Agradezco a mis padres por haberme acompañado en esta experiencia profesional, por el apoyo brindado, por los principios y valores que me inculcaron. Por siempre tener presente que el profesional debe estar empapado de sabiduría y sobre todo de principios que formen su camino profesional, gracias por su compañía a lo largo de mi vida.

Índice de contenidos

Caratula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	v
Resumen	vi
Abstrat	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización	13
3.3. Población, muestra y muestreo	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.6. Método de análisis de datos	19
3.7. Aspectos éticos	20
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN	28
VI. CONCLUSIONES	29
VII. RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
ANEXOS	35

Índice de tablas

Tabla 1. Técnicas e instrumentos para recolección de datos	16
Tabla 2. Proporción de Mezcla y Símbolos Referentes a cada Material.	18
Tabla 3. Clasificación del suelo natural según SUCS	21
Tabla 4. Resultados del ensayo granulométrico	22
Tabla 5. Resumen de resultados ensayos con suelo arcilloso y polvo de vidrio	23
Tabla 6. Resumen de los resultados de límite de Atterberg	23
Tabla 7. Contenido de Humedad de suelo	25
Tabla 8. Ensayo proctor modificado	26
Tabla 9. Peso específico de suelo	27

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Lugar de extracción de la muestra de suelo.	14
Figura 2. Tramo del lugar de estudio.	15
Figura 3. Curva granulométrica (c-01)	24
Figura 4. Clasificación de las muestras analizadas según material presente	26
Figura 5. Diagrama de fluidez de la calicata	27
Figura 8. Diagrama de fluidez de la calicata con 20% de vidrio triturado	28
Figura 9. Diagrama de fluidez de la calicata con 30% de vidrio triturado	30

Resumen

El presente proyecto de investigación desea verificar la mejora de las propiedades mecánicas y físicas del suelo arcilloso mediante la estabilización de dichos suelos utilizando polvo de vidrio reciclado, y así asegurar un nivel adecuado de serviciabilidad para futuras construcciones. Se tomó como muestra parte del suelo de la carretera del kilómetro 77 de la carretera tramo Pomachaca – San Marcos no pavimentada de la provincia de Huari, se realizó 1 calicata en el tramo establecido debido a la historia de problemas de hinchazón de la arcilla. Para extraer el suelo se cavó un hoyo y se obtuvo muestra de suelo que consecutivamente fueron analizadas de manera funcional mediante los ensayos de laboratorio, teniendo siempre en cuenta las normas técnicas peruanas. La primera, es mejorar este suelo y la segunda es cambiar el suelo de fundación con material adecuado agregando polvo de vidrio. Para esta presente investigación se optará, como primera solución dado por el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), determinar la cantidad óptima de polvo de vidrio reciclado, se tendrá que realizar ensayos de comportamiento como es el ensayo Proctor modificado y CBR (California Bearing Ratio – Ensayo de Relación de Soporte de California). El resultado de la presente investigación nos llevará a decir qué porcentaje es el más óptimo en la adición de polvo de vidrio reciclado. En donde el suelo va tener mayor capacidad de resistencia llegando a valores muy por encima del promedio. Concluyendo que luego de realizar los ensayos de límite de consistencia, proctor modificado y CBR con la combinación del suelo y vidrio triturado de 20% y 30%, se determinó la estabilización de este suelo, obteniendo resultados favorables, en el que se logró mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, donde se testifica que se logró un CBR de 2.11%; y una densidad seca máxima de 2.848; con un óptimo contenido de humedad de 8.12%, reduciendo el índice de plasticidad de 11.33% a 4.53%.

Palabras Claves: vidrio, polvo de vidrio reciclado, Arcilla, Granulometría, Proctor Estándar y Compactación.

Abstrat

The present research project wishes to verify the improvement of the mechanical and physical properties of clay soil by stabilizing such soils using recycled glass powder, and thus ensuring an adequate level of serviceability for subsequent construction of paved roads. Part of the soil of the kilometer 77 road of the unpaved Pomachaca - San Marcos stretch road in the province of Huari will be taken as a sample, 1 pits will be taken in the established section due to the history of clay swelling problems. Which will subsequently be analyzed in a functional way through laboratory tests, always taking into account the Peruvian technical standards. The first to improve this soil and the second to change the foundation soil with suitable material, for this present investigation will be chosen. The first solution given by the MTC. In order to determine the optimal amount of recycled glass powder, performance tests such as the modified Proctor and CBR tests will have to be carried out. The result of the present investigation will lead us to say which percentage is the most optimal in the addition of recycled PVC. Where the soil will have greater resistance capacity reaching values well above the average compared to the other additions of PVC alone. Concluding that after conducting the consistency limit tests, modified proctor and CBR with the combination of soil and crushed glass of 20% y 30%, the stabilization of this soil was determined for paving purposes, obtaining favorable results. in which it was possible to improve the physical and mechanical properties of the soil, where it is testified achieving the CBR at 2.11%; a dry density of 2.848 with an optimal moisture content of 8.12%, and reducing the plasticity index of 11.33% a 4.53%.

Keywords: glass, recycled glass powder, Clay, Granulometry, Standard Proctor and Compaction.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población en el país está impulsando la demanda de viviendas, carreteras, diques, represas y otros proyectos que benefician a la comunidad. Por lo tanto, es necesario colocar el suelo sobre el que se van a construir en condiciones óptimas para no causar daños a la infraestructura en el futuro. En otras palabras, el terreno debe poseer una correcta estabilidad para garantizar la calidad de vida de las diversas construcciones. Por ende, lo que se busca es asegurar la durabilidad del comportamiento estructural en el campo geotécnico. Cabe mencionar que debido a los posibles daños ocasionados por la expansión y / o contracción, la arcilla es un suelo problemático, este tipo de suelo con minerales arcillosos se puede dividir en tres categorías: Illita, caolinita y montmorillonita, los cuales están compuestos por hidro aluminosilicatos. Cuando cambia la humedad, este tipo de suelo se expandirá, lo que provocará un cambio en el volumen del suelo y daños estructurales al edificio. Un factor importante a considerar es el clima, pues en algunas zonas del país el clima es seco y árido, y la falta de lluvias cambia cuando ocurren fenómenos meteorológicos como "El Niño". Según el CISMID (Centro Peruano Japonés de investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres), las principales zonas donde se encuentran dichos suelos en nuestro país están ubicados en la zona norte y noreste, como Piura, Paita, Talara, Chiclayo, Iquitos, Bagua y Moquegua en el sur. Por ello, se busca utilizar métodos para mejorar el suelo. Estudios anteriores han encontrado la adición de polvo de vidrio es factible desde el punto de vista de la resistencia a la compresión en la estabilización de suelos. Como complemento a estos antecedentes, este estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad medioambiental del uso de polvo de vidrio. Para ello, es necesario realizar una prueba de permeabilidad, y luego estudiar el lixiviado recolectado, y considerar que pueden existir algunos elementos en la composición del polvo de vidrio utilizado que puedan contaminar el suelo o acuífero, por lo que se denomina el rastreo. **(Marco et al., 2012)** Entre los que destacan: Mo, Pd, Ag, As, Cd, Co, Cu, Pb, Sn y Tl. Por lo tanto, es muy importante estudiar el nivel de toxicidad del polvo de vidrio utilizado en el proceso de estabilización del suelo, ya que el material se utilizará en exteriores, y el agua de

lluvia, superficial o subterránea puede ser la causa del proceso de lixiviación. Los resultados obtenidos se han comparado con leyes relevantes y se determina que la adición de polvo de vidrio es factible en la estabilización de suelos. El rápido crecimiento y desarrollo de los países industrializados, la gente cree que los recursos disponibles son ilimitados, y el crecimiento de la población es excesivo, sumado al hecho de que nuestro impacto en el medio ambiente suele ser de largo plazo, por lo que no se puede apreciar directamente. **(Taha y Nounu, 2015)** Nuestro modelo de desarrollo se ve afectado por las generaciones futuras, el caso es que los recursos son limitados y naturalmente existen restricciones en la producción de materiales, servicios y la absorción de residuos. En la actualidad, existen muchas tecnologías sobre cómo lidiar con suelos expansivos, las siguientes son algunas medidas para abordar este problema: el suelo puede sumergirse in situ, de modo que la expansión del suelo ocurrirá antes de que se construya cualquier estructura; la densidad del suelo se reduce por correcta compactación. El tipo de suelo granular en lugar de arcilloso debe ser considerado como un recurso no renovable, que afecta al medio ambiente y trae malestar a los pobladores. **(García et al., 2016)** Por ello, se utiliza diferentes pasos de estabilización física y química para modificar el rendimiento de expansión, como el uso de cal, cemento, inyección, puzolana, PET (Polietileno Tereftalato) y vidrio reciclado (materiales recomendados) que cumplen con la norma CE.020. En este caso, el suelo del distrito de San Marcos en el kilómetro 77 fue seleccionada como área de investigación experimental debido a la historia de problemas que posee como la hinchazón de la arcilla. Por tanto, en el presente trabajo de investigación se propone utilizar el polvo de vidrio reciclado para mejorar las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso, de esta manera verificar posteriormente la mejora de diversos parámetros mediante ensayos de mecánica de suelos. Mediante el análisis del tamaño de partícula de tamizado, el límite de líquido, el límite de plástico y la prueba del índice de plasticidad y la prueba Proctor modificado, pudiendo verificar los resultados de la mejora del suelo mediante la tecnología propuesta. Según lo mencionado en el problema visto, se plantea el **problema general**: ¿De qué manera las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso mejora agregando polvo de vidrio reciclado en el distrito de San Marcos? Por lo anterior,

el siguiente proyecto presenta como **objetivo general**: Determinar si el uso del polvo de vidrio reciclado mejora las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso. Derivándose como **objetivos específicos**: **1.** Determinar el límite de consistencia de los suelos arcillosos para su estabilización agregando 20% y 30% de polvo de vidrio reciclado, San marcos -Ancash 2022; **2.** Determinar la permeabilidad del suelo arcilloso con un 20% y 30% de polvo de vidrio reciclado, San marcos -Ancash 2022; **3.** Determinar la resistencia del suelo arcilloso con un 20% y 30% de polvo de vidrio reciclado, San marcos -Ancash 2022. La presente investigación tiene como **justificación técnica**, analizar el estudio que consta en la implementación del polvo de vidrio reciclado en un suelo arcilloso para mejorar sus propiedades. Para esta investigación se ha determinado la carretera Pomachaca kilómetro 77, San marcos - Huari, debido a que es la zona donde existe este tipo de suelo y se pueda realizar los correspondientes ensayos para verificar que se cumpla lo propuesto; **justificación metodológica**, la investigación sirvió para realizar ensayos como Proctor Modificado, CBR, Límite líquido, Límite plástico e índice de plasticidad para mejorar la resistencia del suelo arcilloso y mejorar sus propiedades; **justificación social y económica**, La intención de esta investigación tendrá un impacto positivo en la industria de la construcción y minimizará el costo de varios proyectos, ya que actualmente el polvo de vidrio se usa en diversos campos, como el uso de polvo de vidrio en lugar de arena al hacer diversas mezclas, los beneficios se obtienen en términos de costo, tiempo y calidad. Teniendo en cuenta estos requisitos previos, se recomienda utilizar fibras de vidrio recicladas y tratarlas como una mezcla homogénea para mejorar la arcilla y reducir la contaminación ambiental, teniendo en consideración lo mencionado, el 25% de las 260 mil toneladas de vidrio producidas contienen vidrio reciclado y el 3,2% de residuos generados en el hogar con vidrio; es decir, 682 toneladas por día. Por eso, es necesario promover el reciclaje de los envases de vidrio para frenar el crecimiento de la contaminación ambiental. **(Angeles P. 2018)**

II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional, en los trabajos previos tenemos a **Lara et al., (2016)** en la Universidad del Oriente - Cuba en un su artículo nominado “Empleo del vidrio reciclado triturado en Sustitución parcial del árido fino para elaborar hormigón con fines de sostenibilidad”. El objetivo planteado fue evaluar las características del vidrio reciclado triturado como sustitución parcial del árido fino en el hormigón. Como, en esta investigación se desarrolló un programa experimental. Se le realizaron ensayos físicos que permitieron obtener la composición granulométrica, peso específico, absorción y módulo de finura. A partir de la revisión bibliográfica se concluyó que el vidrio reciclado triturado puede sustituir parcialmente el árido fino en el hormigón en proporciones de 10%, 20 %, 30 % y 40 %. **Vargas et al., (2017)** en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador, en su revista científica “Estudio del polvo de vidrio obtenido de la molienda de botellas recicladas en la provincia de Santa Elena, como sustituto parcial del cemento en el hormigón”. La investigación consistió en el proceso de reutilizar los desechos en la botella de vidrio y molerlos hasta que quede fino, de modo que pueda reemplazar parcialmente el cemento en el concreto, porque el vidrio se muele finamente al nivel de micras como una puzolana altamente reactiva. El componente principal del hormigón es también el componente que mayor impacto ecológico tiene en el medio ambiente. Por lo tanto, se están investigando para reducir este consumo, como la sustitución de residuos de alto contenido calórico por combustibles fósiles, sin afectar la calidad, reducir o sustituir el cemento y mejorar sus propiedades mecánicas. **Lamorú et al., (2020)** en Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas, La Habana, Cuba. “Evaluación del uso de vidrio reciclado en la producción de hormigones cubanos”. En Cuba se realizaron investigaciones con el fin de emplear en las mezclas de hormigón vidrio reciclado como sustituto parcial de la arena y el cemento. Este artículo reportó el resultado, a escala de laboratorio, de la sustitución del árido fino y del cemento por vidrio molido en dosificaciones de 25 %, 50 % y 100 % para la primera y de 10 %, 20 % y 30 % para el segundo. Las mezclas obtenidas se compararon con un patrón en cuanto a consistencia y resistencia a la compresión. En las mezclas frescas se

obtuvo un aumento directamente proporcional de la consistencia con el porcentaje de reemplazo de la arena, mientras que para el cemento ocurrió lo contrario, sin embargo, todas mantuvieron una consistencia apta para el uso. Según, **Rondón (2017)** en su revista de la escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia) titulada “Evaluación del comportamiento de arcillas sometidas a diferentes tiempos de exposición a altas temperaturas”. Tuvo como propósito evaluar si la aplicación de temperatura puede utilizarse como mecanismo de estabilización de arcillas o fabricación de llenante mineral. El cambio que experimentan dos arcillas en sus propiedades índice, de expansión y resistencia a la compresión inconfiada cuando se someten a altas temperaturas (150, 225 y 300 °C) durante tres tiempos de exposición (1, 7 y 15 días). Los resultados muestran que la plasticidad, el potencial de expansión y la resistencia a la compresión simple de las arcillas ensayadas disminuyen cuando se eleva la temperatura de las muestras entre 150 °C y 300 °C y se incrementa el tiempo de exposición. También se encontró que la recuperación de las propiedades de las arcillas es nula cuando se someten a 300 °C durante 15 días. Asimismo, a **nivel nacional** se tiene a **Bravo et al., (2016)** en su revista titulada “Determinación de las Propiedades Mecánicas en un Suelo Arcilloso como Función de la Densidad y el Contenido de Humedad”. Tuvo como objetivo la determinación de las propiedades mecánicas básicas incluidas en los modelos matemáticos que caracterizan la superficie de trabajo de los suelos cohesivos fue llevada a cabo mediante la ejecución de ensayos de compresión triaxiales y de corte directo modificado. La variación en los esfuerzos de corte, el módulo de Young, el ángulo de fricción interna, la fricción suelo-metal, así como la cohesión y la adherencia fueron determinadas a diferentes niveles de humedad y densidad seca. Con el objetivo de estimar los valores de las propiedades mencionadas se realizó el análisis de regresión multifactorial obteniéndose las correspondientes ecuaciones estadísticas de predicción. **León e Imelda, (2019)** En su ponencia “Evaluación de la incorporación de polvo de vidrio procedente del reciclaje de botellas al pavimento del suelo de la zona de aparcamiento de la Clínica USAT de la Universidad Católica de Santoribio de Grovechojo, Chiclayo 2018-2019”. El objetivo fue evaluar el impacto del plástico PET agregado en agua reciclada y botellas de refresco sobre las propiedades físicas y mecánicas de la

arcilla ubicada en el área de estacionamiento de la clínica USAT utilizada para calzadas en 2018. Como resultado, en la primera etapa del uso del Proctor modificado, el beneficio que se puede obtener al aumentar la densidad seca máxima se reduce a dos dosis, ambas de 1 pulgada de largo y la primera es de 1,15%, por lo que la densidad aumentada fue del 9,60%, el segundo fue del 1,25%, un aumento del 8,69%. Finalmente, al analizar la dosis de 1 "que ha sido seleccionada por CBR, se encuentra que la dosis de 1,15% no solo facilita la expansión de la mezcla, sino que también aumenta el valor de CBR en 1,02% y 4,21% a la máxima densidad seca, que trae buenos resultados ... 95% y 100%. Conclusiones, el suelo que se encuentra en el nivel de la calzada de la clínica USAT cerca del estacionamiento es una arcilla plástica CL baja con un contenido de humedad del 11.11% y es uniforme en toda el área de estudio del estacionamiento de la clínica USAT. De manera similar, después de realizar una prueba para comprender las características topográficas naturales del lecho de la carretera, se encontró que el método de compactación Proctor mejorado resultó en una densidad seca máxima de 1.844 g / cm³ y un contenido de humedad óptimo de 14.1%, en comparación con una densidad seca máxima, densidad del 95% y 100% (16,9% y 20,23%, respectivamente) obtuvieron el valor de la Prueba de Tasa de Soporte de California (CBR), que clasificó la calidad de la calzada como una buena calzada. **Salas et al., (2020)** En su artículo titulada "Empleo del vidrio reciclado triturado en sustitución parcial del árido fino para elaborar hormigón con fines de sostenibilidad" Los residuos constituyen hoy una preocupación a nivel mundial. El vidrio reciclado es un producto que no tiene salida en el mercado, por lo que se convierte en un problema ambiental. En esta investigación se desarrolló un programa experimental para evaluar las características del vidrio reciclado triturado como sustitución parcial del árido fino en el hormigón. Se le realizaron ensayos físicos que permitieron obtener la composición granulométrica, peso específico, absorción y módulo de finura. A partir de la revisión bibliográfica se concluyó que el vidrio reciclado triturado puede sustituir parcialmente el árido fino en el hormigón en proporciones de 10%. De la misma forma **a nivel local** se tiene a **Castromonte y Poma, (2017)** en su estudio denominado "Estabilización de suelos con polvo de vidrio reciclado", Universidad San Pedro. Tuvo como objetivo

evaluar la influencia del 0%, 5%, 7%, 10% de polvo de vidrio reciclado con mejores propiedades mecánicas sobre la máxima densidad en seco y resistencia al cizallamiento del piso, lo que no solo se refleja en la máxima densidad en seco, resistencia al corte. y plasticidad, pero también procesabilidad, permeabilidad y estabilidad de volumen. Se registraron los datos obtenidos en una tabla para comparar métodos de procesamiento y gráficos para controlar la tendencia de las características evaluadas de manera que podamos seleccionar el mejor porcentaje de polvo de vidrio para brindar mejores condiciones de procesabilidad para el suelo estudiado. Como resultado, la proporción de mezcla optimiza gradualmente las propiedades del suelo original en términos de plasticidad, resistencia y estabilidad. En conclusión, la estabilización de arcilla, utilizando polvo de vidrio en lugar del 10% del material, el CBR es del 20% y la tasa de expansión es del 5%. La CBR del suelo en su estado natural es 4,90% y la tasa de expansión es 13,5%. Se concluye que el suelo con una tasa de reposición del 10% es más estable y tiene mejor resistencia al corte. Relacionados al tema, el suelo, en la fase líquida y la fase gaseosa se suelen entender como el volumen de huecos (V_v), por otro lado, la fase sólida constituye el volumen de sólidos (V_s). **Tipos de suelos**, en un suelo cohesivo, no hay un esqueleto real de partículas, las partículas finas dominan y las partículas más grandes (si están presentes) se dispersan en partículas finas. Por otro lado, la actividad de la parte pequeña, es decir, tiende a rodear cada partícula con una película de agua "gruesa" que actúa como lubricante, destruye su capacidad de actuar como medio aglutinante y determina cambios significativos de volumen y agua, pérdida en el sistema suelo-agua, resistencia y bajo carga. En suelos cohesivos, debido al aumento de la humedad, la estabilidad tiende a reducir el cambio de volumen y la caída de la resistencia bajo carga, lo que permite que un suelo que no es apto para uso como calzada o mejor suelo sea utilizado como subbase. Es absolutamente necesario distinguir la estabilidad de los dos tipos de suelo, una de las generalizaciones más peligrosas es que el tipo de suelo utilizado en cada situación específica no está claramente indicado al referirse a resultados reales o pruebas de laboratorio. El comportamiento del suelo con partículas finas y agregados es el siguiente: Sin esqueleto real · Predominan las partículas finas · Reducen su volumen y peso · Baja permeabilidad · Baja estabilidad · Afectado por

condiciones hidráulicas · Compactación sin obstáculos. **Suelos expansivos.** La combinación de estas laminillas produce diferentes minerales arcillosos, como caolinita, montmorillonita, illita, etc. Estas estructuras tienen la capacidad de retener agua, que se absorbe a través de enlaces electrostáticos. Sin embargo, cuando las moléculas de agua se alejan de las partículas de arcilla, pierden su atracción y se convierten en agua suelta. Las propiedades químicas y físicas del suelo están controladas en gran medida por la arcilla y el humus, que son centros activos que sufren reacciones químicas y cambios de nutrientes. La mayoría de los minerales de la arcilla tienen una estructura química en capas. El suelo expansivo se llama suelo que se hincha o encoge, y cuando cambia su contenido de agua, también cambia su volumen. **(Rodríguez, 2020)** Los minerales arcillosos, especialmente los pertenecientes al grupo de las montmorillonitas, tienen la capacidad de retener una gran cantidad de agua debido a su estructura, lo que aumenta el volumen del material, cuando el agua retenida se seca, el volumen también disminuye drásticamente. **Suelos arcillosos.** Surge de la descomposición de rocas que contienen feldespato y se origina en un proceso natural que dura decenas de miles de años. Físicamente, se considera un coloide con partículas extremadamente pequeñas y una superficie lisa. El diámetro de las partículas de arcilla es inferior a 0,002 mm. La arcilla está compuesta de agregados de silicato de aluminio hidratado producidos por la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diferentes colores según las impurezas que contiene, y aparece blanco cuando es puro. Las arcillas secundarias se refieren a las arcillas embarcadas desde su lugar de origen; el agua es el elemento más común para transportarlas, al igual que el viento y los glaciares; este tipo de arcillas son más comunes y constan de más elementos, como mica, hierro y cuarzo. otros minerales de diferentes fuentes. Las arcillas se pueden dividir en primarias y secundarias, dependiendo de cómo se encuentren en la naturaleza. Las arcillas nativas son aquellas que se encuentran donde se formaron, es decir, no han sido transportadas por el agua ni el viento. La única arcilla nativa conocida es el caolín, que tiene partículas más gruesas, poca plasticidad y es casi blanca en su estado puro. Cuando hay arcilla plástica altamente saturada y parcialmente saturada en el suelo, se puede preconsolidar firmemente mediante el secado. Si tales suelos

pueden absorber agua sin esfuerzo, absorberán agua y se expandirán. **(Pereyra, 2017)** La hinchazón del suelo puede ser causada por varios fenómenos, como la recuperación elástica de las partículas del suelo, la atracción del agua a los minerales arcillosos, la repulsión eléctrica de las partículas de arcilla y sus cationes mutuamente adsorbidos, y la expansión del aire atrapado en los poros. **Tipos de suelos arcillosos, Caolinitas.** Es una arcilla blanca muy pura que se utiliza para fabricar productos de porcelana y almidón. También se usa en ciertos medicamentos y como adsorbente, este es el primer grupo de minerales arcillosos y el grupo principal con una baja capacidad de intercambio de 10-12 me (miliequivalentes) por 100 gramos. Además, es un silicato de aluminio hidratado formado por la descomposición de feldespato y otros silicatos de aluminio. Esta descomposición se debe a los efectos a largo plazo de la erosión. La formación del caolín se debe a la descomposición del feldespato bajo la acción del agua y el dióxido de carbono, y está formado por una pequeña capa hexagonal de superficie plana. **Illita.** Según la clasificación de Strunz, es el noveno tipo de mineral de silicato de la familia de la mica. Es una arcilla de mica que no se hincha. Illite es silicato en capas o silicato en capas. Este es el segundo grupo de minerales arcillosos, y se denominan arcilla, son moderadamente expandibles porque su capacidad de intercambio es de 40 me / 100gr. Además, son moderadamente estables porque los iones de potasio pueden estabilizar las escamas de alúmina ubicadas entre las dos escamas de SiO₄. Por otro lado, la actividad de la illita es de 0,9 y la actividad de la caolinita es de 0,38. El coeficiente de fricción interna y la permeabilidad son más bajos que la caolinita y más altos que la montmorillonita. **Montmorillonita:** Purificación de arcilla natural obtenida de la mina: se molieron 50 gramos de bentonita de la región Cuencamé de Durango (México) en un mortero y se suspendieron en 1000 ml de agua desionizada. La mezcla se agitó durante tres días y la arcilla suspendida se separó de los sólidos insolubles por decantación (este proceso se repitió cuatro veces). La suspensión resultante se centrifugó y se eliminó el sobrenadante. La arcilla húmeda se secó al vacío a 80 ° C hasta obtener un sólido pulverizado, y este material (montmorillonita) se utilizó para todos los análisis y experimentos descritos en este trabajo. Es difícil predecir la expansión y contracción del suelo porque depende de las características del

suelo y los cambios en la humedad del área. **(Ordóñez et al., 2018)** La contracción o la expansión se puede determinar secando el suelo y calculando la relación entre el volumen y la humedad saturada. Cuanto menor sea el límite de contracción, mayor será la contracción potencial del suelo. La expansión se puede encontrar probando la expansión libre y la presión de expansión. La arcilla generalmente contiene minerales como la montmorillonita y su estructura interna puede absorber agua. A medida que aumenta su contenido de agua, también aumenta su volumen. Cuanta más agua aumenta su humedad, más aumenta su volumen. La hinchazón suele alcanzar el 10% o más. Este cambio de volumen ejerce suficiente presión sobre el edificio u otra estructura y puede causar daños. Las paredes, pisos y cimientos del sótano agrietados son ejemplos típicos de daños causados por pisos extendidos. La tierra hinchada se encoge cuando se seca. Esta contracción puede afectar el soporte de edificios u otras estructuras, provocando asentamientos y colapsos. **(Martínez & Sotolongo, 2019)** También pueden desarrollarse grietas en el suelo. Estas grietas pueden favorecer la infiltración de agua en época de lluvias. Esto crea un ciclo de contracción y expansión, lo que hace que la estructura resista tensiones repetidas. El riego del jardín y las tuberías con fugas también pueden cambiar el contenido de humedad del entorno original. **(Tauta et al., 2020)** Por lo tanto, el área activa (la profundidad a la que se producen cambios periódicos de humedad) se modificará hasta que se obtenga otra condición de equilibrio. En esta condición de equilibrio, se producirán periódicamente otros cambios obvios en el contenido de agua. Mientras prevalezcan las nuevas condiciones ambientales, siempre que la nueva condición ambiental prevalezca con el tiempo. La presión de hinchamiento es la presión requerida para que el sistema arcilla-agua absorba agua o electrolitos para mantener la porosidad deseada. **(Camacho et al., 2018)** Si la presión es menor que la presión de expansión, el volumen aumentará; si la presión sobre el suelo es mayor que la presión de expansión, se producirá una compresión de volumen. La presión de expansión no es constante, sino una función de la succión del suelo, por lo que cuando aumenta la succión inicial, la presión de expansión aumentará, pero esto está relacionado con el efecto efectivo de la succión, por lo que la presión de expansión es accidental. Cada año, se desechan millones de toneladas de

vidrio en el mundo. El vidrio es un material 100% reciclable y no perderá sus propiedades físicas ni reducirá su calidad durante el proceso de reciclaje. Por cada tonelada de vidrio recuperada, se pueden ahorrar 130 kilogramos de combustible y 1.200 kilogramos de materias primas. Sin embargo, el porcentaje de estos que se reciclan y recombinan en el circuito es muy bajo. **(Trezza & Rahhal, 2018)** El uso de materiales de desecho en la industria de la construcción, especialmente vidrio, es una opción atractiva. Una aplicación interesante consiste en la sustitución parcial del clínker por materiales residuales compatibles química y mineralmente. Debido al alto contenido de sílice en estado amorfo, el vidrio teóricamente puede comportarse como un material puzolánico cuando se muele finamente, lo que abre una forma interesante de reutilizar estos residuos. La puzolana se define como un material de sílice o de sílice de aluminio. Cuando se muele finamente y existe humedad, reacciona con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente para formar un compuesto con propiedades gelificantes. **(Trezza & Rahhal, 2018)** El uso de subproductos industriales y / o residuos actualmente tiene un gran impacto. La industria del cemento juega un papel decisivo en este sentido, porque ayuda a reducir los residuos en las diferentes etapas de la producción, especialmente en la adición de materiales puzolánicos, así como a mejorar la calidad del producto final y reducir los costos. El informe dice que el mortero de vidrio esmerilado sumergido en agua durante siete años no presenta deterioro, es decir, aumenta su resistencia al estrés. Con respecto al alto contenido de álcali del vidrio, informan que el polvo de vidrio libera solo una pequeña cantidad de sodio en la solución.

III. METODOLOGÍA

III.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación: La presente investigación es de tipo aplicada y explicativa, porque debido a los ensayos que se realizaron sirvieron para buscar soluciones a problemas existentes relacionados al sector de ingeniería específicamente a un suelo arcilloso cuando se adiciona polvo de vidrio reciclado. Por lo tanto, se analizó los resultados del comportamiento

de los estabilizadores físicos (polvo de vidrio reciclado) en las muestras de suelo arcilloso y se propuso el porcentaje de sustitución.

Diseño de Investigación:

- **Diseño experimental:** Debido a que se realizaron pruebas de laboratorio tanto en muestras de arcilla como en polvo de vidrio reciclado. Por otro lado, debido al estudio de campo del suelo en la localidad de San Marcos Huari - Ancash, también es posible definir un diseño tipo campo. Dado que es posible observar el estado de la zona, como también se tomaron las fotos correspondientes del área. De acuerdo a lo expuesto, la investigación tiene un diseño de investigación experimental, ya que se procedió la manipulación intencional de la variable independiente con 2 niveles de porcentajes de adición de polvo de vidrio reciclado, para lo cual se manipularon de la siguiente manera: se extrajo una muestra de suelo arcilloso de la calicata indicada en nuestra delimitación, la cual primero se llevó a cabo el ensayo de mecánica de suelos con la muestra patrón y después se procedió con el mismo ensayo, pero esta vez adicionando polvo de vidrio a la calicata que tiene un índice de plasticidad crítico para buscar estabilizarlas. Los ensayos se realizaron con dos tipos de mezclas, una adicionando al 20% de polvo de vidrio y la otra a un 30%.

-M: Muestra que se manipuló para la investigación.

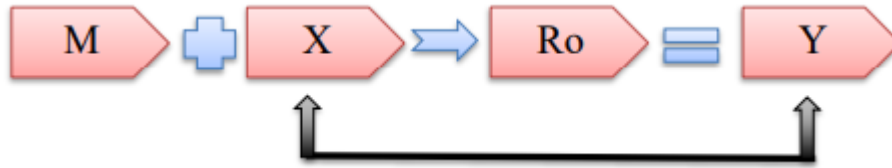
Xi: Variable Independiente

- X: Adición de polvo de vidrio reciclado (20% y 30%)

Ro: Resultados

Yi: Variable Dependiente

- Y: Estabilización de suelos arcillosos



III.2. Variables y operacionalización:

Variable independiente

Una variable independiente es una variable que no depende de otro factor existente en la realidad de la investigación. Para la presente tesis, la variable independiente es:

- ✓ Porcentaje de adición del polvo de Vidrio.

Variable dependiente

La variable dependiente es una variable que cambia debido a la ejecución de la variable independiente por parte del experimentador. La variable dependiente es la que se mide. Para el presente proyecto, la variable dependiente es :

- ✓ El suelo arcilloso y sus propiedades.

- **Definición conceptual:**

Las características mecánicas que presenta un suelo suelen referirse al comportamiento de este ante diversos agentes tales como la resistencia, permeabilidad, entre otros (**Méndez & Pineda, 2017**).

- **Definición operacional:**

Para la siguiente variable con fines de estabilización de suelo arcilloso se definirá el siguiente método de operación: Cuantitativa aplicada, de manera que se busque determinar con ensayos de laboratorio las propiedades del suelo de manera rápida y con resultados numéricos (**Enriquez & Shimabukuro Giagun, 2019**).

- **Indicadores:**

Independiente: Porcentaje de vidrio a utilizar al 20%, Porcentaje de vidrio a utilizar al 30%, Características del vidrio, Medidas de seguridad, Supervisión y control.

Dependiente: Análisis granulométrico, Contenido de humedad, Límite Líquido, Límite Plástico, Ensayo CBR.

- **Escala de medición:** Razón.

III.2.1. Recolección de elementos:

Recolección del suelo arcilloso

Es necesario recopilar tanta información del proyecto como sea posible para mejorar las propiedades mecánicas de la arcilla. A la altura del kilómetro 77 de la carretera tramo Pomachaca – San Marcos, provincia de Huari.

La muestra del suelo arcilloso se tomará de 1 calicata en el tramo establecido. Se eligió esta zona debido a la historia de problemas de hinchazón de la arcilla.



Figura 1. *Lugar de extracción de la muestra de suelo.*

Fuente: Elaboración propia

Recolección del Vidrio Reciclado

Este elemento se obtiene a partir de botellas de vidrio recicladas, que son un tipo de material cerámico amorfo. Se elegirá esta opción porque el método de adquisición es simple, porque cualquiera puede recolectar o utilizar los residuos de forma gratuita.

III.3. Población, muestra y muestreo

Universo: El universo del presente estudio son los suelos arcillosos.

Población: Suelos arcillosos en el kilómetro 77 de la carretera tramo Pomachaca – San marcos, provincia de Huari.



Figura 2. Tramo del lugar de estudio

Fuente: Google Earth

- **Criterios de Inclusión:** Suelos arcillosos, instrumentos de laboratorio, polvo de vidrio reciclado.
- **Criterios de exclusión:** Se excluirán las muestras que presenten deficiencias o estén defectuosas, tales como, el material removido de los moldes que se hayan dañado o fracturado.

Muestra: En la presente investigación la muestra es no probabilística e intencional, porque se escogió sus unidades no en forma fortuita, sino en forma arbitraria, designando a cada unidad según características que al investigador resulten de relevancia (**Sabino, 2015**).

Tamaño de la muestra: Material extraído de una calicata en el kilómetro 77 de la carretera Pomachaca-San marcos.

III.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

III.4.1. Técnicas

Para la recolección de datos, el análisis será analítico y explicativo, porque permite seleccionar datos importantes durante el proceso de investigación. La visualización directa permitirá el análisis de eventos que ocurrieron en el momento de la recolección de datos. Por ejemplo, al obtener muestras de suelos hinchados, se debe considerar cómo el área enfrenta los fenómenos de suelos problemáticos. Finalmente, las técnicas seguidas en las pruebas de laboratorio también deben ser consideradas mediante el uso de un "manual de pruebas de materiales", que corresponde a un documento que detalla las pruebas experimentales. A continuación, se detalla los trabajos que se realizarán y las técnicas e instrumentos que serán necesarios para desarrollar el presente proyecto:

Tabla 1. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

Fuentes	Técnicas	Instrumentos
Trabajos de campo	Levantamiento topográfico	Equipos topográficos
	Calicatas	Herramientas manuales
Ensayos realizados	Estudios mecánica del suelo	Laboratorio de mecánica de suelos

Fuente: Elaboración propia

III.4.2. Instrumentos

En la sección de instrumentos, se utilizarán las herramientas de excavación adecuadas para realizar la calicata, incluyendo la cima de la montaña, lampa, barretta y costera. Al mismo tiempo, para los temas de investigación, todos deben tener su propia computadora portátil para

hacer diferentes avances en el conocimiento, a fin de obtener productos de alta calidad.

Los ensayos a realizar son los siguientes: MTC E-107-2000 (ANALISIS GRANULOMETRICO), ASTM-422, MTC E-108-2000 (CONTENIDO DE HUMEDAD), ASTM-2216, MTCE110-2000/MTCE111-2000 (LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD), ASTM-4318, CLASIFICACION (SUCS), ASTM -2487, MTCE115-2000 (PROCTOR MODIFICADO), ASTM-1557 Y MTCE-132-2000 (CBR), ASTM-1883, la toma de datos fue proporcionado de esta forma por el laboratorio donde se realizaron los análisis y ensayos respectivos.

III.5. Procedimientos

Se empleó un cronograma de actividades a realizarse durante la estadía en el pueblo de San Marcos. Se estableció contacto con un ingeniero para que nos ayude a determinar el área exacta donde se pueden obtener muestras de suelo hinchadas. Se registró los datos y fotos del área donde se obtuvo la muestra del pozo para obtener la muestra de arcilla.

- Estudio de la zona, En primer lugar, se debe estudiar la zona donde se obtendrá la muestra de suelo. En este caso se eligió la zona de San Marcos. De acuerdo con los mapas de zonificación de suelos expansivos en las regiones norte y noreste del Perú, los tipos característicos de suelo en esta área corresponden a suelos expansivos. En este lugar se pudo notar posibles desperfectos, por ende, se tomaron fotografías de las diferentes muestras que se obtuvieron.
- Obtención de las muestras de Suelo arcilloso: Se realizó la excavación correspondiente a 1 pozo a una profundidad de 1,50m para obtener muestras de suelos expansivos. El método a aplicar en esta ubicación, es visual a través del proceso de humedecer la muestra y observar el comportamiento de contracción cuando pierde humedad. Luego de obtener la muestra, se debe enviar a la ciudad de Huaraz (Laboratorio). Una vez que llega la muestra, se debe analizar la muestra sin cambios para determinar sus características. Límite líquido, límite plástico e índice

de plasticidad será de gran utilidad porque nos permite clasificar los suelos a través de criterios.

- Obtención de los estabilizantes, Se recomienda reciclar el vidrio porque es un material que se puede reciclar al 100% recolectando botellas de refresco, vasos y frascos. Cabe decir que el vidrio reciclado también se puede encontrar en varios centros de acopio de la zona, que se dedican a procesar estos materiales para su posterior venta. Una vez que se recupera el vidrio, se recomienda utilizar la flexión para moler el material, lo que desgastará el material, que se puede romper en pequeños diámetros. Por tanto, el producto que busca el proceso de vidrio esmerilado es similar a los aditivos en partículas pequeñas, y de esta forma, se puede combinar con la arcilla tomando diferentes porcentajes de muestras, de manera que el ensayo establecido se pueda realizar en el futuro. para verificar que la hipótesis es correcta al inicio de la investigación, y de esta manera probar que se han mejorado las propiedades geotécnicas del suelo.
- Mezcla del suelo arcilloso con los estabilizantes, una vez obtenido el estabilizador y el suelo expansivo, se debe mezclar la muestra de arcilla con polvo de vidrio para evaluar su comportamiento.

El suelo arcilloso y polvo de vidrio se medirán en peso respectivamente de acuerdo a las proporciones indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Proporción de Mezcla y Símbolos Referentes a cada Material.

MATERIAL/MEZCLA	% DE SUELO ARCILLOSO	% DE VIDRIO RECICLADO
MEZCLA PATRÓN	100%	
MEZCLA 01		20%
MEZCLA 02		30%

Fuente: Elaboración propia

Procesos de experimentación

En la primera parte, se realizó ensayos de laboratorio a la muestra obtenida en campo para su respectiva caracterización física y mecánica, las cuales serán:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (MTC E 107-ASTM D422)
- Análisis granulometría por sedimentación (ASTM D 422)
- Humedad Natural (MTC E 108-ASTM D2216)
- Límites de Atterberg - Límite Líquido (MTC E 110-ASTM D4318) - Límite Plástico (MTC E 111-ASTM D4318) - Índice de Plasticidad (MTC E 111-ASTM D4318)
- Clasificación de Suelos método SUCS (ASTM D2487)

En la segunda parte, se aplicó polvo de vidrio (partículas que pasan el tamiz N°200) al suelo según las mezclas de la tabla 6; para analizar su comportamiento mecánico, los ensayos a realizar son:

- Proctor Modificado (ASTM D-1557)
- Ensayo CBR.

III.6. Método de análisis de datos

En este estudio, la prueba de suelo se realizó primero con muestras naturales, luego la prueba de suelo con combinación suelo-polvo de vidrio molido, después de la caracterización del polvo de vidrio, las muestras de arcilla se estabilizaron químicamente con diferentes proporciones de polvo, buscando mejorar la capacidad de resistencia (CBR), reducir el índice de plasticidad e hinchamiento, y evaluar la máxima densidad, sequedad y mejores características. El respectivo procesamiento de datos de la investigación se va a realizar mediante hojas de cálculo con apoyo de la aplicación Microsoft Excel, el análisis de datos se presentará con gráficos de líneas, gráficos de dispersión, gráficos de barras y cuadros comparativos.

III.7. Aspectos éticos

Según **(González, 2016)**, la ética es parte de la filosofía que trata de la moral y de las obligaciones del hombre. La investigación no es sólo un acto técnico; es ante todo el ejercicio de un acto responsable.

En la presente investigación los siguientes aspectos éticos que se ha tomado en cuenta son las siguientes:

Criterios nacionales: Para la redacción de la tesis, se ha tomado información de otros autores, teniendo la estricta obligación de colocar la fuente correspondiente.

Además, se cree apropiado acompañar con los siguientes principios éticos:

Beneficencia: Este inicio permite alcanzar los beneficios en los participantes de la Investigación y enriquecer a través de un valor y emprender el bienestar social. Por lo tanto, la presente investigación además de ello busca aportar un nuevo conocimiento a la universidad, brindar un apoyo social compartiendo un informe técnico con el distrito de San Marcos y alrededor en consideración de estar en el principio ético.

No Maleficencia: Consta con el deber ético de ocasionar daños en la ejecución de la investigación a ningún ser vivo, por lo que la investigación tratar de desdeñar los daños que se pueda ocasionar en el proceso a investigar, posteriormente se cuidará los aspectos legales, ambientales y hasta los derechos fundamentales de las personas que participen directa o indirectamente del proyecto.

IV. RESULTADOS

IV.1. Clasificación de los suelos

Para el presente estudio se consideró 1 calicata extraída del kilómetro 77 de la carretera de Pomachaca, estas fueron evaluadas a una profundidad de 1.50 m, a continuación, se presenta los resultados de manera resumida.

MUESTRA PATRON:

Tabla 3.

Clasificación del suelo natural según SUCS: (ASTM D 422) - (NTP 339.128)

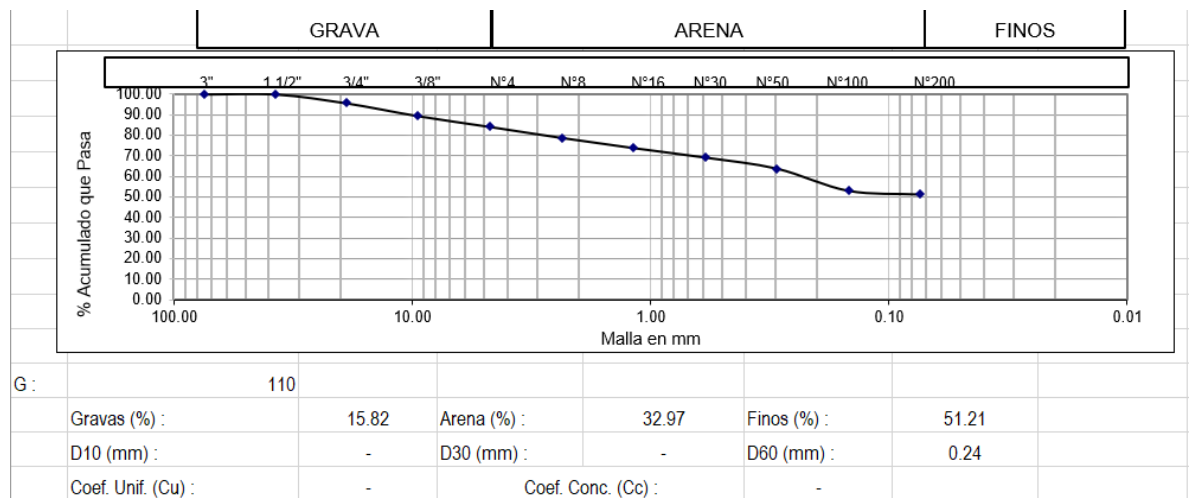
LUGAR:	SAN MARCOS				
CALICATA N°:	01	CANtera:	NO ESPECIFICA		
PROFUNDIDAD (m) :	1.50 m	FECHA:	jueves, 14 de Julio de 2022		
PESO INICIAL SECO (gr) :	6385.00	% PASA N° 200 :	51.21%		
PESO LAVADO SECO (gr) :	3135.00	% PESO RETENIDO 3" (gr) :	0.00%		
TAMICES A.S.T.M.	DESCRIPCION ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%) PASA(%)	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	275.00	4.31	4.31	95.69
3/8"	9.500	400.00	6.26	10.57	89.43
N° 4	4.750	335.00	5.25	15.82	84.18
N° 8	2.360	345.00	5.40	21.22	78.78
N° 16	1.180	315.00	4.93	26.16	73.84
N° 30	0.590	295.00	4.62	30.78	69.22
N° 50	0.295	345.00	5.40	36.18	63.82
N° 100	0.148	690.00	10.81	46.99	53.01
N° 200	0.074	115.00	1.80	48.79	51.21
FONDO	20.00	0.31		
TOTAL		3135.00	49.10		
Gravas (%) :	15.82	Arena (%) :	32.97	Finos (%) :	51.21
D10 (mm) :	-	D30 (mm) :	-	D60 (mm) :	0.24
Coef. Unif. (Cu) :	-	Coef. Conc. (Cc) :	-		
Limite Liquido :	LL = 19.63 %				
Limite Plastico:	LP = 8.31 %				
Indice de Plasticidad:	IP = 11.33 %				
Clasificacion SUCS :	CL				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.

Análisis granulométrico por tamizado: (ASTM D 422) - (NTP 339.128)

CALICATA N°:	01	CANTERA:	NO ESPECIFICA		
PROFUNDIDAD (m) :	1.50 m	FECHA:	jueves, 14 de Julio de 2022		
PESO INICIAL SECO (gr) :	6385.00	% PASA N° 200 :	51.21%		
PESO LAVADO SECO (gr) :	3135.00	% PESO RETENIDO 3" (gr) :	0.000		
TAMICES A.S.T.M.	DESCRIPCION ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	275.00	4.31	4.31	95.69
3/8"	9.500	400.00	6.26	10.57	89.43
N° 4	4.750	335.00	5.25	15.82	84.18
N° 8	2.360	345.00	5.40	21.22	78.78
N° 16	1.180	315.00	4.93	26.16	73.84
N° 30	0.590	295.00	4.62	30.78	69.22
N° 50	0.295	345.00	5.40	36.18	63.82
N° 100	0.148	690.00	10.81	46.99	53.01
N° 200	0.074	115.00	1.80	48.79	51.21
FONDO	20.00	0.31		
TOTAL		3135.00	49.10		



METODOS DE PROCTOR MODIFICADO

<u>METODO A</u>	15.82	<20% (N4)		OK
METODO B	15.82	> 20% (N4)	10.57	≤20% (3/8") NO CUMPLE
METODO C	10.57	> 20%(3/8")	4.31	< 30% (3/4") NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la estabilización de suelos arcillosos adicionando polvo de vidrio reciclado en el tramo Pomachaca.

De acuerdo a los resultados adquiridos en los ensayos con el agregado polvo de vidrio, se pudo corroborar que la capacidad de soporte (CBR) y la máxima densidad seca incrementan porcentualmente. Así mismo se logró reducir el índice de plasticidad de la muestra analizada cumpliendo así con los parámetros mínimos que debe tener el CBR.

A continuación, en la tabla se muestra los valores de mejora del CBR.

Tabla 5.

Resumen de los ensayos realizados del suelo arcilloso – polvo de vidrio.

MUESTRA	% DE ADICION	COMPACTACIÓN		CBR (%)	I.P (%)
		M.D.S (gr/cm3)	O.C.H (%)		
SUELO ARCILLOSO + POLVO DE VIDRIO RECILADO	0	2.212	10.01	1.57	11.33
	20%	2.848	8.12	2.68	4.53
	30%	2.924	6.23	2.93	0.00

Fuente: Elaboración propia

LÍMITES DE ATTERBERG

Las muestras analizadas presentaron una plasticidad alta. La primera muestra del 0 % tiene un índice de plasticidad I.P. de 11.33%, la segunda muestra a un 20% tiene 4.53% de I.P. y la tercera muestra tiene un I.P. menor de 0%, la cual se deduce que se reduce el I.P siendo optimo al 20% de adición de polvo de vidrio.

Tabla 6.

Resumen de los resultados de límite de Atterberg

CALICATA	MUESTRA	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
C-01	M-01 0%	19.63	8.31	11.33
	M-02 20%	19.40	14.87	4.53
	M-03 30%	19.17	21.43	0

Fuente: elaboración propia

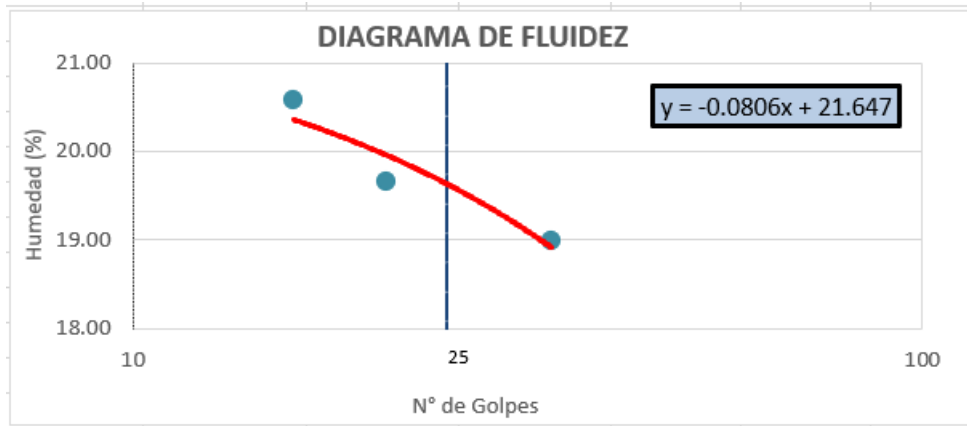


Figura 3. Diagrama de fluidez de la muestra patrón.

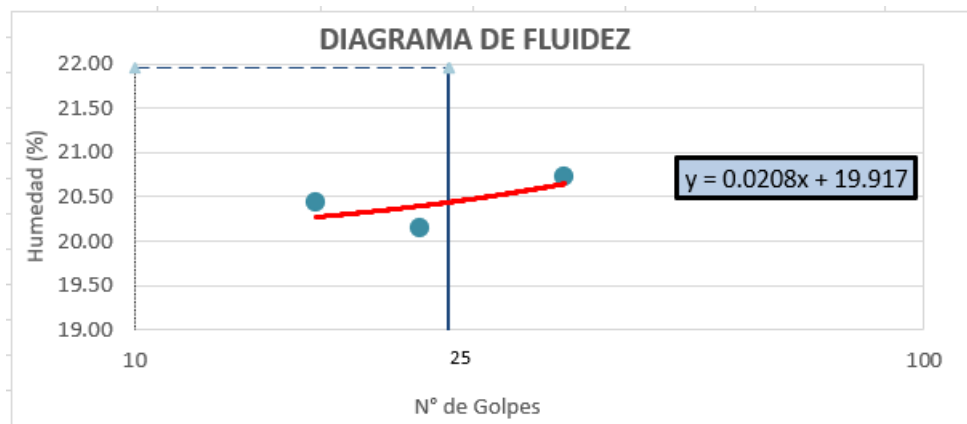


Figura 4. Diagrama de fluidez de la muestra agregando polvo de vidrio al 20%.

RESULTADOS DESCRIPTIVOS

CONTENIDO DE HUMEDAD Y PROCEDIMIENTO.

Para la realización de este ensayo de contenido de humedad la muestra patrón de acuerdo al procedimiento, se estableció las siguientes normas técnicas peruana NTP 339.127.

Se analizaron muestras inalteradas extraídas de cada calicata 01 y las muestras se transfirieron inmediatamente al Laboratorio de Suelos, donde se determinaron las muestras de suelo mediante los siguientes cálculos:

- En el primer paso se determinó el peso del agua contenida (W_w)

$$W_w = \text{Peso total del suelo húmedo} - \text{Peso total del suelo seco}$$

- El Segundo paso fue determinar el peso del suelo seco (W_s)

$$W_s = \text{Peso total del suelo seco} - \text{Peso del recipiente (tara)}$$

- En el tercer paso se procedió calcular el contenido de humedad de cada una de las muestras representativas del suelo ($W\%$)

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

- Finalmente se calculó el promedio de los porcentajes de humedad. Tal como se especifica en las siguientes tablas.

TABLAS ESTADÍSTICAS

Tabla 7. Contenido de humedad del suelo

MUESTRA N°	01	02	03
Tipo de Frasco Utilizado	7	6	15
Peso Húmedo + Recipiente (gr)	91.00	85.70	77.00
Peso Seco + Recipiente (gr)	88.10	82.90	74.50
Peso recipiente (gr)	18.10	17.60	18.30
Peso del Agua (gr)	2.90	2.80	2.50
Peso del Suelo Seco (gr)	70.00	65.30	56.20
Contenido de Humedad (%)	4.14	4.29	4.45
Contenido de Humedad promedio (%)	=	4.29	

Fuente: Elaboración propia

CANTIDAD Y COSTOS DE VIDRIO TRITURADO POR ÁREA DEL SUELO

Para obtener la tasa del vidrio triturado en peso por área (m^2) a adicionar para la mezcla, se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa} = P_{sc} \times \% \text{ de CCA} \times H_e$$

Donde:

P_{sc} = Máxima densidad seca del suelo compactado (KG/M³)

% de CCA = porcentaje de adición de polvo de

vidrio H_e = Profundidad de la estabilización (m)

Tabla 8.

ENSAYO COMPACTACION PROCTOR MODIFICADA
(ASTM D1557 - MTC E115)

CALICATA N°:	01	METODO DE ENSAYO:	A
PROFUNDIDAD (m) :	1.50 m	FECHA:	jueves, 14 de Julio de 2022
Golpes/Capa:	25	Wmolde:	6070 gr
N°Capas:	5	Volúmen:	2300 cc
PESO DE MUESTRA INICIAL :	38.79	PASA MALLA 3/4" :	29.10 Kg
		R. MALLA 3/4" :	9.69 Kg
		% MAT. RET. 3/4" :	24.98%

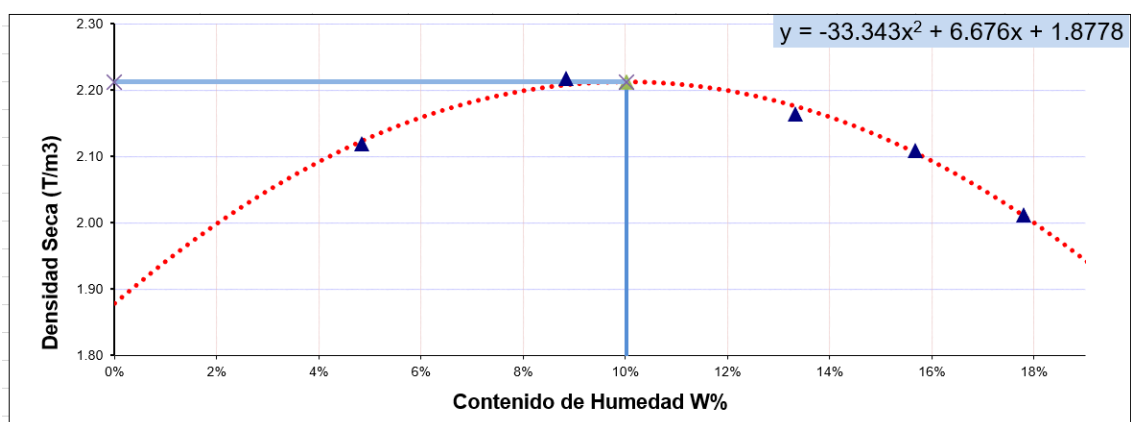
Determinación del Contenido de Humedad:

Recipiente N°	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
	33	34	25	22	20	32	10	7	14	8
Wsuelo Húm. + Recipiente	90.10	93.40	89.70	82.50	97.30	98.50	88.50	88.70	121.00	112.00
Wsuelo Sec. + Recipiente	86.60	89.70	83.70	76.80	87.70	88.30	78.40	79.60	103.80	99.50
Peso del Recip.	13.70	13.80	14.00	13.80	13.80	13.60	17.30	18.10	18.70	18.20
Peso del agua	3.50	3.70	6.00	5.70	9.60	10.20	10.10	9.10	17.20	12.50
Peso suelo seco	72.90	75.90	69.70	63.00	73.90	74.70	61.10	61.50	85.10	81.30
Cont. Hum W%	4.80%	4.87%	8.61%	9.05%	12.99%	13.65%	16.53%	14.80%	20.21%	15.38%

Determinación de la Densidad

	1	2	3	4	5
Cont. Hum. Prom.	4.84%	8.83%	13.32%	15.66%	17.79%
Wsuelo + molde (gr)	11180	11620	11710	11680	11520
Wmolde (gr)	6070	6070	6070	6070	6070
Wsuelo (gr)	5110	5550	5640	5610.0	5450.0
Densidad Húmeda (gr/cc)	2.22	2.41	2.45	2.44	2.37
Densidad Seca (T/m ³)	2.12	2.22	2.16	2.11	2.01

Fuente: Elaboración propia

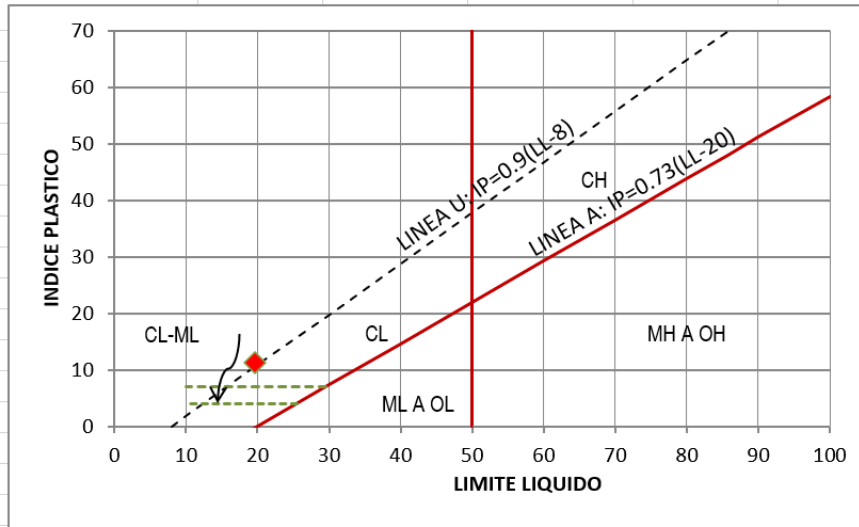


110

Contenido de Humedad Óptima:	10.01%	Densidad Seca Máxima:	2.212
------------------------------	--------	-----------------------	-------

Figura 5. Diagrama de fluidez – Proctor Modificado.

ABACO DE CASAGRANDE
CLASIFICACIÓN SUCS



IP =	11.33
LL =	19.63

Figura 6. Abaco de casa grande.

Tabla 9.

PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDO (Gs)
(ASTM D 854 AASHTO T 100)

MUESTRA N°	01	02	03
Tipo de Frasco Utilizado	1	2	3
Peso Frasco + Agua 1	684.3	662.8	667.7
Peso Material Sup Seca al aire	83.3	84.1	85
Peso Materiales Saturados + Agua + Frasco	767.6	746.9	752.7
Peso Global con desp. De Volumen	734.4	713.2	718.7
Peso Vol. Masa + Vol. Vacios	33.2	33.7	34
Peso especifico de los solido	2.51	2.50	2.50
Peso Especifico Promedio			= 2.50

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

En la tesis de **Lara et al., (2016)** denominada empleo del vidrio reciclado triturado en sustitución parcial del árido fino para elaborar hormigón con fines de sostenibilidad, en sus resultados se le realizaron ensayos físicos que permitieron obtener la composición granulométrica, peso específico, absorción y módulo de finura. A partir de la revisión bibliográfica se concluyó que el vidrio reciclado triturado puede sustituir parcialmente el árido fino en el hormigón en proporciones de 10%, 20 %, 30 % y 40 %. Por ende, la adición de polvo de vidrio reciclado en suelo arcilloso mejora sus propiedades mecánicas a un 20% y 30%.

En la investigación realizada de **Vargas et al., (2016)** donde determinó las características estándar de las calicatas, es decir, las características obtenidas en dos calicatas son: contenido de humedad del 15,6%, límite líquido del 34,3%, límite plástico del 23,4% e índice de plasticidad del 10,9%. La determinación del tamaño de partícula es también el porcentaje de paso de malla # 200 es 86%. Por lo tanto, el suelo es CL (arcilla plástica baja) según la clasificación SUCS. Por ende, este estudio se compara con la presente investigación debido a que pretende determinar el límite consistencia de los suelos arcillosos para su estabilización agregando 20% y 30% de polvo de vidrio reciclado.

En el estudio de **Salas et al., (2020)** donde realizó los ensayos de proctor modificado con las muestras patrón y con adición de vidrio triturado, obteniendo una densidad seca de 1.66gr/cm³ a 1.67 gr/cm³ y con una humedad óptima de 7.5 a 8.6% sin adicionar polvo de vidrio, sin embargo, al adicionar el polvo de vidrio en porcentajes de 25,35,45 % de vidrio triturado se logró la densidad, el porcentaje de adición de vidrio triturado. El resultado predominante es 25%. Tiene la mejor densidad seca de 1,68 g / cm³ a 1,89 g / cm³, y la mejor humedad es de 7,65 a 9,50%. Esto confirma, que con la adición de polvo de vidrio reciclado se obtiene una mejor densidad seca máxima a un 20% siendo 2.848 y un contenido de humedad óptimo de 8.12,

por ende, se logra una mejor compactación cuando se agrega este material estable.

Según **Bravo et al., (2016)** en su revista titulada “determinación de las propiedades mecánicas en un suelo arcilloso como función de la densidad y el contenido de humedad” menciona que la arcilla tiene una función principal, que es realizar la fluidización cuantitativa a simple vista, observar la respuesta de la cantidad de agua y electrolito sumergidos en la arcilla, y comparar los datos de comportamiento. Esta información se puede ver en la prueba realizada al agregar agua en este trabajo. Se considera que el comportamiento de la arcilla se refiere a la plasticidad del material y la capacidad de absorber agua rápidamente y mantener la retención.

VI. CONCLUSIONES

En la investigación luego de obtener los resultados de la prueba de límite de consistencia, Proctor y CBR mejorados, se combinaron el suelo y los vidrios rotos para determinar la estabilidad del suelo. El resultado favorable es que, en relación al peso de la muestra, la adición de 20% puede mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Se determinó la estabilización de este suelo, obteniendo resultados favorables, en el que se logró mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, donde se testifica que se logró un CBR de 2.11%; y una densidad seca máxima de 2.848; con un óptimo contenido de humedad de 8.12%, reduciendo el índice de plasticidad de 11.33% a 4.53%.

Entonces, para lograr este objetivo general, de acuerdo con las pruebas realizadas en el laboratorio de mecánica de suelos, se determinaron las características y la mecánica del suelo analizado, entre ellas, el tipo de suelo de la muestra se evaluó mediante el análisis de tamaño de partícula por tamiz y la prueba límite de suelo según SUCS CL suelo (suelo de arcilla plástica baja), las muestras se clasifican según el tamiz que retiene grava, arena y arcilla. La arcilla es dominante, obteniendo 51,21%, el límite de líquido es

19.40%, el límite plástico es 14.87%, el índice de plasticidad es 4.53%, la densidad seca máxima es 2.848 gr / cm³, el contenido de humedad es 8.12%, el índice CBR es 2.68% lo que significa que sus propiedades mecánicas se han mejorado por compactación.

Debido a la resistencia y capacidad de carga del suelo de la calicata 01, se concluyó que la arcilla logró estabilizarse luego de agregar el 20% del vidrio de desecho relacionado con el peso de la muestra de suelo y el contenido óptimo de humedad para alcanzar el 95% de CBR es 2.68% para obtener mejores resultados. Por el contrario, la muestra estándar es desventajosa debido a su baja resistencia, alcanzando el 1.57% de CBR.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda al distrito municipalidad de Huari y el apoyo de la municipalidad de San marcos que realicen la mejora de la carretera Pomachaca – San marcos, aplicando la adición de polvo de vidrio reciclado como material estabilizante , para lograr mejorar la capacidad portante y estabilizar el suelo natural, así mismo se tiene que tener en cuenta que el porcentaje adecuado a adicionar es el 20% con relación al peso del material a estabilizar, se debe realizar un buen mezclado y batido del suelo natural con el polvo de vidrio reciclado para lograr una mejor compacidad y estabilidad, al igual como se obtuvo en el laboratorio, por otra parte, el polvo de vidrio reciclado deber ser tamizadas por la malla N° 200 para lograr partículas más fino ya que este material tiene una mayor adherencia cuanto más fino sea.

Asimismo, se recomienda utilizar vidrios rotos en suelos de textura fina, como arcilla y limo, que tienen una menor tasa de soporte de CBR, porque la adición de este material estabilizador aumentará los parámetros de CBR.

Al ministerio de transporte y comunicaciones, la difusión y presentación de la aplicación del vidrio triturado para la estabilización de suelos arcillosos de baja capacidad portante, que puede ser aplicable para suelos con CBR menor a 6 %.

De igual forma, la encuesta actual sirve para futuras encuestas similares a este tema, utilizando la información recopilada y analizada como una guía básica para estabilizar la arcilla en diferentes regiones de nuestro país. Para futuros investigadores, continuar estudiando tasas de adición mayores o menores de este material para estabilizar los diferentes tipos de suelos que aparecen en el sistema de clasificación, de modo que se pueda entender claramente la mejor tasa de adición de polvo de vidrio para cada tipo de suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, L. C., & Puerto Porras, J. A. (2018). *Desempeño de un concreto hidráulico adicionado con vidrio molido reciclado y EAFS*. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3083>

Bravo, E., Herrera Suárez, M., González Cueto, O., Tijskens, E., & Ramon, H. (2016). Determinación de las Propiedades Mecánicas en un Suelo Arcilloso como Función de la Densidad y el Contenido de Humedad. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(3), 05-11.

Camacho, J., Reyes, Ó. J., & Antolínez, C. M.-. (2018). Curado natural y acelerado de una arcilla estabilizada con aceite sulfonado. *Ingeniería y Desarrollo*, 24, 48-62. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85212334005>

Camelo, J. C. O., Vélez, J. S. P., & Avendaño, A. F. P. (2017). *Uso del vidrio reciclado como agregado fino en morteros de pega para uso en viviendas de mampostería estructural*. 8.

Castromonte, E. H., & Poma, K. A. (2017). Estabilización de suelos con polvo de vidrio reciclado. *Universidad San Pedro*. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/1550>

Enriquez, J. G. J., & Shimabukuro Giagun, K. A. (2019). Diseño de mezcla de concreto f'cr 210 kg/cm² mediante la adición de vidrio molido reciclado en reemplazo parcial de cemento tipo I en Lima-Perú. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/628155>

Lamorú, L. de los Á., Crespo-Castillo, R., Rodríguez-Suárez, L., González-Batista, Y., Columbié-Lamorú, L. de los Á., Crespo-Castillo, R., Rodríguez-Suárez, L., & González-Batista, Y. (2020). Evaluación del uso de vidrio reciclado en la producción de hormigones cubanos. *Minería y Geología*, 36(2), 218-233.

Lara, H., Arístides, J., Ramírez, M., Remberto, D., Amaya, Z., & Eduardo, C. (2016). *Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad de el salvador*. 380.

León, F., & Imelda, P. (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*. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2125>

Loyola, G., & Rodriguez, E. J. A. (2020). Influencia del almidón de la cáscara de papa para mejorar sus propiedades de la subrasante en suelo arcillosos provincia de Jaén—Cajamarca 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60780>

Marco, J., García, E., Más, M. I., Alcaraz, V., & Luizaga, A. (2012). Estudio de la resistencia a compresión de morteros fabricados con conglomerante compuesto de polvo de vidrio. *Informes de la Construcción*, 64(528), 529-536. <https://doi.org/10.3989/ic.11.100>

Martínez, D. D., & Sotolongo, G. Q. (2019). Aplicación y validación de una metodología integral para la evaluación de la expansividad de suelos arcillosos. *Ingeniería*, 13(1), 5-13. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46713055001>

Ordóñez, J., Juárez, M., & Auvinet, G. (2018). Caracterización del subsuelo y análisis de riesgos geotécnicos asociados a las arcillas expansivas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, XVI(3), 453-470. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40440683012>

Pereyra, F. X. (2017). Geología urbana del área metropolitana bonaerense y su influencia en la problemática ambiental. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59(3), 394-410. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-48222004000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Pinday, K. D., & Escalante, W. M. (2019). Diseño de mezcla de concreto con vidrio triturado en los elementos estructurales de la vivienda ubicada en mz g—35 Urb. Jardines ex corp. Piura. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45675>

Rondón, H. A. (2017). Evaluación del comportamiento de arcillas sometidas a diferentes tiempos de exposición a altas temperaturas. *Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 14.

Salas, Z. P., Quintana, I. N., Morales, E., & Ortiz, D. (2020). Empleo del vidrio reciclado triturado en sustitución parcial del árido fino para elaborar hormigón con fines de sostenibilidad. *Ciencia en su PC*, 1(4), 64-81.

Taha, B., & Nounu, G. (2015). Properties of concrete contains mixed colour waste recycled glass as sand and cement replacement. *Construction and Building Materials*, 22(5), 713-720. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.01.019>

Tauta, J. F. C., Ortiz, O. J. R., Antolínez, C. M., & G, D. F. M. (2020). Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 16(2), 45-53. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91116205>

Tello, W. (2017). Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparado con el concreto convencional, Barranca-2016. *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2120>

Trezza, M. A., & Rahhal, V. F. (2018). Comportamiento del residuo de vidrio molido en cementos mezcla: Estudio comparativo con microsilice. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 23. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620170001.0311>

Vargas, J. G., Rosa, V. F. D. la, & Marcillo, F. H. (2016). Estudio del polvo de vidrio obtenido de la molienda de botellas recicladas en la provincia de Santa Elena, como sustituto parcial del cemento en el hormigón. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(3), 27-32. <https://doi.org/10.26423/rctu.v3i3.195>

Vargas, J. G., Rosa, V. F. D. la, & Marcillo, F. H. (2017). Estudio del polvo de vidrio obtenido de la molienda de botellas recicladas en la provincia de Santa Elena, como sustituto parcial del cemento en el hormigón. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(3), 27-32. <https://doi.org/10.26423/rctu.v3i3.195>

ANEXOS

VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
Variable Dependiente	Propiedades mecánicas de un suelo arcilloso	Las características mecánicas que presenta un suelo suelen referirse al comportamiento de este ante diversos agentes tales como la resistencia, permeabilidad, entre otros (Méndez & Pineda, 2017).	Para la siguiente variable con fines de estabilización de suelo arcilloso se definirá el siguiente método de operación: Cuantitativa aplicada, de manera que se busque determinar con ensayos de laboratorio las propiedades del suelo de manera rápida y con resultados numéricos (Enriquez & Shimabukuro Giagun, 2019).	Límite de consistencia	Análisis granulométrico	Ficha de Granulometría por Tamizado (MTC E 107- 2000) Ficha de Contenido de humedad (MTC E 108-2000)	Razón
					Contenido de humedad		
				Índice de plasticidad	Límite Líquido	Ficha de Límite de Atterberg (MTC E 110 – 2000/ MTC E 111- 2000)	
					Límite Plástico		
Capacidad y resistencia del suelo	Ensayo CBR	Ficha de California Bearing Ratio (MTC E 132 - 2000)					
VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	
Variable Independiente	Polvo de vidrio o reciclado	Es el proceso mediante el cual se convierten desechos de vidrio en materiales que servirán para la creación de nuevos productos. (Santamaria, 2017).	Permite la obtención de compuestos plásticos de ingeniería aptos para aplicaciones exigentes, en las cuales las propiedades mecánicas, la resistencia a la temperatura y la estabilidad dimensional para los suelos arcilloso (Alonso & Puerto Porras, 2018).	Cantidad de mezcla con vidrio triturado en relación al peso del suelo	Porcentaje de vidrio a utilizar al 20%	Razón	
					Porcentaje de vidrio a utilizar al 30%		
				Estándares del vidrio Gestión de seguridad	Características del vidrio		
					Medidas de seguridad Supervisión y control		

Fuente: Elaboración propia

AUTOR						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE, INDICADOR E INSTRUMENTO			
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿De qué manera las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso mejorarán agregando polvo de vidrio reciclado en el distrito de San Marcos?	Determinar si el uso del polvo de vidrio mejora las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso	El uso del polvo de vidrio mejora las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso	Propiedades mecánicas de un suelo arcilloso	Propiedades mecánicas de un suelo arcilloso	Capacidad Portante CBR%	Experimento
					Límites de Plasticidad	Laboratorio
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿De qué manera el límite de consistencia de los suelos arcillosos va a mejorar la estabilización agregando polvo de vidrio reciclado, San Marcos -Ancash 2022?	Determinar el límite de consistencia de los suelos arcillosos para la estabilización agregando un 20% y 30% de polvo de vidrio reciclado, San Marcos - Ancash 2022.	El límite de consistencia de los suelos arcillosos será estabilizado agregando un 20% y 30% de polvo de vidrio reciclado, San Marcos - Ancash 2022.	Polvo de vidrio reciclado	Cantidad de mezcla con vidrio triturado en relación al peso del suelo	Porcentaje de vidrio a utilizar al 20%	Laboratorio calicata 01
					Porcentaje de vidrio a utilizar al 30%	
¿De qué manera va a mejorar la permeabilidad del suelo arcilloso con el polvo de vidrio reciclado, San Marcos -Ancash 2022?	Determinar la permeabilidad del suelo arcilloso agregando un 20% y 30% de polvo de vidrio reciclado, San Marcos - Ancash 2022.	La permeabilidad del suelo arcilloso mejora agregando un 20% y 30% de polvo de vidrio reciclado, San Marcos - Ancash 2022.		Estándares del vidrio	Características del vidrio	Visual
¿De qué manera va a mejorar la resistencia del suelo arcilloso con el polvo	Determinar la resistencia del suelo arcilloso agregando un 20% y 30% de polvo de vidrio	La resistencia del suelo arcilloso mejora agregando un 20% y				

de vidrio reciclado, San marcos -Ancash 2022?	reciclado, San marcos - Ancash 2022.	30% de polvo de vidrio reciclado, San marcos - Ancash 2022.		Gestión de seguridad	Medidas de seguridad	
---	--------------------------------------	---	--	----------------------	----------------------	--

Fuente: elaboración propia

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

FICHA TÉCNICA DE POLVO DE VIDRIO MOLIDO

Ficha técnica de PVM

Fuente: elaboración propia

FICHA TÉCNICA DE POLVO DE VIDRIO MOLIDO

Ficha técnica de PVM

POLVO DE VIDRIO	
DESCRIPCIÓN	Este elemento fue obtenido de botellas de vidrio recicladas. Se escogió esta opción debido a que el medio de adquisición es sencillo, pues los residuos están a disposición para que cualquier persona los pueda recoger o utilizarlos sin costo alguno.
NOMENCLATURA	<i>PVM</i>
USO	Estabilizante de suelo arcilloso con baja plasticidad en porcentajes 20%, 30% y 40% del peso del material.
INDICACIONES	El polvo de vidrio debe ser tamizado por la malla N° 200 ya que este material tiene mejores resultados cuando más fino sea, el porcentaje óptimo de adición de PVM para un suelo CL es el 20% del peso del material
PRECAUCIONES PERSONALES	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar el contacto con la piel y los ojos. - Llevar equipo de protección adecuado.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN	<p>Ojos: Usar gafas de protección total aprobadas por Norma G 0.50; no se recomienda usar lentes de contacto en condiciones polvorientas.</p> <p>- Piel: Utilizar guantes impermeables de caucho o nitrilo para evitar el contacto con la piel.</p> <p>Quitarse la ropa y los EPP corporales que se saturan de POLVO DE VIDRIO</p>
MEDIDAS CORRECTIVAS	<ul style="list-style-type: none"> - En caso de contacto prolongado con la piel se debe lavar con agua y jabón y luego aplicar crema, para evitar su resecaamiento. - En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua y concurrir al médico. En caso de ingestión, acudir inmediatamente al médico
PRECAUCIONES AMBIENTALES	Evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales y subterráneas

Fuente: elaboración propia

LABORATORIO HEAM E. I. R. L.
 FRANZ ALBERTO MAGUINA
 E.I.P. N° 134911
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Centro de Ingeniería y Tecnología
 Ing. YOCKY SANCHEZ ORTIZ
 INGENIERO CIVIL

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Carlos Alberto Stefan Loza
 INGENIERO AGRICOLA
 CIP N° 121787

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : FRANZ ALBERTH ARIAS MAGUIÑA
 Institución donde labora : UNIVESIDAD CÉSAR VALLEJO
 Especialidad : GEOTECNISTA
 Instrumento de evaluación :
 Autores de los instrumentos : PAJUELO SALVADOR CLARISSA
 RIVERA FLORES JULIO

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: POLVO DE VIDRIO RECICLADO en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: POLVO DE VIDRIO RECICLADO					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: VI: PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO ARCILLOSO Y VD: POLVO DE VIDRIO RECICLADO					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: El uso primordial de este estudio será utilizado para mejoramiento de suelos en carreteras

PROMEDIO DE VALORACIÓN:
2021.

43

Huaraz, 14 de julio de


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Consejo Profesional de Ingeniería
 Ing. Yanis Lorena Salazar
 INGENIERO CIVIL

LABORATORIO HEAM F.I.R.L.
 FRANZ ALBERTH ARIAS MAGUIÑA
 CIP N° 133581
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Carlos Alberto Fran Loid
 INGENIERO AGRICOLA
 CIP N° 131767

ENSAYOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION
 ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:128, ASTM D422)



Resultados; ASTM-D2487 / D3282	
Coeficiente de:	Uniformidad (Cu) -----
	Curvatura -----
	Grava (No 4 < Diam < 2") 2.0
Clasificación:	Arena (No 200 < Diam < No 4) 36.6
	Inicio (Diam < No 200) 61.4
	AASHTO A-6 (9)
	SUCS CL
ES UNA ARCILLA CON BAJA PLASTICIDAD	

[Signatures and stamps of the laboratory and the engineering professional]

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339:128, ASMT D422)

**TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO ARCILLOSO
AGREGANDO POLVO DE VIDRIO RECICLADO, SAN MARCOS, ANCASH**

TESISTA: RIVERA FLORES JULIO CESAR

LUGAR: DISTRITO DE SAN MARCOS

CALICATA: CL.01 PROFUNDIDAD:

TABLA: CONTENIDO DE HUMEDAD

Humedad (ASTM D2216)				
N° DEL RECIPIENTE		M1	M2	
PESO DEL RECIPIENTE	(g)	28.95	25.01	
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	166.35	151.65	
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	146.32	133.23	
PESO DEL AGUA CONTENIDA	(g)	20.03	18.42	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	117.37	108.22	PROMEDIO
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	17.07	17.02	17.04

Nota:

Las muestras fueron analizadas por los solicitantes en el laboratorio



CAMPUS HUARAZ
Av. Independencia 1480
Barrio Palmira Baja
Independencia - Huaraz
tel: (043) 483001

ENSAYO DE LIMITE ATTERBERG
(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339:128, ASMT D422)

TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO ARCILLOSO AGREGANDO POLVO DE VIDRIO RECICLADO, SAN MARCOS, ANCASH 2021.

TESISTA: RIVERA FLORES JULIO CESAR

LUGAR: DISTRITO DE SAN MARCOS

CALICATA: CL01 PROFUNDIDAD: 1.00M mts

TABLA: LÍMITE LÍQUIDO

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM-D4318)				
Nº RECIPIENTE		1	2	3
NÚMERO DE GOLPES		15	26	31
PESO RECIPIENTE	(g)	3.06	2.99	3.01
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	11.43	9.92	10.60
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	9.89	8.86	9.67
PESO DEL AGUA	(g)	1.54	1.06	0.93
PESO DEL SUELO SECO	(g)	6.83	5.87	6.66
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.55	18.06	13.96
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	18.19		

TABLA: LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM-D4318)			
Nº RECIPIENTE		1	2
PESO RECIPIENTE	(g)	5.65	9.05
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	11.34	13.73
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	11.23	13.63
PESO DEL AGUA	(g)	0.11	0.10
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.58	4.58
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	1.97	2.18
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	2.08	

Nota:

Las muestras fueron analizadas por los solicitantes en el laboratorio

CAMPUS HUARAZ
Av. Independencia 1488
Barrío: Patrocinio



Ing. Erikta Mojaly Huaco Castañeda
Coordinadora de la Unidad de Ingeniería Civil



ENSAYO COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO
(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339:141, ASMT D1557)

TESIS: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN SUELO ARCILLOSO AGREGANDO POLVO DE VIDRIO RECICLADO, SAN MARCOS, ANCASH

TESISTA: RIVERA FLORES JULIO CESAR.

LUGAR: DISTRITO DE SAN MARCOS

ASUNTO: ENSAYO COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

CALICATA: CL01-MUESTRA PATRON PROFUNDIDAD:

TABLA: COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

MOLDE N° 01	Volumen de molde (cc) : 943.47	Tipo de Molde: 4"	Temperatura Secado (°C) 110		
CAPAS N° 05	Golpes (N°) : 25	Peso de Molde (gr.) : 2085.2	Metodo : A		
PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557					
PRUEBA N°		1	2	3	4
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	943.47	943.47	943.47	943.47
PESO SUELO + MOLDE	gr	3563.3	3618.6	3738.2	3589.1
PESO MOLDE	gr	2085.2	2085.2	2085.2	2085.2
PESO SUELO COMPACTADO	gr	1478.1	1533.4	1653	1503.9
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.57	1.63	1.76	1.59
RECIPIENTE	N°	1	2	3	4
P. MUESTRA H. + TARA	gr	110.08	114.08	101.94	98.75
P. MUESTRA S. + TARA	gr	108.43	110.65	99.72	93.18
PESO DE TARA	gr	27.51	25.83	25.32	28.73
PESO DE AGUA	gr	1.65	3.43	4.32	5.57
PESO MUESTRA SECA	gr	80.92	84.82	71.40	65.45
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.029	4.044	6.050	8.382
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.625	1.662	1.652	1.471
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)		1.656			
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		6.382			

Nota:

Las muestras fueron analizadas por los solicitantes en el laboratorio

CAMPUS HUARAZ
Av. Independencia 1498
Barrio: Patrocinio San,
Independencia - Huaraz
Telf: 0433 483031


D.L. VICTOR HUGO VILLANUEVA NAVARRO
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL
ING. SUP.
UCV - HUARAZ


M. Ericka Napoly Aliso Castellanos
Laboradora de la Unidad de Ingeniería Civil

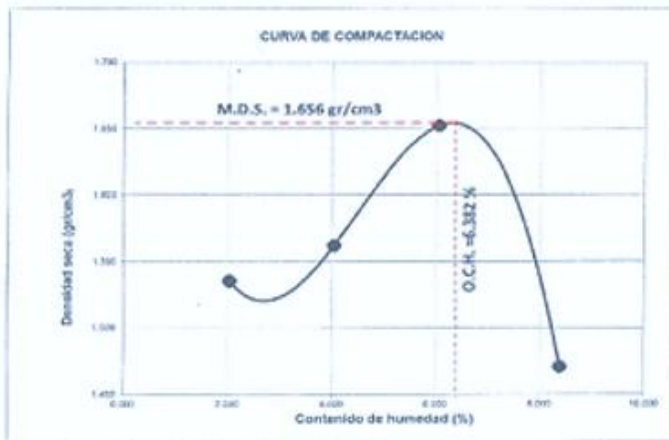


Ericka Napoly Aliso Castellanos
@ucv_0019
#laboratorio
ucv.edu.pe

ENSAYO COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO
(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339:141, ASMT D1557)

TESIS: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN SUELO ARCILLOSO AGREGANDO POLVO DE VIDRIO RECICLADO, SAN MARCOS, ANCASH

TESISTA: RIVERA FLORES JULIO CESAR
LUGAR: DISTRITO DE SAN MARCOS
ASUNTO: ENSAYO COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO
CALICATA: CL01-MUESTRA PATRON PROFUNDIDAD:



Nota:

Las muestras fueron analizadas por los solicitantes en el laboratorio

CAMPUS HUARAZ
Av. Independencia 1468
Barrío Píntura Baja
Independencia - Huaraz
Telf. 0431-483031


TIC VICTOR HUGO VILLAVERTES NIQUERO
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL
HUGO NIQUERO
UCV HUARAZ


Sr. Erika Moly Niso Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP: 339:145, ASTM D1883)
(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339:141, ASMT D1557)**

**TESIS: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN SUELO
ARCILLOSO AGREGANDO POLVO DE VIDRIO RECICLADO, SAN MARCOS, ANCASH**

**TESISTA: RIVERA FLORES JULIO CESAR
LUGAR: DISTRITO DE SAN MARCOS
ASUNTO: ENSAYO COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO
CALICATA: CL01-MUESTRA PATRON PROFUNDIDAD:**

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
MOLDE N°	1	2	3
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	26	25	20
MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2373.00	2373.00	2373.00
PESO DE MOLDE	3032.98	4118.33	5091.80
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	3496.83	4410.03	5283.90
PESO DEL SUELO HUMEDO	463.85	4292.00	4192.10
UNIFORMIDAD HUMEDA	1.89	1.81	1.81
RECIPIENTE N°	A	B	C
PESO DE RECIPIENTE	27.33	28.25	26.84
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	107.49	118.46	106.34
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	99.60	107.04	94.80
PESO DE AGUA	8.09	11.67	11.54
PESO DE SUELO SECO	72.47	93.85	87.96
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.15	14.57	14.88
UNIFORMIDAD SECA	1.76	1.69	1.34

DISTRIBUCION DE LA EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO (hrs)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/04/2018	17:40	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.0
20/04/2018	17:00	99	51	1.275	1.82	62	1.175	1.25	73	1.854	1.87

C.B.A. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO						
PENETRACION (mm)	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/psi)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/psi)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/psi)
0.025	97.1	32.9	82.8	34.2	64.7	2.9
0.050	130.6	43.4	85.8	36.5	58.4	2.8
0.075	188.5	62.6	115.1	44.5	85.8	28.8
0.100	226.4	78.2	175.6	68.8	128.1	59.2
0.150	275.6	93.6	214.8	71.4	135.5	61.4
0.200	305.7	109.6	245.3	81.5	159.4	53.8
0.250	402.5	133.4	385.7	94.9	208.8	59.4
0.300	432.6	143.1	325.8	108.2	224.2	

CAMPUS HUARAZ
Av. Independencia 1488
Barrio Palmira Esq.
Independencia - Huaraz


FACULTAD DE INGENIERIA
E.C. UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
CAMPUS HUARAZ


Mg. Erika Magaly Mesa Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



#huaradigital
uev.edu.pe

ANEXO: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 11-12. Recolección de las muestras (calicata)



Figura 13 - 14: Muestra de Suelo Tamizando



Figura 15-16: Ensayo Proctor Modificado



Figura 17-18: Mezcla de arcilla-polvo de vidrio para el ensayo

de proctor modificado



Figura 19- 20- 21: Ensayo Índice de Plasticidad

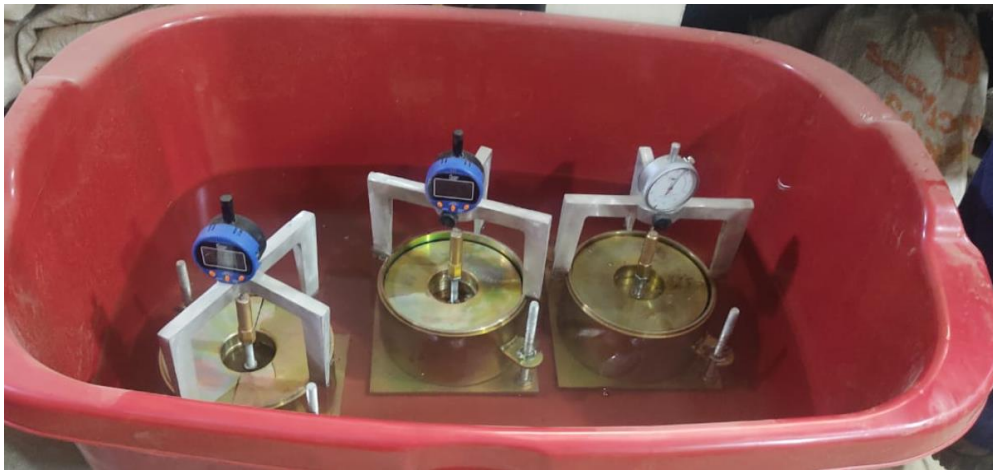


Figura 22- 23- 24: Ensayo CBR