

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Valoración de Residuos Sólidos de Construcción en la expansión de
suelos cohesivos**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Margot Amanda Calizaya Anahua
Judith Rocio Ayamamani Huanca

Asesor:

Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona

Juliaca, julio del 2025

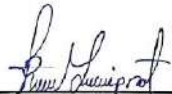
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“VALORACION DE RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCION EN LA EXPANSION DE SUELOS COHESIVOS”** de los autores Margot Amanda Calizaya Anahua y Judith Rocio Ayamamani Huanca tiene un índice de similitud de 18.0 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 17 días del mes de octubre del año 2025.


Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 07 día(s) del mes de julio del año 2025 siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del

(de la) presidente(a): Mtro Leonel Caballeros Paucar el (la) secretario(a): Msc. Ecler Mamani Chombi y los demás miembros: Mg. Gerardo Williams Pari Quipe y el (la) asesor(a) Ing. Rina Luzmeri Yampura Zicoua con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Valoración de Residuos Sólidos de Construcción en la expansión de suelos cohesionados

del(los) bachiller(es): a) Margot Amanda Galizaya Anahua
 b) Judith Rocío Ayamamani Huanca
 c) _____

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Margot Amanda Galizaya Anahua

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Buena</u>

Bachiller (b): Judith Rocío Ayamamani Huanca

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Buena</u>

Bachiller (c): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente/a
[Firma]
 Asesor/a
[Firma]
 Bachiller (a)

[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (b)

[Firma]
 Secretaria/a

 Miembro

 Bachiller (c)

Índice general

Índice general	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Índice de anexos	viii
1. Introducción	11
2. Materiales y métodos	15
2.1. Materiales.....	15
2.1.1. <i>Tamizadora para Análisis Granulométrico:</i>	19
2.1.2. <i>Equipo de Ensayo para contenido de Humedad:</i>	19
2.1.3. <i>Equipo para Límites de Atterberg:</i>	20
2.1.4. <i>Compactadora Proctor Modificado:</i>	20
2.1.5. <i>Máquina para Ensayo CBR:</i>	21
2.2. Métodos	21
2.2.1. <i>Procedimiento de Preparación y Mezcla de Muestras</i>	22
2.2.2. <i>Preparación y Dosificación de Materiales</i>	23
2.2.3. <i>Procedimiento de Análisis de Datos</i>	24
3. Resultados y Discusión	25
3.1. Resultados Obtenidos	25
3.1.1. <i>Resultados del ensayo de Límites de Atterberg.</i>	25
3.1.2. <i>Resultados de los Ensayos de Expansión</i>	26
3.1.3. <i>Resultados de ensayo de densidad seca y porcentaje de humedad</i>	29
3.1.4. <i>Resultados de Índice de Capacidad de Soporte de California (CBR)</i>	31

3.2.	Discusión de Resultados	34
3.2.1.	Respecto a la Adición de Polvo de Vidrio:	34
3.2.2.	Respecto a la Adición de Viruta de Aluminio:	34
3.2.3.	Respecto a la Adición de Ladrillo Triturado:	35
4.	Conclusiones	36
	Referencias	39
	Anexos	42

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Características Físico - Químicas del Material Polvo de Vidrio</i>	16
Tabla 2. <i>Características Físico - Químicas del Material Ladrillo Triturado</i>	17
Tabla 3. <i>Características Físico - Químicas del Material Viruta de Aluminio</i>	18
Tabla 4. <i>Planificación de Número de Ensayos a Ejecutar</i>	23
Tabla 5. <i>Resumen de Resultados de Límites de Atterberg</i>	25
Tabla 6. <i>Análisis de Varianza - ANOVA</i>	26
Tabla 7. <i>Resumen de Resultados de Ensayos de Expansión</i>	26
Tabla 8. <i>Análisis de Varianza ANOVA</i>	29
Tabla 9. <i>Resumen de Resultados de Ensayo de Densidad Seca y Porcentaje de Humedad</i> ...	29
Tabla 10. <i>Análisis de Varianza ANOVA de la Densidad Seca</i>	31
Tabla 11. <i>Ensayo de CBR al 100 %</i>	31
Tabla 12. <i>Ensayo de CBR al 95 %</i>	32
Tabla 13. <i>Análisis de Varianza del Ensayo de CBR</i>	33

Índice de figuras

Figura 1. <i>Conjunto de tamices de diferentes aberturas.</i>	19
Figura 2. Horno eléctrico.	19
Figura 3. Equipo Casa Grande	20
Figura 4. Equipo de compactación Proctor modificado	20
Figura 5. Equipo de penetración CBR	21
Figura 6. Localización General Juliaca	21
Figura 7. Localización general Pucara	22
Figura 8. Preparación de material viruta de aluminio	22
Figura 9. Preparación de material residuo de ladrillo	23
Figura 10. Preparación de muestra de suelo de las calicatas	23
Figura 11. Preparación de muestra + tratamiento para ensayo de análisis granulométrico	24
Figura 12. Preparación de muestra + tratamiento para ensayo de CBR.....	24
Figura 13. Resultados de Límites de Atterberg.....	26
Figura 14. Resultados de los Ensayos de Expansión	27
Figura 15. Resultados de los Ensayos de Densidad Seca y Porcentaje de Humedad.....	30
Figura 16. Ensayo de CBR al 100 %	32
Figura 17. Ensayo de CBR al 95%	32

Índice de anexos

Anexo A: Evidencia de Sumisión	42
Anexo B: Copia de Resolución	43
Anexo C: Ensayos de Laboratorio	44

Valoración de Residuos Sólidos de Construcción en la expansión de suelos cohesivos

Resumen: La estabilización de suelos cohesivos es fundamental, este problema es especialmente relevante en Juliaca y Pucará, donde la alta plasticidad y baja capacidad portante de los suelos ponen en riesgo la durabilidad de las infraestructuras viales. Este estudio tiene como objetivo evaluar la efectividad de estabilizar suelos cohesivos expansivos en Juliaca y Pucará mediante la adición de materiales reciclados, específicamente viruta de aluminio, vidrio y ladrillo. Metodológicamente la investigación se planteó con un enfoque experimental, llevando a cabo ensayos en laboratorio con muestras tratadas con distintas proporciones de estos materiales reciclados (0%, 10%, 14% y 18%) en ambos sitios de prueba. Para analizar el comportamiento de cada mezcla, se realizaron ensayos de Proctor Modificado y de Capacidad de Soporte de California (CBR). Los resultados obtenidos muestran que para un suelo tipo CH, el material y el porcentaje más óptimo para el aumento de la capacidad portante es 18% de aluminio teniendo como incremento de CBR en 9.86%, y para contrarrestar la expansión en suelos cohesivos el material y el porcentaje óptimo es 18% de vidrio teniendo en el suelo natural una expansión de 41.900mm estabilizándolo con vidrio este disminuye a 27.500mm, mientras que con 10 % de residuo de ladrillo aumenta la capacidad de soporte (CBR) y con el 18% disminuye su expansión. Estos hallazgos concluyen que los materiales reciclados representan una alternativa sostenible y económica para la estabilización de suelos expansivos en proyectos de obras civiles, promoviendo una solución de menor impacto ambiental al aprovechar desechos sólidos de construcción.

Palabras Clave: Estabilización de suelos, cohesión, materiales reciclados, capacidad de carga, suelos expansivos.

Assessment of Solid Construction Waste in the expansion of cohesive soils

Abstract: The stabilization of cohesive soils is fundamental, and this problem is especially relevant in Juliaca and Pucará, where the high plasticity and low bearing capacity of the soils jeopardize the durability of road infrastructure. This study aims to evaluate the effectiveness of stabilizing expansive cohesive soils in Juliaca and Pucará by adding recycled materials, specifically aluminum shavings, glass, and brick. Methodologically, the research was conducted with an experimental approach, conducting laboratory tests with samples treated with different proportions of these recycled materials (0%, 10%, 14%, and 18%) at both test sites. Para analizar el comportamiento de cada mezcla, se realizaron ensayos de Proctor Modificado y de Capacidad de Soporte de California (CBR). Los resultados obtenidos muestran que para un suelo tipo CH, el material y el porcentaje más óptimo para el aumento de la capacidad portante es 18% de aluminio teniendo como incremento de CBR en 9.86%, y para contrarrestar la expansión en suelos cohesivos el material y el porcentaje óptimo es 18% de vidrio teniendo en el suelo natural una expansión de 41.900mm estabilizándolo con vidrio este disminuye a 27.500mm, mientras que con 10 % de residuo de ladrillo aumenta la capacidad de soporte (CBR) y con el 18% disminuye su expansión. Estos hallazgos concluyen que los materiales reciclados representan una alternativa sostenible y económica para la estabilización de suelos expansivos en proyectos de obras civiles, promoviendo una solución de menor impacto ambiental al aprovechar desechos sólidos de construcción.

Palabras Clave: recycled brick, recycled glass, stabilization, aluminum shavings, expansion.

1. Introducción

La estabilización de suelos cohesivos es un factor indispensable en Perú y otros países con predominancia de suelos arcillosos, los cuales presentan riesgos estructurales debido a los cambios volumétricos provocados por variaciones de humedad (Hernández y Mejía, 2016). Estos cambios causan expansión y relajación de los esfuerzos en el suelo, comprometiendo la estabilidad de las estructuras. Aunque el reemplazo de estos suelos por materiales más estables es una solución común, este método es costoso y conlleva un alto impacto ambiental. En respuesta, la estabilización mediante aditivos y materiales reciclados emerge como una alternativa sostenible que mejora la resistencia y durabilidad sin recurrir al reemplazo completo.

En regiones como Juliaca y Pucará, donde los suelos son de alta plasticidad, baja capacidad portante y presentan una notable expansividad, el uso de materiales reciclados como vidrio, residuos de ladrillo y aluminio ha demostrado ser eficaz para reducir la plasticidad, aumentar el Índice de Capacidad de Soporte de California (CBR) y mejorar la compactación. Estas mejoras no solo mitigan el riesgo de agrietamientos y asentamientos, sino que también contribuyen a la sostenibilidad de las infraestructuras locales al reducir el uso de materiales nuevos.

El vidrio reciclado, al incorporarse en el suelo, reduce su plasticidad y aumenta su compactación, disminuyendo la absorción de agua y la tendencia expansiva. Los residuos de ladrillo incrementan la resistencia a la compresión, pero no reducen el índice de expansión, mientras que el aluminio, por su parte, contribuye a la cohesión interna y la densidad, minimizando la expansión y mejorando la estabilidad estructural. Estos materiales, al integrarse en suelos con alta presencia de minerales arcillosos, no solo promueven infraestructuras más estables y sostenibles, sino que también aprovechan residuos industriales, proponiendo una solución eficiente y económica para la estabilización de suelos en estas regiones.

La estabilización de suelos cohesivos expansivos mediante el uso de vidrio reciclado ha demostrado ser una alternativa prometedora y sostenible para mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad. Según Li et al. (2024) los suelos cohesivos, al absorber agua, tienden a expandirse significativamente, lo cual genera desplazamientos que afectan la estabilidad de las fundaciones. Estudios como el de Wu et al. (2021) también destacan que los ciclos de congelación y descongelación incrementan la variabilidad del volumen del suelo, afectando la infraestructura en regiones con climas extremos. En respuesta a esta problemática, la incorporación de vidrio reciclado ha permitido reducir tanto la expansión como la plasticidad de los suelos. Sheob et al. (2023) lograron reducir el índice de plasticidad en un 50% y aumentar la capacidad de soporte del suelo al añadir un 5% de polvo de vidrio y cemento, promoviendo una mayor resistencia sin incrementar el grosor de las capas de pavimento. Sherwany et al. (2023) observaron beneficios similares al usar polvo de vidrio en proporciones de hasta el 25%, reduciendo hasta un 68% el índice de plasticidad y logrando optimizar los recursos de construcción al reducir el grosor necesario de la subbase.

Además, Kasinikota y Tripura (2021) encontraron que una proporción de hasta un 20% de ladrillo triturado mejora la resistencia a la compresión y flexión en bloques de tierra comprimida, aunque porcentajes superiores aumentan la porosidad y disminuyen la densidad. En estudios de otros tipos de suelos, Arifin y Kusworo, (2021) demostraron que un 10% de LWB puede disminuir el límite líquido en suelos expansivos y mejorar su resistencia al corte, siendo efectivo para reducir la plasticidad en suelos de alta cohesión Khan y Sonthwal, (2019) añadieron un 30% de polvo de ladrillo junto con un 1% de fibra de coco, logrando un aumento significativo en el CBR y una reducción del 40% en el espesor de subbase requerido, validando esta combinación para aplicaciones de infraestructura.

Hidalgo et al. (2019) exploraron el uso de polvo de ladrillo activado con NaOH, encontrando que proporciones de hasta un 21% pueden aumentar la resistencia a la compresión en hasta 2.3 veces después de un curado de 28 días a 40 °C. Las reacciones

puzolánicas observadas sugieren que este tratamiento es eficaz para suelos destinados a infraestructura de alta resistencia y durabilidad. En conjunto, estos hallazgos destacan al polvo de ladrillo como un recurso sostenible para mejorar la estabilidad y resistencia de suelos expansivos, con beneficios económicos y ambientales significativos.

La incorporación de residuos de aluminio y escoria de acero como estabilizadores de suelos cohesivos presenta una alternativa prometedora para mejorar la estabilidad y durabilidad en aplicaciones de infraestructura. Zhang et al. (2023) demostraron que añadir un 50% de escoria de acero (SL) a suelos para subbases de carreteras incrementa la capacidad de soporte de California (CBR) hasta un 60%, superando ampliamente los requisitos mínimos y reduciendo la expansión volumétrica en un 42%. Esto no solo mejora la compactibilidad y resistencia al agua del suelo, sino que también reduce la dependencia de cemento, lo que favorece un enfoque más sostenible. De manera similar, Shi et al. (2022) encontraron que al reemplazar un 40% del cemento con escoria de acero en arcillas limosas de dragado, la resistencia a la compresión aumenta en más del 60% debido a reacciones puzolánicas, minimizando a su vez las emisiones de CO₂ asociadas al uso de cemento.

Yildirim (2022) demostró el potencial de combinar escoria de acero de horno de arco eléctrico (EAF SS) con escoria de alto horno o cenizas volantes para estabilizar subrasantes en proyectos de pavimentación, obteniendo mezclas con alta estabilidad sin grietas. Wu et al. (2021) también destacaron el uso de polvo de escoria de acero (SSP) con NaOH en suelos expuestos a ciclos de congelación-descongelación, logrando resistencias a la compresión significativamente mayores en comparación con el cemento solo, además de una reducción en la degradación del suelo. Por su parte, Rosales et al. (2020) evaluaron una mezcla de silicato de sodio y cal (SSBA) que incrementó el CBR en un 50% y permitió reducir en 30 cm el grosor de subbase en pavimentos, mejorando la capacidad de carga y reduciendo las deflexiones en el suelo.

Este estudio tiene como objetivo principal evaluar la efectividad de estabilizar suelos cohesivos expansivos en las regiones de Juliaca y Pucará mediante la adición de materiales reciclados, como viruta de aluminio, vidrio y ladrillo. La investigación se llevó a cabo en dos sitios de prueba: en Juliaca, muestras que fueron tomadas en la avenida Leónidas Hallasi y en Pucara en una vía de ingreso principal, las cuales estas muestras fueron tratadas con virutas de aluminio, vidrio y ladrillo en proporciones de 0%, 10%, 14% y 18%. Se analizaron la capacidad de soporte (CBR), la compactación y la reducción del comportamiento expansivo, buscando proponer alternativas de construcción sostenibles y asequibles en áreas de alta plasticidad.

El uso de materiales reciclados en la estabilización no solo aborda los desafíos geotécnicos, sino que también apoya la sostenibilidad ambiental al reducir los residuos industriales en vertederos (Noemi, 2022) La estabilización de suelos mediante residuos reciclados mejora la resistencia mecánica y disminuye la plasticidad y la expansión del suelo, lo cual es especialmente relevante para regiones como Juliaca y Pucará, donde estos suelos impactan la durabilidad de infraestructuras urbanas y rurales (Lisette, 2020).

En términos metodológicos, se realizaron ensayos de Proctor modificado y de CBR para determinar la densidad seca máxima, el contenido de humedad óptimo, la capacidad de soporte de cada mezcla y la expansividad del suelo en estudio. Los resultados indican que el material y el porcentaje más óptimo para el aumento de la capacidad portante para este tipo de suelos es 18% de aluminio mientras que para contrarrestar la expansividad de suelos con alta plasticidad el material y el porcentaje óptimo es 18% de vidrio. Sin embargo, la efectividad del ladrillo para este tipo de suelos es apropiado la estabilización con 10% de ladrillo para mejorar la capacidad portante (CBR), pero para la reducción de la expansividad el adecuado porcentaje es de 18%. Este estudio contribuye a la literatura científica al demostrar que el uso de materiales reciclados en la estabilización de suelos cohesivos es una alternativa viable, que no

solo mejora la infraestructura en zonas de suelos expansivos, sino que también fomenta un enfoque más sostenible en la ingeniería civil.

2. Materiales y métodos

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, El tipo de investigación es experimental, ya que se manipulan variables independientes (porcentajes de aditivos) para evaluar su efecto sobre la variable dependiente (propiedades de los suelos de Juliaca y Pucará).

Este estudio se enmarca en un nivel descriptivo y explicativo, dado que observa los efectos específicos de aditivos (reciclado de vidrio, residuos de ladrillo y viruta de aluminio) en suelos cohesivos y explica cómo estos modifican sus propiedades de expansión y capacidad de soporte.

2.1. Materiales

Para estabilizar los suelos cohesivos en Juliaca y Pucará, se emplearon tres materiales reciclados: polvo de vidrio, ladrillo triturado y viruta de aluminio. Los materiales como el vidrio y la viruta de aluminio fueron reciclados de las vidrierías de los jirones Ricardo Palma y Huancané del distrito de Juliaca provincia de San Román, cuyo procedimiento para su utilización, triturándolos con la ayuda de la maquina los ángeles y posteriormente pasarlos por el tamiz N°20. La obtención del ladrillo fue del reciclaje de aquellos ladrillos que no cumplieron con la calidad y normas básicas, las cuales fueron trituradas manualmente para luego pasarlas por un tamiz N°20.

Estos materiales fueron seleccionados por su disponibilidad en la región y su capacidad de reducir la plasticidad y mejorar la compactación del suelo, promoviendo así una alternativa sostenible y alineada con la economía circular al reutilizar residuos de construcción.

Residuo de Vidrio: El residuo de vidrio, rico en óxido de silicio (SiO_2) con una concentración del 73.12%, es un estabilizador eficaz en suelos cohesivos, ya que reduce la plasticidad y expansión del suelo al disminuir su interacción con el agua. Esto mejora notablemente su capacidad de soporte (CBR) y su resistencia a la compresión, cualidades que lo hacen ideal para aplicaciones en sub bases de pavimentos (Omar et al., 2020; Sherwany et al., 2023). Además, contiene óxidos de sodio (4.08%) y de boro (5.09%), que incrementan la durabilidad y la resistencia química del suelo tratado, beneficioso en condiciones extremas como ciclos de congelación y descongelación.

Los componentes menores de CaO y Al_2O_3 (0.05% y 0.08%, respectivamente) favorecen reacciones puzolánicas en combinación con cementantes, generando productos que aumentan la cohesión y reducen la expansividad del suelo. La norma ASTM D4318 guía la evaluación de este material al medir los límites de Atterberg, fundamentales para analizar su efectividad en la reducción de la plasticidad del suelo cohesivo.

Tabla 1

Características Físico - Químicas del Material Polvo de Vidrio

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
Contenido de humedad	%	0.06
Oxido de Silicio SiO_2	%	73.12
Oxido de Sodio Na_2O	%	4.08
Oxido de Potasio K_2O	%	0.08
Oxido de Calcio CaO	%	0.05
Oxido de Magnesio MgO	%	0.00
Oxido de Aluminio Al_2O_3	%	0.00
Oxido de Boro B_2O_3	%	5.09
Oxido de Plomo PbO	%	0.05

Nota. Resultados de Ensayo de Laboratorio (2024)

Residuos de Ladrillo Triturado: El ladrillo triturado es un material que aporta a la estabilización de suelos cohesivos al reducir su índice de plasticidad y expansividad, aumentando

a la vez su resistencia a la compresión y durabilidad, incluso en condiciones climáticas extremas (Zhou et al., 2021). Mezclado con aditivos como tiras de plástico, el ladrillo triturado mejora el Índice de Capacidad de Soporte de California (CBR) y reduce los costos de construcción en capas de subbase, haciéndolo un material eficaz y sostenible para infraestructuras en suelos expansivos (Jalal et al., 2022; Oljira, 2021).

Químicamente, el ladrillo triturado contiene un 51.35% de óxido de silicio (SiO_2), que reduce la plasticidad y mejora la estabilidad del suelo. También posee un 36.95% de óxido de aluminio (Al_2O_3), importante para la cohesión del suelo y que favorece reacciones puzolánicas al combinarse con compuestos de calcio. Además, incluye trazas de CaO , MgO y Fe_2O_3 , que aportan en menor medida a la compactación y resistencia del suelo.

La norma ASTM D1883, que describe el método estándar para el ensayo CBR, es aplicable para evaluar cómo el ladrillo triturado contribuye a la capacidad de soporte del suelo en aplicaciones de pavimento y sub base.

Tabla 2

Características Físico - Químicas del Material Ladrillo Triturado

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
Contenido de humedad	%	0.94
Oxido de Silicio SiO_2	%	51.35
Oxido de Sodio Na_2O	%	0.005
Óxido de Hierro Fe_2O_3	%	0.05
Oxido de Potasio K_2O	%	0.002
Oxido de Calcio CaO	%	0.08
Oxido de Magnesio MgO	%	0.07
Oxido de Aluminio Al_2O_3	%	36.95

Nota. Resultados de Ensayo de Laboratorio (2024)

Viruta de Aluminio: La viruta de aluminio es un material que refuerza la cohesión interna del suelo y mejora su resistencia a variaciones de humedad, contribuyendo a la reducción de la

absorción de agua y aumentando la resistencia a la compresión, lo cual es ventajoso en suelos cohesivos expansivos (Kasinikota y Tripura, 2021). Su adición disminuye el límite líquido y el índice de plasticidad, además de aumentar la cohesión y resistencia al corte, características que optimizan su desempeño en aplicaciones de pavimento (Arifin y Kusworo, 2021; Khan y Sonthwal, 2019).

Químicamente, la viruta de aluminio contiene un 4.65% de óxido de cobre (CuO) y un 3.86% de óxido de zinc (ZnO), los cuales mejoran la durabilidad y resistencia del suelo. El ZnO en particular aumenta la resistencia al desgaste y disminuye la sensibilidad a cambios volumétricos por humedad. También incluye trazas de óxido de magnesio (MgO) y óxido de manganeso (MnO₂), que contribuyen a la compactación y resistencia química del suelo.

La norma ASTM D2166 es aplicable para evaluar la resistencia a la compresión no confinada, permitiendo medir la cohesión interna y resistencia a la compresión que aporta la viruta de aluminio en suelos cohesivos estabilizados.

Tabla 3

Características Físico - Químicas del Material Viruta de Aluminio

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
Contenido de humedad	%	0.06
Oxido de Cobre	%	4.65
Oxido de Magnesio MgO	%	0.56
Oxido de Manganeso MnO ₂	%	0.35
Óxido de Zinc ZNO	%	3.86
Oxido de Titanio TiO ₂	%	0.00
Oxido de Cromo Cr ₂ O ₃	%	0.00

Nota. Resultados de Ensayo de Laboratorio (2024)

En este estudio experimental de caracterización de suelos, los instrumentos incluyen tanto equipos de laboratorio como procedimientos estandarizados que garantizan la calidad y reproducibilidad de los datos (Hernández et al., 2014). Se emplearon instrumentos para medir

propiedades físicas y mecánicas del suelo, como granulometría, plasticidad, compactación y capacidad de soporte, esenciales para evaluar la efectividad de los materiales estabilizadores (polvo de vidrio, ladrillo triturado y viruta de aluminio).

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio CICMIC B&P SRL de Juliaca, donde se evaluaron características del suelo (granulometría, límites de Atterberg, ensayo Proctor modificado y ensayo CBR), y en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional del Altiplano, donde se caracterizaron las propiedades químicas y físicas de los estabilizadores. Esta infraestructura garantiza control y cumplimiento de estándares de calidad en las pruebas.

Los principales materiales de recolección utilizados fueron:

2.1.1. Tamizadora para Análisis Granulométrico:

Clasifica el suelo según la distribución de partículas (NTP 339.128; ASTM D-422 y AASHTO T88).

Figura 1. Conjunto de tamices de diferentes aberturas.



2.1.2. Equipo de Ensayo para contenido de Humedad:

Determina la cantidad de agua en el suelo, clave para evaluar su plasticidad (NTP 339.127 y ASTM D2216).

Figura 2. Horno eléctrico.



2.1.3. Equipo para Límites de Atterberg:

Mide el límite líquido y plástico para calcular el índice de plasticidad (NTP 339.130 y ASTM D4318).

Figura 3. Equipo Casa Grande



2.1.4. Compactadora Proctor Modificado:

Determina la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo (NTP 339.127 y ASTM D15570).

Figura 4. Equipo de compactación Proctor modificado



2.1.5. Máquina para Ensayo CBR:

Evalúa la capacidad de soporte del suelo, un indicador de la resistencia del suelo estabilizado (NTP 339.145 y ASTM D1883).

Figura 5. Equipo de penetración CBR



2.2. Métodos

Para el diseño, se optó por un diseño experimental con grupos de tratamiento, en el que las muestras de suelo fueron mezcladas con distintos porcentajes de aditivos (0%, 10%, 14%, y 18%) y evaluadas independientemente. Este diseño permite analizar y comparar detalladamente la efectividad de cada aditivo en la estabilización de suelos cohesivos y expansivos, facilitando el control y manipulación de variables como sugieren Kerlinger y Lee (2002).

Figura 6. Localización General Juliaca-San Román-Puno.



Figura 7. Localización general Pucara-Lampa-Puno



2.2.1. Procedimiento de Preparación y Mezcla de Muestras

Para evaluar la efectividad de materiales reciclados (residuo de vidrio, ladrillo triturado y viruta de aluminio) en la estabilización de suelos cohesivos, se implementó un procedimiento estandarizado de preparación y mezcla, seguido de una serie de ensayos de laboratorio. Este proceso asegura la homogeneidad de las mezclas y permite una comparación precisa de sus propiedades.

Figura 8. Preparación de material viruta de aluminio



Figura 9. Preparación de material residuo de ladrillo



Figura 10. Preparación de muestra de suelo de las calicatas



2.2.2. Preparación y Dosificación de Materiales

Las muestras de suelo, recolectadas en Juliaca y Pucará, fueron secadas y tamizadas para obtener una granulometría uniforme. A continuación, se mezclaron en seco con cada tipo de material estabilizador en proporciones de 0%, 10%, 14% y 18%, de acuerdo con niveles óptimos establecidos en estudios previos. Después de una integración manual, se añadió agua gradualmente hasta alcanzar el contenido de humedad óptimo, y las muestras fueron almacenadas durante 24 horas en recipientes sellados a temperatura ambiente para facilitar la interacción inicial.

Tabla 4

Planificación de Número de Ensayos a Ejecutar

LUGAR	CÓDIGO DE CALICATA	TRATAMIENTO
Juliaca	C - 1	Suelo + 0% de vidrio
		Suelo + 10% de vidrio
		Suelo + 14% de vidrio
		Suelo + 18% de vidrio
Pucará	C - 2	Suelo + 0% de aluminio
		Suelo + 10% de aluminio
		Suelo + 14% de aluminio
		Suelo + 18% de aluminio
	C - 3	Suelo + 0% de ladrillo
		Suelo + 10% de ladrillo
		Suelo + 14% de ladrillo
		Suelo + 18% de ladrillo

Nota. Elaboración Propia

Figura 11. Preparación de muestra + tratamiento para ensayo de análisis granulométrico



Figura 12. Preparación de muestra + tratamiento para ensayo de CBR



2.2.3. Procedimiento de Análisis de Datos

. El análisis de datos se enfocó en comparar las propiedades del suelo cohesivo antes y después de la adición de estabilizadores (polvo de vidrio, ladrillo triturado y viruta de aluminio)

en distintas proporciones. Los resultados de los ensayos de laboratorio se evaluaron mediante estadística descriptiva y comparativa:

Análisis Descriptivo: Resumió características principales como el índice de plasticidad, el CBR y la densidad seca máxima, usando medidas de tendencia central y dispersión para evaluar la consistencia de los datos.

Comparación de Medias: Se compararon las medias de muestras tratadas y no tratadas en cada ensayo (granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR) para identificar diferencias significativas, con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados Obtenidos

Cada aditivo se aplicó en distintas proporciones (0%, 10%, 14%, y 18%) para observar sus efectos en propiedades clave como la plasticidad, compactación y capacidad de soporte (CBR). Los resultados obtenidos permiten comparar el comportamiento del suelo sin tratamiento con el suelo estabilizado, y determinar cuáles aditivos y concentraciones ofrecen mayores beneficios estructurales.

3.1.1. Resultados del ensayo de Límites de Atterberg.

Tabla 13

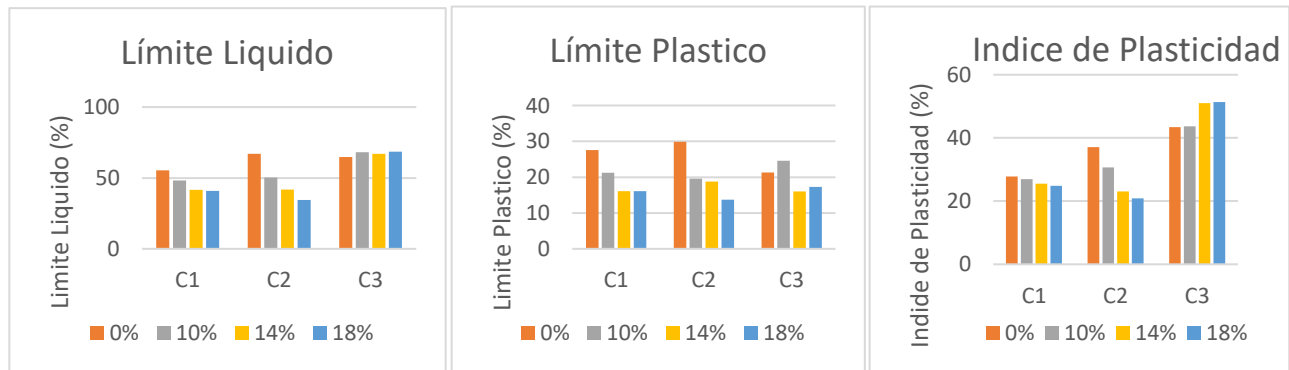
Resumen de Resultados de Límites de Atterberg

N° CALICATA	% ADITIVO	DESCRIPCIÓN	LL	LP	IP	SUCS	ASTHOO
C - 1	0%	SN	55,39	27,58	27.81	CH	A-7-6 (18)
	10%	Vidrio	48,16	21,20	26.97	CL	A-7-6(16)
	14%	Vidrio	41,66	16,13	25.53	CL	A-7-6 (15)
	18%	Vidrio	40,95	16,09	24.86	CL	A-7-6(14)
C - 2	0%	SN	67.01	29.89	37.12	CH	A-7-6(20)
	10%	Aluminio	50.20	19.56	30.64	CH	A-7-6(18)
	14%	Aluminio	41.85	18.78	23.07	CL	A-7-6(14)
	18%	Aluminio	34.57	13.68	20.88	CL	A-6(11)
C - 3	0%	SN	64.70	21.30	43.39	CH	A-7-6 (20)
	10%	Ladrillo	68.26	24.55	43.71	CH	A-7-6 (20)

	14%	Ladrillo	67.01	16.02	51.00	CH	A-7-6 (20)
	18%	Ladrillo	68.63	17.27	51.36	CH	A-7-6(20)

Nota. Resultados de Ensayos de Laboratorio (2024).

Figura 13. Resultados de Límites de Atterberg



Nota. Resultados de Ensayos de Laboratorio (2024).

Tabla 15

Análisis de Varianza - ANOVA

Fuente	GL	Sc Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor P
Tipo de Aditivo	3	1815.14	907.568	22.55	0.000

Nota. Resultados de Análisis Estadístico ANOVA (2024)

El Tipo de Aditivo tiene un valor p de 0.000, lo que significa que hay una diferencia estadísticamente significativa en el Índice de Plasticidad (IP) entre los diferentes tipos de aditivos. Esto indica que el tipo de aditivo (aluminio, ladrillo, vidrio) tiene un impacto importante en la reducción del IP.

3.1.2. Resultados de los Ensayos de Expansión

Tabla 5

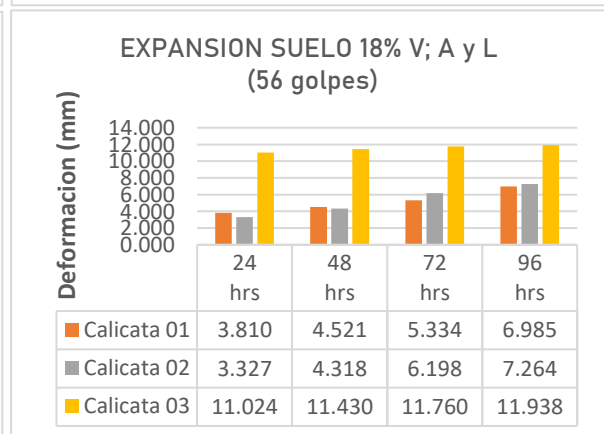
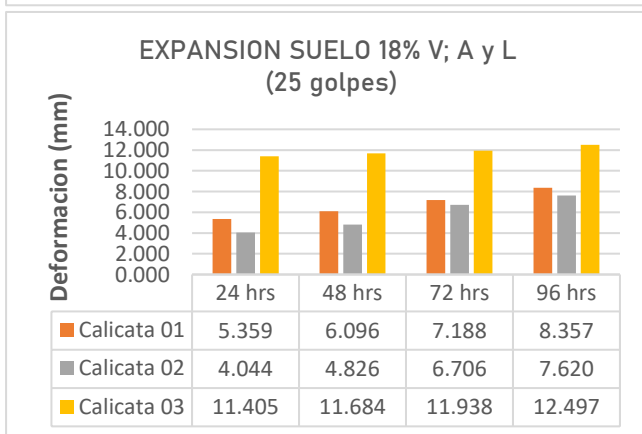
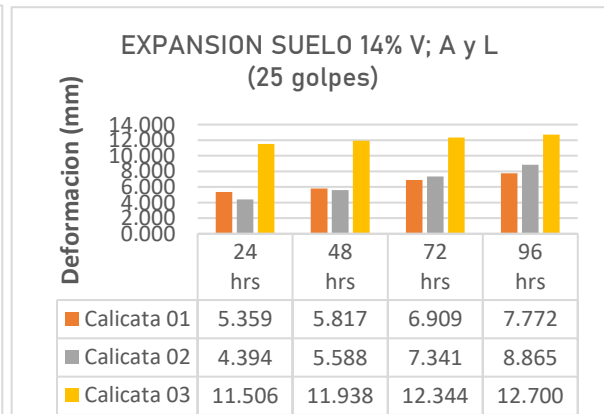
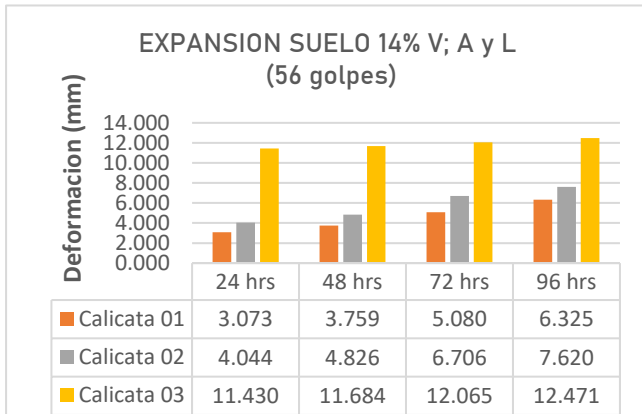
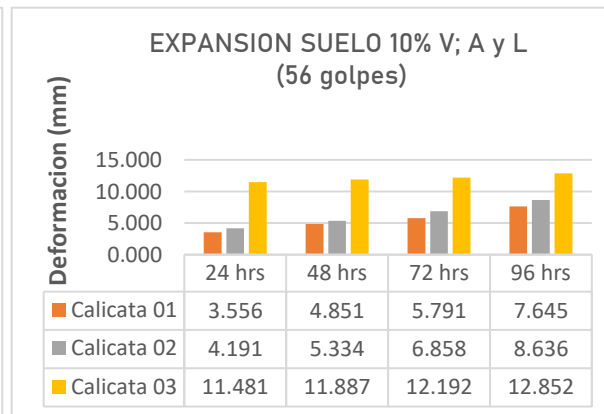
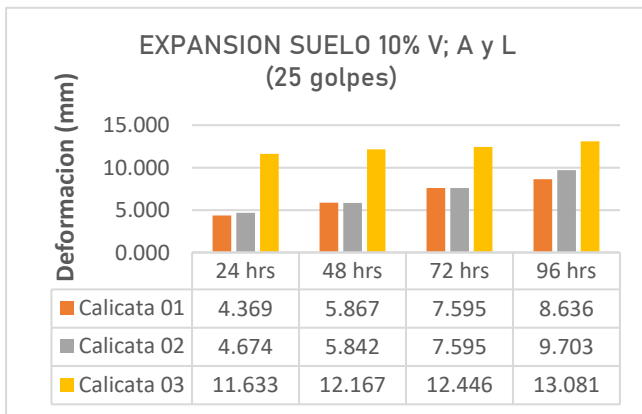
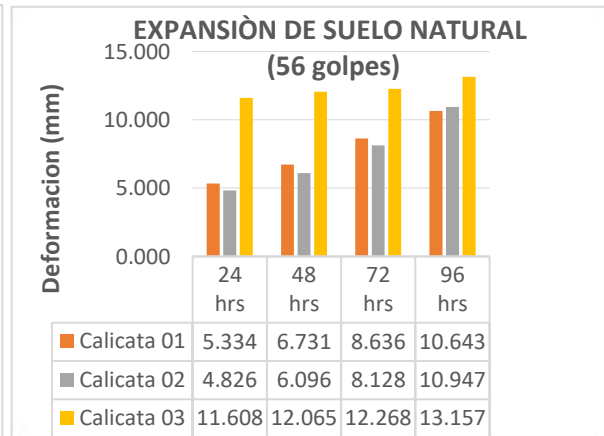
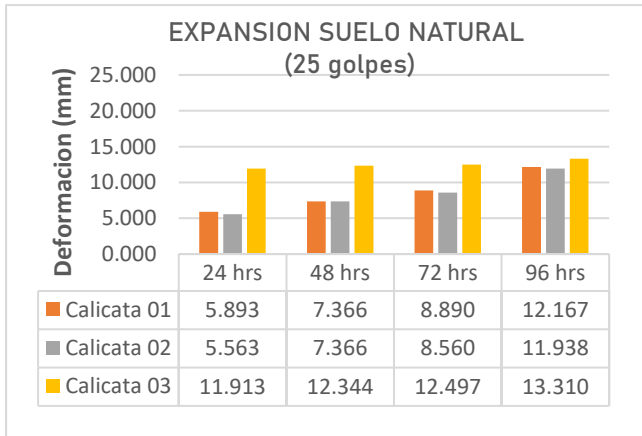
Resumen de Resultados de Ensayos de Expansión

Código de Calicata	Golpes	% Aditivo	24 Hrs	48 Hrs	72 Hrs	96 Hrs
C - 1	12	0%	6.629	8.890	11.024	13.233
		10%	5.867	7.747	9.220	10.439
		14%	5.842	7.163	8.839	10.135
		18%	7.137	8.890	10.719	11.709
	25	0%	5.893	7.366	8.890	12.167
		10%	4.369	5.867	7.595	8.636
		14%	5.359	5.817	6.909	7.772
		18%	5.359	6.096	7.188	8.357
	56	0%	5.334	6.731	8.636	10.643
		10%	3.556	4.851	5.791	7.645
		14%	3.073	3.759	5.080	6.325
		18%	3.810	4.521	5.334	6.985
C - 2	12	0%	6.858	9.144	10.668	14.224
		10%	5.359	7.112	8.128	10.566
		14%	5.105	6.731	7.874	9.982
		18%	4.064	5.461	6.909	8.128
	25	0%	5.563	7.366	8.560	11.938
		10%	4.674	5.842	7.595	9.703
		14%	4.394	5.588	7.341	8.865
		18%	3.327	4.318	6.198	7.264
	56	0%	4.826	6.096	8.128	10.947
		10%	4.191	5.334	6.858	8.636
		14%	4.044	4.826	6.706	7.620
		18%	2.845	3.759	5.182	6.274
C - 3	12	0%	12.065	12.471	13.030	13.640
		10%	11.862	12.319	12.802	13.411
		14%	11.709	12.167	12.370	12.929
		18%	11.684	11.887	12.167	12.573
	25	0%	11.913	12.344	12.497	13.310
		10%	11.633	12.167	12.446	13.081
		14%	11.506	11.938	12.344	12.700
		18%	11.405	11.684	11.938	12.497
	56	0%	11.608	12.065	12.268	13.157
		10%	11.481	11.887	12.192	12.852
		14%	11.430	11.684	12.065	12.471
		18%	11.024	11.430	11.760	11.938

Nota. Resultados de Ensayos de Laboratorio (2024)

Figura 14. Resultados de los Ensayos de Expansión

■ Calicata 01
 ■ Calicata 02
 ■ Calicata 03



Nota. Resultados de Ensayos de Laboratorio (2024)

Tabla 6

Análisis de Varianza ANOVA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
CALICATA	3	9406.8	3135.61	251.57	0.000
GOLPES	1	204.7	204.73	16.43	0.000
% ADITIVO	3	604.6	201.52	16.17	0.000
HORAS SATURAC.	3	2588.3	862.77	69.22	0.000
Error	117	1458.3	12.46		
Total	127	14262.8			

Nota. Resultados de Análisis Estadístico ANOVA (2024)

El análisis de varianza (ANOVA) muestra que todos los factores: Calicata, Golpes, % Aditivo, y Horas de Saturación, tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la deformación del suelo (con p-valores < 0.05 para todos). Esto significa que las variaciones en la deformación no se deben al azar, sino a diferencias reales en la ubicación de muestreo, el nivel de compactación, la cantidad de aditivo utilizado, y el tiempo de saturación. Estos resultados son clave, ya que validan que cada uno de estos factores influye de forma independiente en la expansión del suelo, lo cual tiene implicaciones importantes para su estabilización en proyectos de infraestructura.

3.1.3. Resultados de ensayo de densidad seca y porcentaje de humedad

Tabla 7

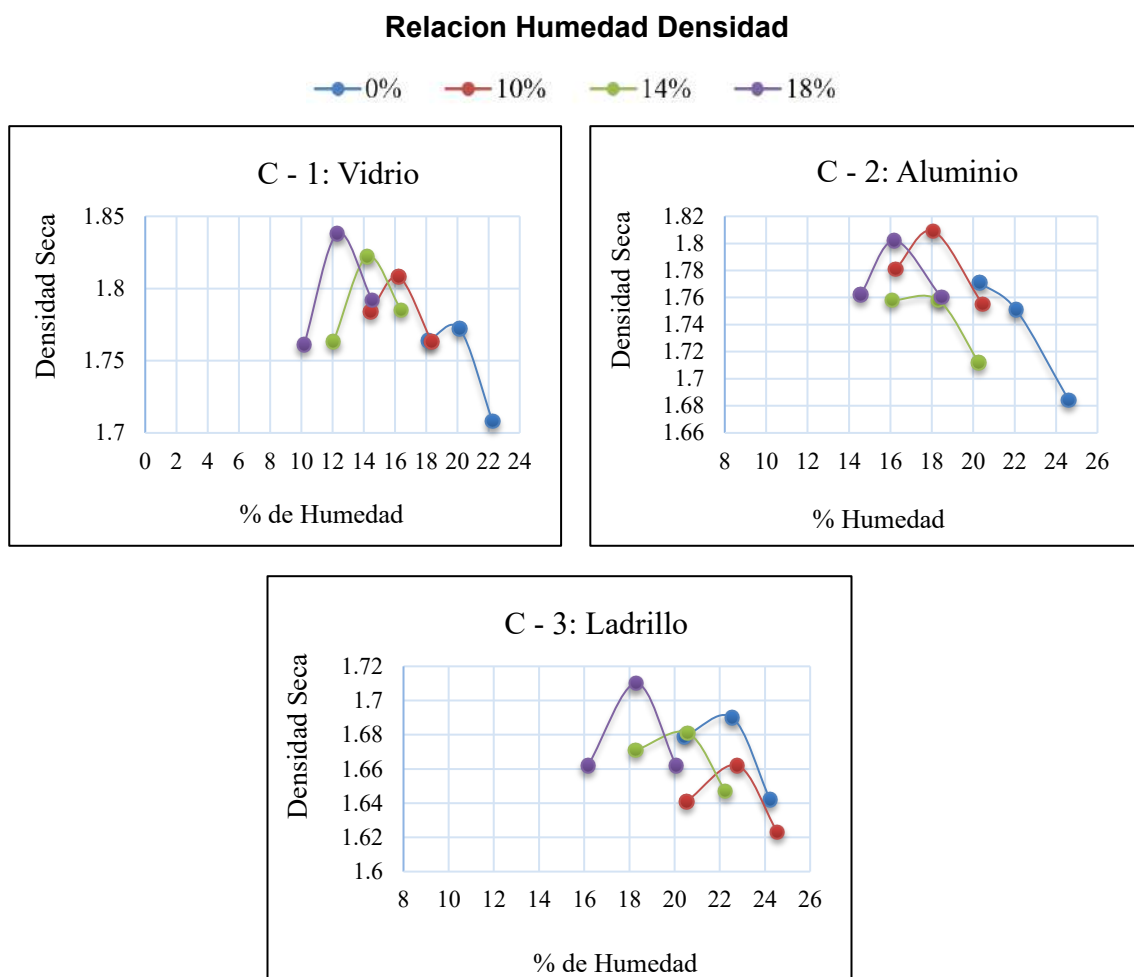
Resumen de Resultados de Ensayo de Densidad Seca y Porcentaje de Humedad

Porcentaje de adición	Max. Densidad Seca (gr/cm³)			Optimo contenido de Humedad (%)		
	C-1	C-2	C-3	C-1	C-2	C-3
	vidrio	aluminio	ladrillo	vidrio	aluminio	ladrillo
	1.591	1.685	1.666	18.57	20.37	20.43

0%	1.653	1.721	1.703	20.19	22.03	22.30
	1.524	1.641	1.642	22.38	24.36	24.23
10%	1.727	1.716	1.638	14.43	18.22	20.53
	1.773	1.753	1.682	16.15	20.07	22.20
	1.680	1.705	1.597	18.37	22.14	24.55
14%	1.763	1.726	1.628	12.08	16.33	18.29
	1.798	1.801	1.656	14.04	18.03	20.38
	1.738	1.667	1.626	16.10	20.07	22.25
18%	1.734	1.738	1.615	10.08	14.33	16.17
	1.872	1.814	1.631	12.05	16.07	18.05
	1.811	1.676	1.587	14.07	18.42	20.07

Nota. Resultados de Ensayos de Laboratorio (2024)

Figura 15. Resultados de los Ensayos de Densidad Seca y Porcentaje de Humedad



Nota. Resultados de Ensayos de Laboratorio (2024)

Tabla 8

Análisis de Varianza ANOVA de la Densidad Seca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
ADITIVO	2	0.114329	0.057165	62.01	0.000
PORCENTAJE DE ADICIÓN	3	0.002363	0.000788	0.85	0.475
Error	30	0.027656	0.000922		
Falta de ajuste	6	0.007562	0.001260	1.51	0.219
Error puro	24	0.020095	0.000837		
Total	35	0.144349			

Nota. Resultados de Análisis Estadístico ANOVA (2024)

La prueba de ANOVA realizada para la Densidad Seca muestra que el tipo de aditivo tiene un efecto significativo sobre la densidad del suelo ($p < 0.05$), lo que indica que el uso de diferentes aditivos (Vidrio, Aluminio y Ladrillo) produce variaciones estadísticamente significativas en la densidad seca. En cambio, el porcentaje de adición del aditivo (0%, 10%, 14%, y 18%) no tuvo un efecto significativo ($p > 0.05$), lo que sugiere que aumentar o disminuir el porcentaje de aditivo no genera cambios relevantes en la densidad seca del suelo. Además, el alto valor de R-cuadrado ajustado (77.65%) indica que el modelo explica una buena parte de la variabilidad en la densidad seca, confirmando que el tipo de aditivo es un factor clave, mientras que el porcentaje de adición y la interacción entre ambos no son determinantes en este caso.

3.1.4. Resultados de Índice de Capacidad de Soporte de California (CBR)

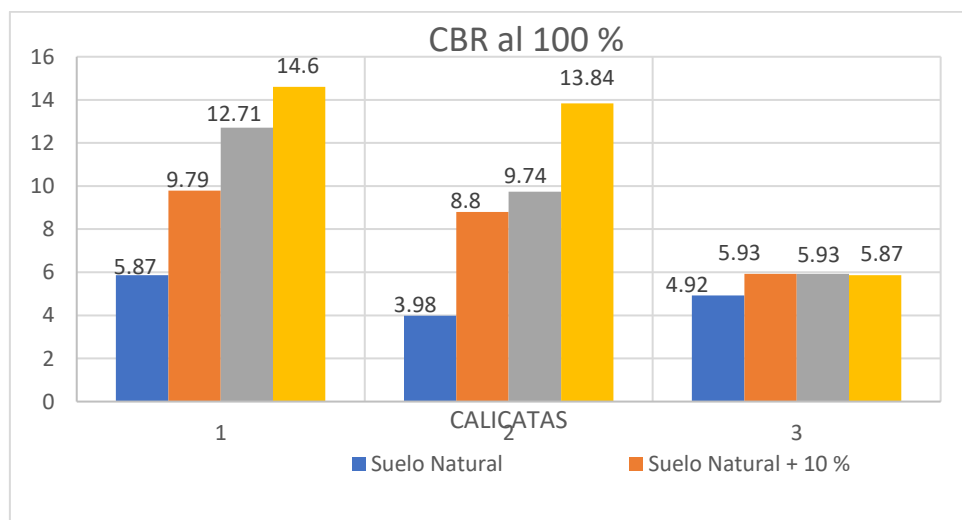
Tabla 9

Ensayo de CBR al 100 %

CBR al 100%	Suelo Natural	Suelo Natural +	Suelo Natural +	Suelo Natural +
		10 %	14 %	18 %
C1-VIDRIO	5.87	9.79	12.71	14.6
C2-ALUMINIO	3.98	8.8	9.74	13.84
C3-LADRILLO	4.92	5.93	5.93	5.87

Nota. Resultados de Ensayos de Laboratorio (2024)

Figura 16. Ensayo de CBR al 100 %



Nota. Resultados de Ensayos de Laboratorio (2024)

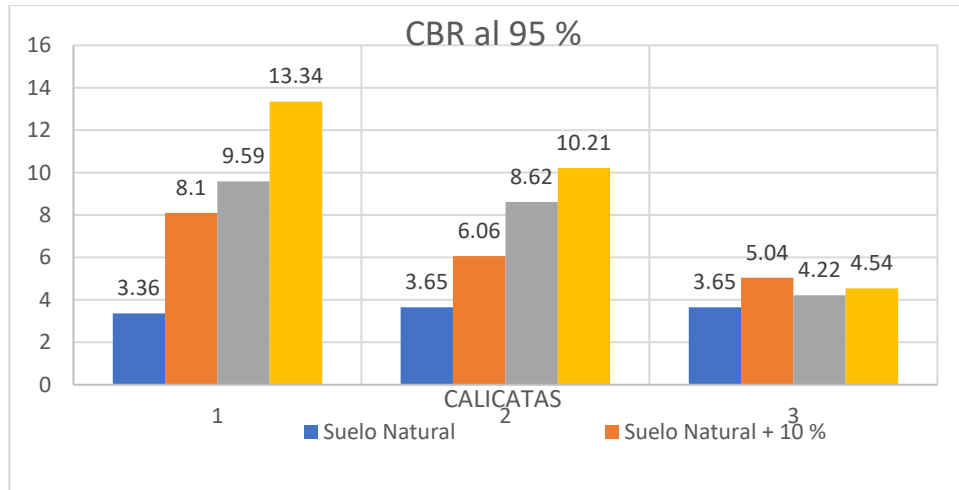
Tabla 10

Ensayo de CBR al 95 %

CBR al 95%	Suelo Natural	Suelo Natural +	Suelo Natural +	Suelo Natural +
		10 %	14 %	18 %
C1-VIDRIO	3.36	8.1	9.59	13.34
C2-ALUMINIO	3.65	6.06	8.62	10.21
C3-LADRILLO	3.65	5.04	4.22	4.54

Nota. Resultados de Ensayos de Laboratorio (2024)

Figura 17. Ensayo de CBR al 95%



Nota. Resultados de Ensayos de Laboratorio (2024)

Tabla 11

Análisis de Varianza del Ensayo de CBR

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
CALICATA	3	98.45	32.817	12.40	0.000
PORCENTAJE DE ADICIÓN	3	118.49	39.498	14.92	0.000
NIVEL DE COMPACTACIÓN	1	30.23	30.225	11.42	0.002
Error	24	63.53	2.647		
Total	31	310.70			

Nota. Resultados de Análisis Estadístico ANOVA (2024)

El análisis de varianza muestra que todos los factores principales, Calicata, Porcentaje de Adición de Aditivo, y Nivel de Compactación, tienen un impacto significativo en el CBR (%) del suelo, con valores p menores a 0.05 ($p = 0.000$ para Calicata y Porcentaje de Adición, y $p = 0.002$ para Nivel de Compactación). Esto indica que la variación en la resistencia del suelo, medida a través del CBR, depende en gran medida de la ubicación de las muestras (representada por las calicatas), la cantidad de aditivo utilizado, y el nivel de compactación alcanzado. Con un R-cuadrado ajustado del 73.59%, el modelo explica la mayor parte de la variabilidad en los valores de CBR, lo cual sugiere que estos factores son determinantes en el comportamiento mecánico del suelo tratado.

3.2. Discusión de Resultados

3.2.1. Respecto a la Adición de Polvo de Vidrio:

La adición de polvo de vidrio en los suelos cohesivos ha mostrado mejoras claras en el comportamiento mecánico del suelo, especialmente en términos de capacidad de soporte y reducción de la expansividad. Este comportamiento es consistente con estudios previos, como el de Sheob et al. (2023) y Sherwany et al. (2023), quienes destacaron que la inclusión de polvo de vidrio puede disminuir el índice de plasticidad y el límite líquido en hasta un 50% y 68%, respectivamente, minimizando así los problemas de expansión en suelos arcillosos. En los resultados de nuestras pruebas, se observó que el uso de polvo de vidrio al 18% generó un aumento significativo en el CBR, lo cual sugiere una mejora importante en la resistencia del suelo para aplicaciones de infraestructura vial. Además, esta adición también elevó la densidad seca y redujo el contenido de humedad óptimo, reforzando la idea de que el vidrio puede actuar como un estabilizador eficiente y ecológico.

Por otro lado, el polvo de vidrio no solo mejora las propiedades físicas del suelo, sino que también contribuye a la sostenibilidad del proyecto al reducir la dependencia de materiales convencionales y minimizar la acumulación de desechos de vidrio en los vertederos. Este aspecto es especialmente relevante considerando el aumento de residuos industriales y la necesidad de soluciones sostenibles en construcción. Al aplicar polvo de vidrio en el suelo, se consigue una estructura más compacta y resistente, lo que, en combinación con su bajo costo y accesibilidad, lo convierte en una opción viable y ventajosa. En general, los resultados obtenidos coinciden con los antecedentes y demuestran que el vidrio es una alternativa eficaz para el tratamiento de suelos expansivos, además de representar un enfoque sostenible para el manejo de residuos.

3.2.2. Respecto a la Adición de Viruta de Aluminio:

La incorporación de polvo de aluminio en los suelos también ha dado resultados positivos en términos de estabilización y capacidad de soporte, observándose una mejora considerable en el CBR en nuestros ensayos, así como una reducción en la plasticidad del suelo. Este comportamiento coincide con el estudio de Aamir et al. (2019), que demostró que el lodo de aluminio podía incrementar notablemente el CBR, haciendo que el suelo sea más resistente a deformaciones bajo cargas. En nuestras pruebas, el aluminio mostró una tendencia favorable para aumentar la densidad seca y mejorar la estructura general del suelo. Sin embargo, también se observó que el aumento de contenido de aluminio debe ser controlado, ya que porcentajes excesivos pueden llevar a efectos de saturación que debiliten la cohesión del suelo.

Además, el uso de polvo de aluminio representa una alternativa ecológica al aprovechar un subproducto industrial que, de otro modo, podría representar un residuo de difícil manejo. Este enfoque, además de mejorar las propiedades de soporte del suelo, reduce la huella ambiental al darle un segundo uso al residuo de aluminio. En términos de rendimiento estructural, los resultados muestran que el polvo de aluminio es una opción eficiente para proyectos de pavimentación y otras infraestructuras que requieren suelos de alta resistencia. La combinación de sostenibilidad y eficacia convierte al aluminio en un estabilizador prometedor, especialmente en proyectos que buscan reducir el uso de materiales convencionales sin comprometer la durabilidad de la construcción.

3.2.3. Respecto a la Adición de Ladrillo Triturado:

La aplicación de polvo de ladrillo en suelos cohesivos se destacó por su capacidad para mejorar la resistencia y reducir la expansividad del suelo, con un efecto particular sobre el CBR y la densidad seca del suelo. Según estudios como los de Zhou et al. (2021) y Kasinikota y Tripura (2021), el polvo de ladrillo puede mejorar la resistencia a la compresión y reducir el

índice de plasticidad del suelo, resultados que también se reflejaron en nuestras pruebas. En particular, la adición de ladrillo al 10% aumentó el CBR, mientras que los valores de expansión disminuyeron respecto al suelo natural. Este comportamiento sugiere que el polvo de ladrillo puede proporcionar estabilidad mínima en aplicaciones de pavimento, donde es esencial controlar la expansión y la contracción de las capas de base.

Además de los beneficios técnicos, el uso de polvo de ladrillo en la estabilización de suelos es una alternativa ambientalmente favorable, ya que reutiliza desechos de la industria de la construcción. Al integrar estos residuos en suelos expansivos, no solo se mejora la durabilidad y capacidad de soporte del suelo, sino que también se contribuye a una construcción más sostenible y de menor impacto ambiental. Este enfoque es particularmente beneficioso en regiones donde las condiciones extremas de temperatura y humedad pueden afectar la estabilidad del suelo, ya que el ladrillo ha demostrado resistencia frente a ciclos de congelación y descongelación. Por tanto, el polvo de ladrillo se presenta como un estabilizador sostenible, proporcionando estabilidad y contribuyendo a un menor uso de materiales convencionales.

4. Conclusiones

Las muestras de suelos estudiadas en las zonas de Juliaca y Pucará mostraron una predominancia de suelos cohesivos con propiedades expansivas, clasificados principalmente como arcilla de alta plasticidad (CH) de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Esta clasificación inicial destaca la necesidad de aplicar métodos de estabilización para mejorar su desempeño estructural y su viabilidad en obras civiles. Teniendo como predominante el tipo de suelo CH (arcilla altamente plástica), se realizó la adición de vidrio, ladrillo y virutas de aluminio con porcentajes de 10%, 14% y 18% para verificar la incidencia de estos materiales en este tipo de suelos.

La incorporación de estos residuos contribuyo de manera positiva a la reducción de la expansión, confirmando su potencial como agentes estabilizantes. Sin embargo, al analizar el efecto sobre la plasticidad, se observa que la adición de vidrio y aluminio genera resultados favorables, ya que el índice de plasticidad disminuyo de 27.81% a 24.86% y de 37.12% a 20.88% respectivamente, lo cual representa una mejora significativa en la calidad del suelo para fines constructivos. Por otra parte, la incorporación de residuos de ladrillo no resulto beneficiosa en este aspecto, ya que incremento la plasticidad de 46.39% a 51.36% lo que podría limitar su aplicación, En consecuencia, puede concluirse que el vidrio y aluminio constituyen alternativas sostenibles y técnicamente viables para mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos cohesivos, mientras que el ladrillo requiere una evaluación más rigurosa de sus condiciones de aplicación.

El potencial de expansión del suelo en su estado natural es de 10.643mm para la calicata 1 (C-1), 10.947mm para la calicata 2 (C-2) y 13.157mm para la calicata 3 (C-3). Con la incorporación de los residuos sólidos vidrio, aluminio y ladrillo en la expansión de los suelos tipo (CH) disminuyen obteniendo una mayor efectividad con la adición de 18% de vidrio disminuyendo la expansión a 6.985mm para la calicata 1 (C-1) , 18% de aluminio disminuyendo la expansión a 7.264mm para la calicata 2 (C-2) y 18% de ladrillo disminuyendo la expansión a 11.938mm para la calicata 3 (C-3).

La evaluación de la capacidad de soporte del suelo mostro valores relativamente bajos en las calicatas (C-1: 5.87%, C-2:3.98% y C-3:44.92%), lo que evidencia condiciones iniciales poco favorables para su empleo en procesos constructivos sin algún tipo de mejora. Sin embargo, con la incorporación de residuos sólidos como el vidrio, aluminio y ladrillo se observó un incremento considerable en la resistencia, demostrando la efectividad de esta técnica como alternativa de estabilización de suelos. En particular, la adición del 18% de residuos de vidrio y aluminio mejoro considerablemente la capacidad portante en las calicatas C-1 y C-2

alcanzando valores de 14.6% y 13.84% respectivamente, mientras que en la calicata C-3 la mayor mejora se obtuvo con el 10% de adición de ladrillo logrando un valor de 5.93%. Estos resultados permiten concluir que el uso de vidrio, aluminio y ladrillo no solo contribuye a aumentar la capacidad de soporte del suelo, sino que también ofrece una alternativa sostenible de valoración de desechos, optimizando el comportamiento mecánico del terreno y generando un beneficio ambiental paralelo al técnico.

Referencias

- Acuña Supo, S. M., & L., L. (2020). *Uso de la ceniza de cáscara de arroz como agente estabilizador*. [Pontificia Universidad Católica del Perú]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Adnan, M., Kumar, S., Garg, N., Kumar, K., & Kumar, S. (2023). *Materials Today: Proceedings Soil stabilization using waste "Bagasse ash and lime": A review*.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.018>
- Anburuvel, A., Sathiparan, N., Dhananjaya, G. M. A., & Anuruththan, A. (2023). *Characteristic evaluation of geopolymer based lateritic soil stabilization enriched with eggshell ash and rice husk ash for road construction: An experimental investigation*. *Construction and Building Materials*, 387(May), 131659.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131659>
- Arifin, Y., & Kusworo, A. (2021). *Utilization of lightweight brick waste as soils stabilizing agent*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 980, 012071.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/980/1/012071>
- ASTM International. (2016). *ASTM D1883-16. Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils*. ASTM International.
<https://doi.org/10.1520/D1883-16>
- ASTM International. (2016). *ASTM D2166-16. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil*. ASTM International.
<https://doi.org/10.1520/D2166-16>
- ASTM International. (2017). *ASTM D4318-17. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D4318-17>
- ASTM International. (2019). *ASTM D2216-19: Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*. West Conshohocken, PA: ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D2216-19>
- Aurora López-Delgado, J. I.-A. (2020). *Zero-waste process for the transformation of a hazardous aluminum waste into a raw material to obtain zeolites*. *Journal of Cleaner Production*.
- Ayala, G., Rosadio, A., & Durán, G. (2019). *Study of the effect of the addition of ash from artisan brick kilns in the stabilization of clay soils for pavements*. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 2019-July. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.115>
- Del Pilar Bustamante Sánchez, R., & Merma Gallardo, L. M. (2022). *Stabilization of Clay Soils applying PET at 2%, 4% and 6% on Unpaved Roads*. *Proceedings of the LACCEI*

- International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July.
<https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.45>
- Guo, J., Bao, Y., & Wang, M. (2018). *Steel slag in China: Treatment, recycling, and management*. *Waste Management*, 78, 318-330.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.045>
- Hernández Lara, J. A., & Mejía Ramírez, D. R. (2016). *Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador*. Universidad de El Salvador.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill España.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- Hidalgo, C., Carvajal, G., & Muñoz, F. (2019). *Laboratory Evaluation of Finely Milled Brick Debris as a Soil Stabilizer*. *Sustainability*, 11(4), Article 4.
<https://doi.org/10.3390/su11040967>
- Jalal, F. E., Zahid, A., Iqbal, M., Naseem, A., & Nabil, M. (2022). *Sustainable use of soda lime glass powder (SLGP) in expansive soil stabilization*. *Case Studies in Construction Materials*, 2022, 17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01559>
- Kasinikota, P., & Tripura, D. D. (2021). *Evaluation of compressed stabilized earth block properties using crushed brick waste*. *Construction and Building Materials*, 280, 122520.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122520>
- Khan, R., & Sonthwal, V. (2019). *Soil Stabilization using Brick Kiln Dust and waste Coir Fibre*. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8, 2574-2578.
<https://doi.org/10.35940/ijrte.B1834.078219>
- Kioupis, D., Skaropoulou, A., Tsivilis, S., & Kakali, G. (2020). *Valorization of Brick and Glass CDWs for the Development of Geopolymers Containing More Than 80% of Wastes*. *Minerals*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/min10080672>
- Li, Z., Chen, T., Chai, Q., Shen, D., & Wu, C. (2024). *Performance Study of Casing Piles in Expansive Soil Foundations: Model Testing and Analysis*. *Sustainability*, 16(1).
<https://doi.org/10.3390/su16010132>
- Lisette, F. Q. (2020). *Influencia de los Aditivos con Enzimas*. Universidad Privada Del Norte.
- Marchena, H., Miguel, L., Cerna Vásquez, M., Junior, M. A., & De, L. (2021). Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
- Más-López, M. I., García del Toro, E. M., Luizaga Patiño, A., & García, L. J. M. (2020). *Eco-Friendly Pavements Manufactured with Glass Waste: Physical and Mechanical Characterization and Its Applicability in Soil Stabilization*. *Materials*, 13(17), Article 17.
<https://doi.org/10.3390/ma13173727>

- Noemi, N. C. (2022). *Estabilización de Suelo Utilizando Polvo de Vidrio Reciclado dn Jiron Miguel Grau Seminario, Urbanización La Florida, Barranca*. Universidad Nacional De Barranca.
- Oljira, S. (2021). *Experimental study on the effect of plastic waste strips and waste brick powder on strength parameters of expansive soils*. *Heliyon*, 7, e08278. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08278>
- Rosales, J., Agrela, F., Marcobal, J. R., Diaz-López, J. L., Cuenca-Moyano, G. M., Caballero, Á., & Cabrera, M. (2020). *Use of Nanomaterials in the Stabilization of Expansive Soils into a Road Real-Scale Application*. *Materials*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/ma13143058>
- Sheob, M., Sajid, M., Ansari, M., Rais, I., Sadique, M. R., & Ahmad, S. (2023). *Using a blend of cement and waste glass powder to improve the properties of clayey soil*. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.440>
- Sherwany, J., Kakrasul, J., & Han, J. (2023). *Effect of Waste Glass on Properties of Treated Problematic Soils: A Comprehensive Review*. *ARO-THE SCIENTIFIC JOURNAL OF KOYA UNIVERSITY*, 11, 180-190. <https://doi.org/10.14500/aro.11284>
- Shi, J., Wang, S., Cao, W., Su, J., & Zhang, X. (2022). *Mechanical Properties and Strengthening Mechanism of Dredged Silty Clay Stabilized by Cement and Steel Slag*. *Materials*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/ma15113823>
- Telmo, R. B. (2022). *Adición polvo de ladrillo en la capacidad portante dela subrasante en la carretera San Mateo Chota 2022*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Wu, Y., Qiao, X., Yu, X., Yu, J., & Deng, Y. (2021). *Study on Properties of Expansive Soil Improved by Steel Slag Powder and Cement under Freeze-Thaw Cycles*. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 25(2), 417-428. <https://doi.org/10.1007/s12205-020-0341-6>
- Yildirim, I. Z., & Prezzi, M. (2022). *Subgrade stabilisation mixtures with EAF steel slag: An experimental study followed by field implementation*. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(6), 1754-1767. <https://doi.org/10.1080/10298436.2020.1823389>
- Zhang, Y., Jiang, T., Li, S., & Wang, W. (2023). *Engineering Properties and Environmental Impact of Soil Mixing with Steel Slag Applied in Subgrade*. *Applied Sciences*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/app13031574>
- Zhou, L., Liu, Y., Lu, J., Zhou, W., & Wang, H. (2021). *Influence of Recycled Concrete Powder (RCP) and Recycled Brick Powder (RBP) on the Physical/Mechanical Properties and Durability of Raw Soil*. *Coatings*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/coatings11121475>

Anexos

Anexo A: Evidencia de Sumisión

21/5/25, 8:38 p.m.

Gmail - Submission received for International Journal of Geotechnical Engineering (Submission ID: 257619409)



Submission I
1 mensaje

YJGE-peerreview
Para: margotcalza



Hola Margot

Mis artículos

ENVIAR NUEVO MANUSCRITO

ENVIÓ	TÍTULO	DIARIO	ESTADO	CATEGORÍA
257619409	Evaluación de Residuos Sólidos de B...	Revista Internacional de Ingeniería Geotécnica	Manuscrito recibido	

1 ENVIÓ

2 REVISIÓN POR PARES

3 PRODUCCIÓN

4 PUBLICACIÓN

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows

If you have any queries, please get in touch with YJGE-peerreview@journals.tandf.co.uk.

Kind Regards,
International Journal of Geotechnical Engineering Editorial Office

Taylor & Francis is a trading name of Informa UK Limited, registered in England under no. 1072954.
Registered office: 5 Howick Place, London, SW1P 1W.

Anexo B: Copia de Resolución



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

RESOLUCIÓN N° 0253-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña 30 de mayo de 2023

VISTO:

El expediente de **Margot Amanda Calizaya Anahua**, identificado(a) con Código Universitario N° 201521881 y **Judith Rocío Ayamamani Huanca**, identificado(a) con Código Universitario N° 201520723, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Margot Amanda Calizaya Anahua** y **Judith Rocío Ayamamani Huanca**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Valoración de los residuos sólidos de construcción en la expansión de suelos cohesivos" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 30 de mayo de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Valoración de los residuos sólidos de construcción en la expansión de suelos cohesivos**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mg. Gerardo William Pari Quispe** y **Dr. Nestor Alejandro Cruz Calapuja**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:
-Interesado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo

Anexo C: Ensayos de Laboratorio



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y MATERIALES
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES
 RUC: 20610607749

ENSAYO DE C.B.R.
 (ASTM D 1883 - NTP 339.145 - MTC E 132)

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
 TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
 UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
 MUESTRA : C1 ESTADO: NATURAL
 FECHA : 8/04/2024
 COORDENADA : 376807.740 m E 8288480.120 m N 3830.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

NUMERO DE MOLDE	M - 1		M - 2		M - 3	
	5		5		5	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA						
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr. 11635	11737	11925	11900	13001	12972
Peso del Molde	gr. 7896	7896	7831	7831	8404	8404
Peso del Suelo Humedo	gr. 3939	3891	4094	4069	4597	4568
Volumen del Suelo	cm ³ 2145	2144	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO	gr/cm ³ 1.836	1.815	1.910	1.895	2.144	2.131

Número de Tara	N°	T-22	T-23	T-01	T-02	T-24	T-25	T-03	T-04	T-26	T-27	T-05	T-06
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Peso de la Tara		25.93	24.66	22.38	22.52	22.65	23.90	21.03	22.27	19.32	19.41	18.12	20.12
Suelo Humedo + Tara		69.23	70.23	82.04	95.49	81.09	81.99	88.47	103.08	81.46	83.01	93.18	93.92
Peso del Suelo Seco + Tara		62.01	62.28	72.53	83.59	71.23	55.04	77.97	90.25	71.49	72.54	81.68	82.49
Peso del Agua		7.92	7.95	9.24	11.51	9.86	6.35	10.50	12.83	9.97	10.47	11.48	11.44
Peso del Suelo Seco		36.08	37.62	50.42	61.37	48.57	31.74	56.94	67.98	52.17	53.13	63.56	62.36
% de Humedad	%	21.95	21.13	18.33	18.78	20.30	20.01	18.44	18.87	19.11	19.71	18.06	18.35
Promedio de Humedad	%	21.54		18.54		20.15		18.66		19.41		18.20	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³	1.511	1.531	1.589	1.593	1.796	1.802						

EXPANSION											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial (pulg)	Expansion		Dial (pulg)	Expansion		Dial (pulg)	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
6/10/2023	9:35 a. m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
7/10/2023	9:35 a. m.	24:00:00	0.330	8.392	6.60	0.325	8.255	6.50	0.314	7.976	6.28
8/10/2023	9:35 a. m.	48:00:00	0.357	9.068	7.14	0.341	8.661	6.82	0.327	8.306	6.54
9/10/2023	9:35 a. m.	72:00:00	0.385	9.779	7.70	0.374	9.500	7.48	0.360	9.144	7.20
10/10/2023	9:35 a. m.	96:00:00	0.417	10.592	8.34	0.402	10.211	8.04	0.399	10.135	7.98

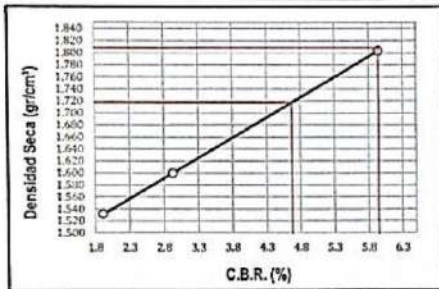
PENETRACION												
PENETRACION		TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M - 1			MOLDE M - 2			MOLDE M - 3		
pulg.	mm			CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm2	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm2	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm2	CBR %
0.000	0.000	00:00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
0.025	0.635	00:30		12.2	0.6	17.9	0.9		34.8	1.8		
0.050	1.270	01:00		16.8	0.8	22.9	1.2		49.2	2.5		
0.075	1.905	01:30		23.7	1.2	31.4	1.6		61.8	3.1		
0.100	2.540	02:00	70.31	26.4	1.3	1.91	40.4	2.1	2.93	62.1	4.2	5.95
0.150	3.810	03:00		37.8	1.9		61.8	3.1		93.7	4.8	
0.200	5.080	04:00	105.00	42.7	2.2	2.07	73.0	3.7	3.54	120.3	6.1	5.84
0.250	6.350	05:00		49.6	2.5		83.3	4.2		129.9	6.6	
0.300	7.620	06:00		53.1	2.7		91.9	4.7		152.3	7.8	
0.350	8.890	07:00		57.0	2.9		98.7	5.0		161.1	8.2	
0.400	10.160	08:00		62.1	3.2		106.8	5.4		175.8	9.0	

CICMIC B&P SRL
 Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
 Rmá Luzmeñ Yampara Ticona
 ESP EN GEOTECNIA Y MATERIALES
 CIP 116064

☎ 986 473 782 ☎ 010 895 855
 ✉ cjmcbp@gmail.com
 📍 Juliaca Puno - Perú

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C1 ESTADO : NATURAL
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 376807.740 m E 8288489.120 m N 3830.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

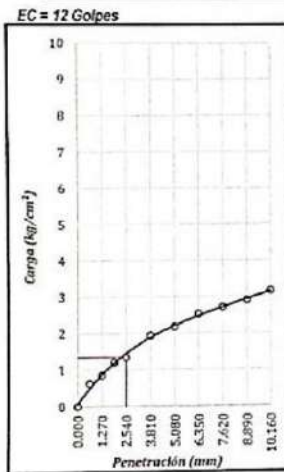
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)



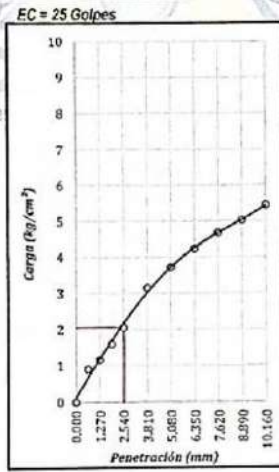
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.809
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 18.13
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.718

RESULTADOS:

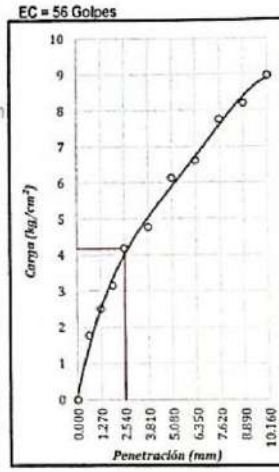
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	: 5.95%
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	: 4.65%



C.B.R. (0.1") = 1.91 %
C.B.R. (0.2") = 2.07 %



C.B.R. (0.1") = 2.93 %
C.B.R. (0.2") = 3.54 %



C.B.R. (0.1") = 5.95 %
C.B.R. (0.2") = 5.94 %

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingenierías y Ciencias
Ing. Rina LUZURIAGA
ESP. EN GEOTECNIA Y MATERIALES
CIP 116014

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1883 - NTP 339.145 - MTC E 132)

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
 TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
 UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
 MUESTRA : C1 ESTADO : 10% de VIDRIO
 FECHA : 8/04/2024
 COORDENADA : 376827.740 m E 8288480.120 m N 3830.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

CONDICIONES DE LA MUESTRA	M - 1		M - 2		M - 3	
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr. 12057	12043	12229	12220	13114	13096
Peso del Molde	gr. 8111	8111	8042	8042	8027	8027
Peso del Suelo Humedo	gr. 3976	3932	4217	4178	5077	5069
Volumen del Suelo	cm ³ 2145	2144	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO	gr/cm ³ 1.854	1.834	1.967	1.949	2.368	2.364

Número de Tara	N°	T-22		T-23		T-01		T-02		T-24		T-25		T-03		T-04		T-26		T-27		T-05		T-06	
		mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Peso de la Tara	gr. 2144	2155	2101	2134	2056	2083	2150	2217	2279	2121	2193	2042	2144	2217	2279	2121	2193	2042	2144	2217	2279	2121	2193	2042	2144
Suelo Humedo + Tara	gr. 12805	12937	11651	9866	11032	11718	9386	11179	12457	9532	8227	8661	11032	11718	9386	11179	12457	9532	8227	8661	11032	11718	9386	11179	12457
Peso del Suelo Seco + Tara	gr. 11051	11209	9757	8504	9569	10232	8369	9204	10944	8410	6019	7728	11032	11718	9386	11179	12457	9532	8227	8661	11032	11718	9386	11179	12457
Peso del Agua	gr. 1754	1788	1294	1062	1423	1488	1017	1285	1543	1116	978	933	11032	11718	9386	11179	12457	9532	8227	8661	11032	11718	9386	11179	12457
Peso del Suelo Seco	gr. 8907	9041	7656	6470	7553	8149	6239	7677	8865	6245	5828	5656	11032	11718	9386	11179	12457	9532	8227	8661	11032	11718	9386	11179	12457
% de Humedad	% 19.69	19.78	16.90	16.41	18.84	18.24	16.30	16.74	17.81	17.87	16.79	16.41	11032	11718	9386	11179	12457	9532	8227	8661	11032	11718	9386	11179	12457
Promedio de Humedad	% 19.73	19.78	16.66	16.41	18.54	18.24	16.52	16.74	17.81	17.87	16.79	16.41	11032	11718	9386	11179	12457	9532	8227	8661	11032	11718	9386	11179	12457
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³ 1.548	1.572	1.659	1.672	2.010	2.028	2.010	2.028	2.010	2.028	2.010	2.028	2.010	2.028	2.010	2.028	2.010	2.028	2.010	2.028	2.010	2.028	2.010	2.028	2.010

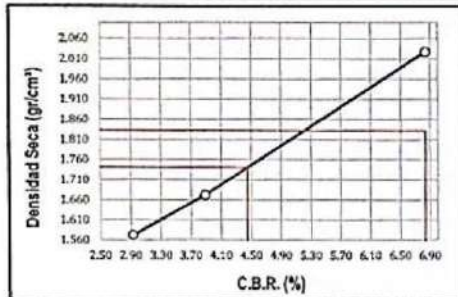
Fecha	Hora	Tiempo	Dial (pulg)	Expansion							
				Expansion		Expansion		Expansion			
				mm	%	mm	%	mm	%		
4/10/2023	9:35 a. m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
5/10/2023	9:35 a. m.	24:00:00	0.320	8.128	6.40	0.309	7.772	6.12	0.205	7.493	5.90
6/10/2023	9:35 a. m.	49:00:00	0.341	8.661	6.82	0.325	8.255	6.50	0.317	8.052	6.34
7/10/2023	9:35 a. m.	72:00:00	0.352	9.195	7.24	0.343	8.712	6.86	0.339	8.585	6.76
8/10/2023	9:35 a. m.	96:00:00	0.391	9.931	7.82	0.378	9.601	7.56	0.362	9.185	7.24

PENETRACION												
PENETRACION		TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M - 1			MOLDE M - 2			MOLDE M - 3		
pulg.	mm			CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %
0.000	0.000	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.025	0.635	00:30	15.5	0.9	29.1	1.5	40.3	2.1	40.3	2.1	2.1	
0.050	1.270	01:00	27.2	1.4	37.4	1.9	53.8	2.7	53.8	2.7	2.7	
0.075	1.905	01:30	38.3	2.0	48.3	2.4	73.7	4.1	73.7	4.1	4.1	
0.100	2.540	02:00	70.31	40.5	2.1	2.93	53.7	2.7	3.89	94.4	4.8	
0.150	3.810	03:00		46.3	2.4		62.7	3.2		128.5	6.5	
0.200	5.080	04:00	105.00	57.0	2.9	2.76	79.5	4.0	3.86	136.0	6.9	
0.250	6.350	05:00		61.2	3.1		85.2	4.3		148.2	7.5	
0.300	7.620	06:00		72.2	3.7		91.7	4.7		166.7	8.5	
0.350	8.890	07:00		79.5	4.0		110.6	5.6		179.6	9.1	
0.400	10.160	08:00		84.6	4.3		115.7	5.9		217.7	11.1	

CICMIC B&P SRL
 Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
 Huanca
 Luzmeri Mambara Ticona
 ESP EN GEOTECNIA
 CIP 115064

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C1 ESTADO : 10% de VIDRIO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 376807.740 m E 8289480.120 m N 3830.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

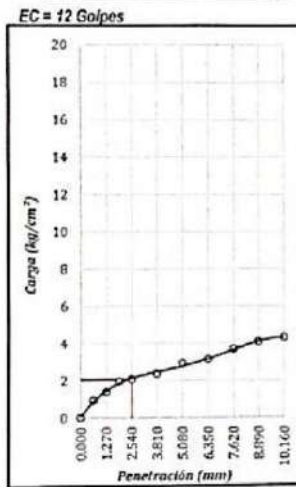
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)



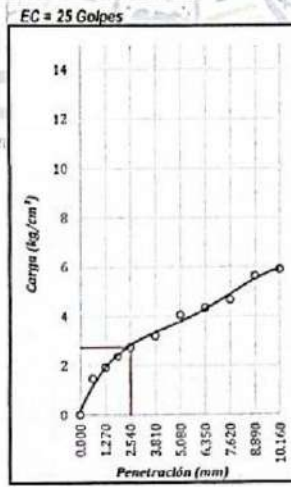
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.832
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 16.27
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.740

RESULTADOS:

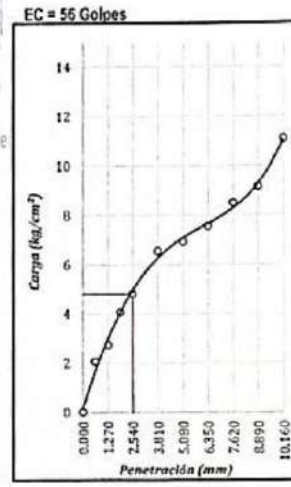
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	: 6.84%
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	: 4.45%



C.B.R. (0.1") = 2.93 %
C.B.R. (0.2") = 2.76 %



C.B.R. (0.1") = 3.89 %
C.B.R. (0.2") = 3.86 %



C.B.R. (0.1") = 6.84 %
C.B.R. (0.2") = 6.6 %

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
[Signature]
Luzmila Yampora Ticona
ESP. EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
CIP 116664

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1883 - NTP 339.145 - MTC E 132)

TESIS : VALORACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCION EN LA EXPANSION DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C1 ESTADO : 14% de VIDRIO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 376807.740 m E 8268480.120 m N 3830.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

NUMERO DE MOLDE	M - 1		M - 2		M - 3	
	No DE CAPAS		No DE CAPAS		No DE CAPAS	
	5		5		5	
	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA						
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo * Molde	gr.	12042	12037	12275	12252	13129
Peso del Molde	gr.	8042	8042	8043	8043	8113
Peso del Suelo Humedo	gr.	4007	3995	4222	4209	5025
Volumen del Suelo	cm ³	2145	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO	gr/cm ³	1.868	1.863	1.969	1.963	2.344

Numero de Tara	N°	T+22	T+23	T+01	T+02	T+24	T+25	T+03	T+04	T+26	T+27	T+05	T+06
		Peso de la Tara	gr.	12.17	22.34	18.81	18.50	22.18	25.17	19.59	18.38	12.35	14.79
Suelo Humedo * Tara	gr.	100.54	124.64	62.59	52.94	112.75	114.73	64.43	62.85	77.70	68.58	68.88	73.12
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	87.29	107.50	50.79	53.69	99.66	102.13	58.60	57.26	65.19	73.49	61.93	67.63
Peso del Agua	gr.	13.35	15.14	5.70	5.25	12.92	12.60	5.83	5.63	8.52	10.09	6.67	7.29
Peso del Suelo Seco	gr.	75.12	87.16	38.06	35.19	77.68	76.96	39.01	38.88	56.80	63.70	43.64	49.62
% de Humedad	%	17.77	17.37	14.97	14.92	16.53	16.37	14.94	14.48	15.00	15.84	15.29	14.69
Promedio de Humedad	%	17.57		14.94		16.59		14.71		15.42		14.99	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³	1.589		1.621		1.690		1.711		2.031		2.035	

Fecha	Hora	Tiempo	Dial (pulg)	EXPANSION				Dial (pulg)	EXPANSION				
				Expansion		Expansion			Expansion		Expansion		
				mm	%	mm	%		mm	%	mm	%	
9/10/2023	9:35 a. m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
10/10/2023	9:35 a. m.	24:00:00	0.294	7.468	5.88	0.280	7.264	5.72	0.269	6.633	5.38	0.269	6.633
11/10/2023	9:35 a. m.	48:00:00	0.312	7.925	6.24	0.294	7.468	5.88	0.278	7.061	5.56	0.278	7.061
12/10/2023	9:35 a. m.	72:00:00	0.348	8.768	6.92	0.329	8.357	6.58	0.310	7.874	6.20	0.310	7.874
13/10/2023	9:35 a. m.	96:00:00	0.367	9.322	7.34	0.354	8.992	7.08	0.341	8.661	6.82	0.341	8.661

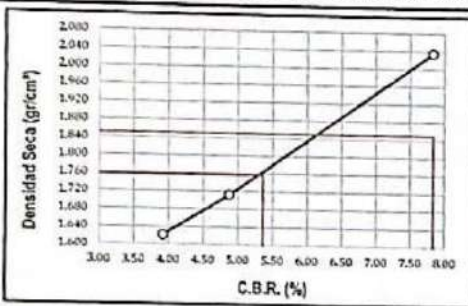
PENETRACION												
PENETRACION		TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M - 1			MOLDE M - 2			MOLDE M - 3		
				CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %
0.050	0.000	00:00		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
0.025	0.635	00:30		23.2	1.2		31.1	1.6		49.1	2.5	
0.050	1.270	01:00		31.8	1.6		39.7	2.0		70.7	3.6	
0.075	1.905	01:30		46.3	2.4		50.7	2.6		89.1	4.5	
0.100	2.540	02:00	70.31	54.2	2.8	3.93	67.3	3.4	4.87	108.1	5.6	7.83
0.150	3.810	03:00		71.9	3.7		98.0	5.0		152.1	7.7	
0.200	5.080	04:00	105.00	89.0	4.5	4.32	103.3	5.3	5.01	183.8	9.4	8.92
0.250	6.350	05:00		108.9	5.6		138.5	7.1		201.0	10.2	
0.300	7.620	06:00		116.1	5.9		158.4	8.1		215.9	11.0	
0.350	8.890	07:00		135.3	6.9		164.6	8.4		228.5	11.6	
0.400	10.160	08:00		153.6	7.8		197.5	10.1		245.2	12.5	

CICMIC B&P SRL
 Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
 Ing. Rina Luzman Yauri, Ticona
 ESP EN GEOTECA Y PUNO
 CIP 110684

☎ 988 473 742 810 835 855
 ✉ cismicb@gmail.com
 📍 Juliaca, Puno - Perú

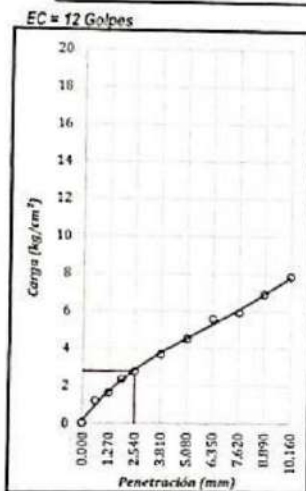
TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calzaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C1 ESTADO : 14% de VIDRIO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 776917.740 m E 8268490.120 m N 3830.000 m s.n.m COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

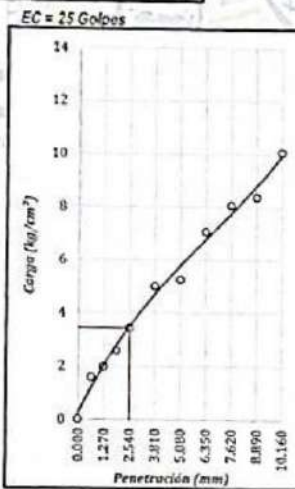


MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.850
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 14.53
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.758

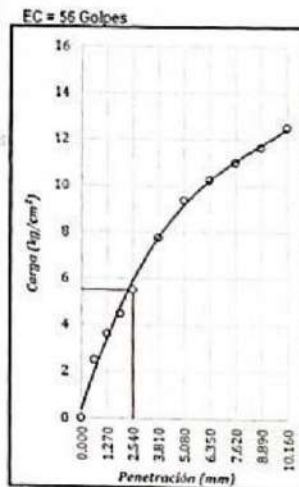
RESULTADOS:	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	: 7.83%
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	: 5.36%



C.B.R. (0.1") = 3.93 %
C.B.R. (0.2") = 4.32 %



C.B.R. (0.1") = 4.87 %
C.B.R. (0.2") = 5.01 %



C.B.R. (0.1") = 7.83 %
C.B.R. (0.2") = 8.92 %

CICMIC B&P SRL
 Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
 Luzmila Yampara Ticona
 ESP EN GEOTECNIA Y MATERIALES
 CIP 116064

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1883 - NTP 339 145 - MTC E 132)

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C1 **ESTADO** : 18% de VIDRIO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 775607.740 m E 826849.120 m N 3830.000 m s.n.m. **COD. EXPEDIENTE** : 27 - 2024 CICMIC

	M - 1		M - 2		M - 3		
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	
NUMERO DE MOLDE	M - 1		M - 2		M - 3		
NO DE CAPAS	5		5		5		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56		
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO SIN SATURAR		SATURADO SIN SATURAR		SATURADO SIN SATURAR		
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12104	11555	12240	12218	13011	12957
Peso del Molde	gr.	8109	8109	8042	8042	8022	8022
Peso del Suelo Humedo	gr.	3995	3889	4198	4176	4989	4965
Volumen del Suelo	cm ³	2145	2144	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO	gr/cm ³	1.862	1.814	1.958	1.948	2.327	2.316

	N°	T-22		T-23		T-01		T-02		T-24		T-25		T-03		T-04		T-26		T-27		T-25		T-06		
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Peso de la Tara	gr.	21.01	24.12	13.84	18.16	21.29	22.43	22.37	22.17	22.30	21.95	22.52	20.12													
Suelo Humedo + Tara	gr.	129.18	126.68	108.63	76.94	148.74	125.45	55.66	98.17	115.31	96.95	89.85	92.70													
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	123.51	111.32	98.18	70.45	132.39	112.29	87.78	89.45	104.15	87.97	82.44	84.72													
Peso del Agua	gr.	15.65	14.36	10.45	6.49	16.35	13.17	8.18	8.71	11.16	8.98	7.41	8.04													
Peso del Suelo Seco	gr.	102.50	91.20	84.34	52.29	111.10	89.85	65.41	67.29	81.85	66.02	59.92	64.60													
% de Humedad	%	15.27	15.75	12.59	12.41	14.72	14.66	12.51	12.94	13.63	13.60	12.37	12.45													
Promedio de Humedad	%	15.51		12.40		14.69		12.72		13.62		12.41														
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³	1.612		1.614		1.707		1.728		2.048		2.060														

EXPANSION														
Fecha	Hora	Tiempo	Dial (pulg)	Expansion			Dial (pulg)	Expansion			Dial (pulg)	Expansion		
				mm	%			mm	%			mm	%	
14/10/2023	9:35 a. m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
15/10/2023	9:35 a. m.	24:00:00	0.255	7.239	5.70	0.271	6.883	5.42	0.250	6.502	5.12			
16/10/2023	9:35 a. m.	48:00:00	0.309	7.849	6.18	0.288	7.315	5.76	0.265	6.731	5.30			
17/10/2023	9:35 a. m.	72:00:00	0.337	8.560	6.74	0.307	7.798	6.14	0.289	7.341	5.76			
18/10/2023	9:35 a. m.	96:00:00	0.348	8.839	6.98	0.320	8.357	6.58	0.311	7.890	6.22			

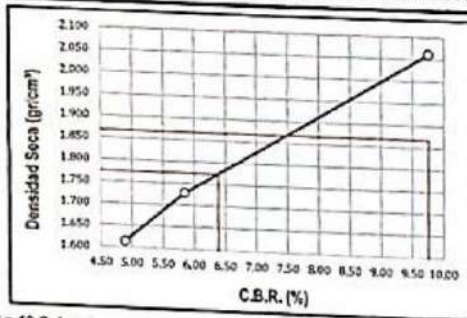
PENETRACION												
PENETRACION		TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M - 1			MOLDE M - 2			MOLDE M - 3		
pulg.	mm			CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %
0.000	0.00	00:00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.025	0.635	00:30		32.2	1.6	44.3	2.3		71.5	3.6		
0.050	1.270	01:00		40.8	2.1	50.9	2.6		100.9	5.1		
0.075	1.905	01:30		61.3	2.6	62.9	3.2		115.2	5.9		
0.100	2.540	02:00	70.31	67.5	3.4	4.89	80.8	4.1	5.85	134.7	6.9	9.76
0.150	3.810	03:00		73.8	3.6	90.6	4.6		150.9	8.1		
0.200	5.080	04:00	105.00	87.6	4.5	4.25	122.3	6.2	5.93	203.7	10.4	9.85
0.250	6.350	05:00		114.1	5.6	138.0	7.1		241.4	11.3		
0.300	7.620	06:00		131.1	6.7	145.9	7.4		237.1	12.1		
0.350	8.890	07:00		143.7	7.3	159.1	8.1		263.8	12.9		
0.400	10.160	08:00		157.3	8.0	204.9	10.4		277.6	14.1		

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
[Firma]
Luzmila Yañez
EN GEOTECA 27-11-11-11
CIP 11004

☎ 068-478-792 910-836-855
✉ cicmicb@gmail.com
📍 Juliaca, Puno - Perú

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
 TESISISTA : Margot Amanda Calzaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
 UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
 MUESTRA : C1 ESTADO : 18% de VIDRIO
 FECHA : 8/04/2024
 COORDENADA : 375607 740 m E 8288480 120 m N 3830 000 m s.o.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

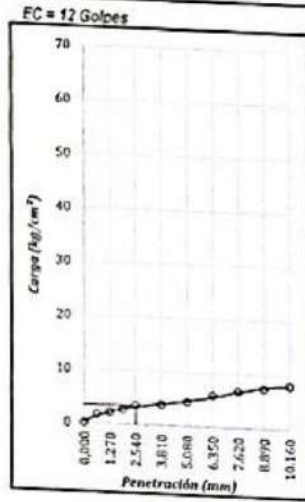
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)



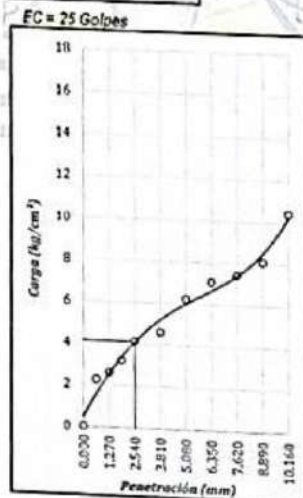
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.867
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 12.36
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.774

RESULTADOS:

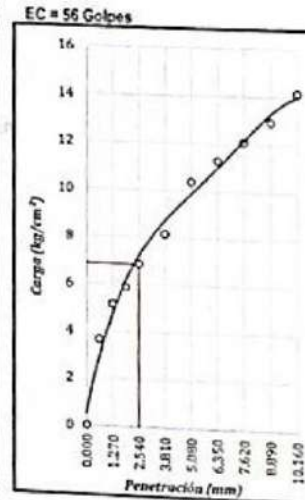
C.B.R. a 10% de M.D.S. (%) 0.1"	: 9.76%
C.B.R. a 95% de M.D.S. (%) 0.1"	: 6.39%



C.B.R. (0.1") = 4.89 %
 C.B.R. (0.2") = 4.25 %



C.B.R. (0.1") = 5.85 %
 C.B.R. (0.2") = 5.93 %



C.B.R. (0.1") = 9.76 %
 C.B.R. (0.2") = 9.88 %

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1883 - NTP 339.145 - MTC E 132)

TESIS	: VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCION EN LA EXPANSION DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA	: Margot Amanda Calizaya Anahua Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACIÓN	: AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA	: C2 ESTADO: NATURAL
FECHA	: 8/04/2024
COORDENADA	: 376215.360 m F 8288516.370 m N 3830.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

CONDICIONES DE LA MUESTRA	M - 1		M - 2		M - 3	
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Numero de Molde	M - 1		M - 2		M - 3	
No de CAPAS	5		5		5	
Numero de GOLPES POR CAPA	12		25		56	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12310	12117	11870	11741	12570
Peso del Molde	gr.	8178	8178	7648	7648	8266
Peso del Suelo Humedo	gr.	4132	3939	4222	4093	4284
Volumen del Suelo	cm ³	2145	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO	gr/cm ³	1.926	1.837	1.969	1.909	1.998

Numero de Tara	N°	T-22	T-23	T-01	T-02	T-24	T-25	T-03	T-04	T-26	T-27	T-05	T-06
		Peso de la Tara	gr.	27.14	30.33	35.22	35.05	33.51	31.81	28.30	28.45	26.44	25.99
Suelo Humedo + Tara	gr.	85.12	82.48	78.24	77.63	85.06	85.13	107.22	109.21	190.66	191.75	100.66	89.34
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	72.58	71.15	71.15	73.52	81.15	83.11	94.03	93.00	159.53	162.34	87.82	86.72
Peso del Agua	gr.	12.54	11.33	7.09	7.11	14.48	13.02	13.19	13.15	31.07	31.42	12.84	12.62
Peso del Suelo Seco	gr.	45.44	40.76	34.93	34.67	57.27	51.30	65.65	64.51	133.15	133.35	63.69	62.54
% de Humedad	%	27.80	27.80	20.30	20.51	25.28	25.38	20.09	20.35	23.33	23.56	20.16	20.18
Promedio de Humedad	%	27.70		20.40		25.33		20.22		23.45		20.17	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³	1.509		1.526		1.571		1.588		1.619		1.643	

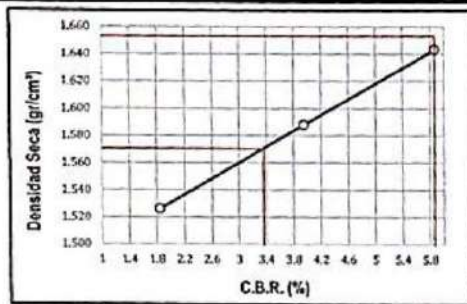
Fecha	Hora	Tiempo	EXPANSION											
			Dial (pulg)			Expansion			Dial (pulg)			Expansion		
			mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
12/10/2023	9:35 a. m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
13/10/2023	9:35 a. m.	24:00:00	0.261	6.629	5.22	0.232	5.893	4.64	0.219	5.334	4.20			
14/10/2023	9:35 a. m.	49:00:00	0.350	8.690	7.00	0.290	7.365	5.80	0.265	6.731	5.30			
15/10/2023	9:35 a. m.	72:00:00	0.434	11.024	8.68	0.350	8.890	7.00	0.340	8.636	6.80			
16/10/2023	9:35 a. m.	01:00:00	0.521	13.233	10.42	0.479	12.167	9.58	0.419	10.643	8.38			

PENETRACION			TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M - 1			MOLDE M - 2			MOLDE M - 3		
pulg.	mm				CARGA Kg	ESFUER Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER Kg/cm ²	CBR %
0.000	0.000	00:00		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		
0.025	0.635	00:30		11.0	0.6		15.2	0.8		20.5	1.0		
0.050	1.270	01:00		19.0	1.0		32.5	1.7		44.0	2.2		
0.075	1.905	01:30		29.0	1.1		50.4	2.6		66.0	2.9		
0.100	2.540	02:00	70.31	25.5	1.3	1.85	54.8	2.8	3.95	81.0	4.1	5.87	
0.150	3.810	03:00		35.0	2.0		88.3	4.5		96.0	4.9		
0.200	5.080	04:00	105.00	44.0	2.2	2.13	101.8	5.2	4.94	116.0	5.9	5.63	
0.250	6.350	05:00		52.0	2.6		113.8	5.8		121.6	6.2		
0.300	7.620	06:00		58.0	3.0		121.9	6.2		124.5	6.3		
0.350	8.890	07:00		64.0	3.3		130.5	6.7		138.4	7.0		
0.400	10.160	08:00		71.0	3.6		135.5	6.9		146.6	7.6		

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
Román Yampara
Ing. Román Yampara Ticona
LSP EN GEOTECHNICA Y MATERIALES
CIP 119024

TESIS : VALORACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCION EN LA EXPANSION DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACION : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C2 ESTADO : NATURAL
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 3768'5.360 m E 8285'16.370 m N 3830.000 m s.n.m COD. EXPEDIENTE - 27 - 2024 CICMIC

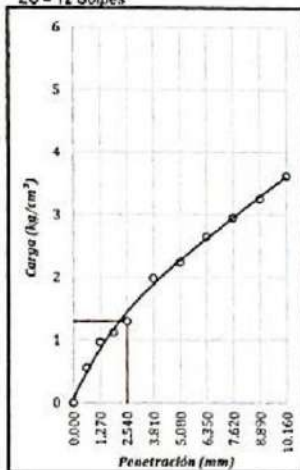
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.653
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 20.19
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.570

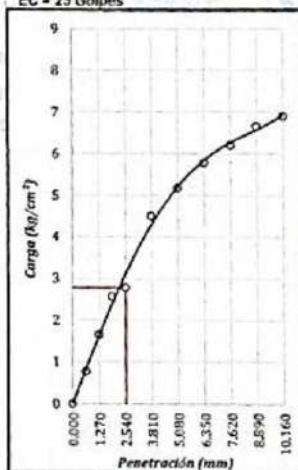
RESULTADOS:	
C.B.R. a 100% de M.D.S. (%) 0.1"	: 5.87%
C.B.R. a 95% de M.D.S. (%) 0.1"	: 3.96%

EC = 12 Golpes



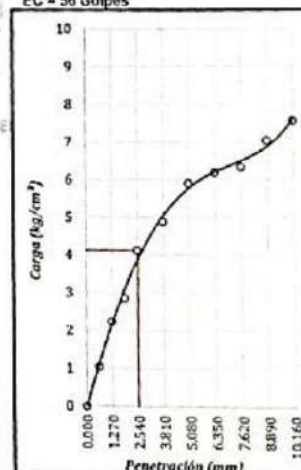
C.B.R. (0.1") = 1.85 %
C.B.R. (0.2") = 2.13 %

EC = 25 Golpes



C.B.R. (0.1") = 3.95 %
C.B.R. (0.2") = 4.94 %

EC = 56 Golpes



C.B.R. (0.1") = 5.87 %
C.B.R. (0.2") = 5.63 %

CICMIC B&P SRL

Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingenierías y Ciencias
 Ing. Luzmila Yampara Ticona
 ESP. EN GEOTECNIA Y MATERIALES
 CIP 110034

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1883 - NTP 339.145 - MTCE 132)

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calzaya Anahua
Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C2 ESTADO : 10% de VIDRIO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 3763'15.360 m E 82°55'16.370 m N 3830.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

CONDICIONES DE LA MUESTRA	M - 1		M - 2		M - 3	
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Numero de Molde	M - 1		M - 2		M - 3	
No DE CAPAS	5		5		5	
Numero DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12230	11924	12350	12120	12420
Peso del Molde	gr.	8110	8110	8040	8040	8021
Peso del Suelo Humedo	gr.	4120	3814	4310	4080	4399
Volumen del Suelo	cm ³	2145	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO	gr/cm ³	1.921	1.779	2.010	1.903	2.052

CONDICIONES DE LA MUESTRA	N°	T-22	T-23	T-01	T-02	T-24	T-25	T-03	T-04	T-26	T-27	T-05	T-06
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Numero de Tara	N°	T-22	T-23	T-01	T-02	T-24	T-25	T-03	T-04	T-26	T-27	T-05	T-06
Peso de la Tara	gr.	2639	2639	2611	2615	2338	2332	2645	2645	2639	2677	2420	2423
Suelo Humedo + Tara	gr.	10029	9684	10275	10521	9578	9528	9676	10077	10032	10143	9313	9154
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	8581	8380	8507	8557	8222	8321	8731	8588	86172	8585	7492	7351
Peso del Agua	gr.	1442	1298	968	964	1355	1207	947	1089	2860	2866	821	803
Peso del Suelo Seco	gr.	5882	5347	5936	5942	5885	5219	5888	6743	13533	13605	5072	4988
% de Humedad	%	24.18	24.28	16.14	16.22	23.02	23.13	16.09	16.15	21.13	21.07	16.19	16.10
Promedio de Humedad	%	24.23		16.18		23.08		16.12		21.10		16.14	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³	1.545		1.531		1.633		1.639		1.694		1.743	

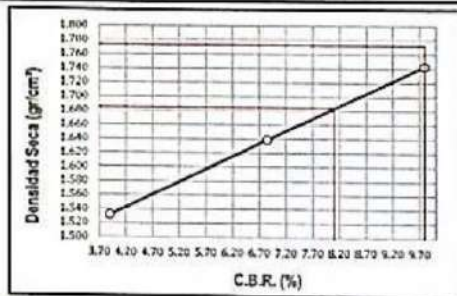
Fecha	Hora	Tiempo	Dial (pulg)	Expansion		Dial (pulg)	Expansion		Dial (pulg)	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
				18/10/2023	9:35 a. m.		0	0.000		0.000	0.00
19/10/2023	9:35 a. m.	24:00:00	0.231	5.887	4.62	0.172	4.369	3.44	0.140	3.556	2.80
20/10/2023	9:35 a. m.	48:00:00	0.305	7.747	6.10	0.231	5.887	4.62	0.191	4.851	3.82
21/10/2023	9:35 a. m.	72:00:00	0.363	9.220	7.28	0.293	7.595	5.98	0.228	5.791	4.56
22/10/2023	9:35 a. m.	96:00:00	0.415	10.429	8.22	0.343	8.636	6.80	0.301	7.645	6.02

PENETRACION		TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M - 1			MOLDE M - 2			MOLDE M - 3		
pulg.	mm			CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %
0.000	0.000	00:00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.025	0.635	00:30		10.0	1.0	25.4	1.3		42.0	2.1		
0.050	1.270	01:00		31.0	1.6	47.0	2.4		83.0	4.2		
0.075	1.905	01:30		41.0	2.1	65.0	3.3		124.0	6.3		
0.100	2.540	02:00	70.31	53.8	2.7	3.90	94.6	4.6	6.65	135.2	6.9	
0.150	3.810	03:00		59.0	3.0	112.0	5.7		193.0	9.8	9.79	
0.200	5.080	04:00	105.00	62.0	3.2	3.01	129.0	6.6	8.21	227.0	11.6	
0.250	6.350	05:00		71.0	3.6	151.2	7.7		275.0	14.0	11.01	
0.300	7.620	06:00		84.0	4.3	171.1	8.7		281.0	14.3		
0.350	8.890	07:00		96.0	4.9	174.0	8.9		294.0	15.0		
0.400	10.160	08:00		111.0	5.7	178.0	9.1		315.0	16.0		

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
Rosa M. Churruarín
Ing. Rosa Luzmeiri Yampara Ticona
ESP. EN GEOTECNIA Y FUNDACIONES
CIP 115684

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
 TESISISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamari Huanca
 UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
 MUESTRA : C2 ESTADO : 10% de VIDRIO
 FECHA : 8/04/2024
 COORDENADA : 1376215.360 m E 8286516.370 m N 5830.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

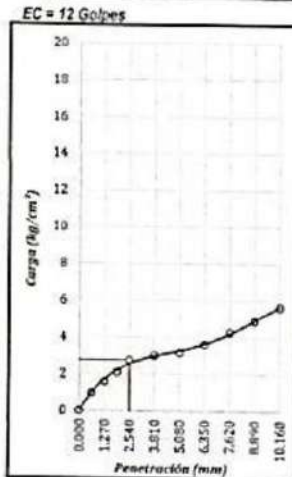
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)



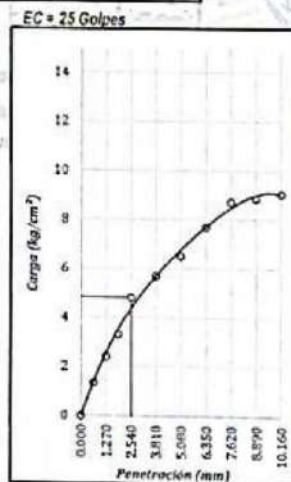
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.773
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 16.13
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.664

RESULTADOS:

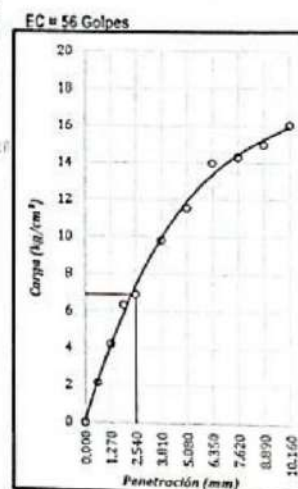
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	: 8.79%
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	: 8.10%



C.B.R. (0.1") = 3.9 %
C.B.R. (0.2") = 3.01 %



C.B.R. (0.1") = 6.85 %
C.B.R. (0.2") = 6.21 %



C.B.R. (0.1") = 9.79 %
C.B.R. (0.2") = 11.01 %

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
 Ing. Luzmer Yampara Ticona
 ESP EN GEOTECNIA Y MATERIALES
 CIP 11664

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1883 - NTP 339.145 - MTC E 132)

TESIS : VALORACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCION EN LA EXPANSION DE SUELOS COHESIVOS
 TESISISTA : Margot Amanda Callaza Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
 UBICACION : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
 MUESTRA : C2 ESTADO : 14% de VIDRIO
 FECHA : 8/04/2024
 COORDENADA : 376915.360 m E 629516.870 m N 3830.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

CONDICIONES DE LA MUESTRA	M - 1		M - 2		M - 3	
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Número de Molde	5		5		5	
No DE CAPAS	12		25		56	
Número de Golpes por Capa	12		25		56	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12021	11896	12001	12490	12298
Peso del Molde	gr.	8006	8006	8292	8292	7834
Peso del Suelo Humedo	gr.	4015	3890	4309	4198	4462
Volumen del Suelo	cm ³	2145	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO	gr/cm ³	1.872	1.814	2.010	1.958	2.081

Número de Tara	N°	T-22		T-61		T-62		T-24		T-25		T-23		T-64		T-26		T-27		T-25		T-06	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Peso de la Tara		27.33	30.27	35.82	35.49	23.33	30.92	29.32	28.41	29.44	29.99	24.10	24.14	24.14	24.14	24.14	24.14	24.14	24.14	24.14	24.14	24.14	24.14
Suelo Humedo + Tara		99.53	96.11	100.54	100.13	93.77	95.39	94.49	100.02	98.26	99.69	94.11	90.23										
Peso del Suelo Seco + Tara		86.15	83.73	82.43	82.01	81.81	84.47	86.26	91.13	87.52	88.44	75.69	73.29										
Peso del Agua		13.67	12.38	8.11	8.12	11.96	10.92	8.23	8.89	11.34	11.45	7.42	6.95										
Peso del Suelo Seco		58.83	53.46	56.61	56.52	58.43	53.55	57.94	62.72	61.08	61.45	52.96	49.14										
% de Humedad	%	23.24	23.18	14.33	14.37	20.47	20.38	14.25	14.17	18.57	18.63	14.12	14.14										
Promedio de Humedad	%	23.20		14.35		20.43		14.19		18.60		14.13											
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³	1.519		1.587		1.669		1.715		1.755		1.820											

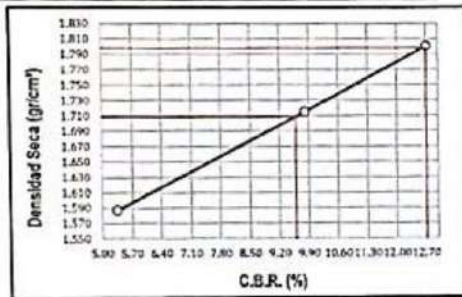
Fecha	Hora	Tiempo	Dial (pulg)	Expansion			Dial (pulg)	Expansion			Dial (pulg)	Expansion		
				mm	%	mm		%	mm	%				
												mm	%	mm
28/10/2023	9:35 a. m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
29/10/2023	9:35 a. m.	24:00:00	0.230	5.842	4.00	0.211	5.359	4.22	0.121	3.073	2.42			
30/10/2023	9:35 a. m.	48:00:00	0.202	7.163	5.64	0.229	5.817	4.58	0.148	3.759	2.96			
31/10/2023	9:35 a. m.	72:00:00	0.348	8.839	6.96	0.272	6.909	5.44	0.200	5.080	4.00			
1/11/2023	9:35 a. m.	96:00:00	0.376	10.135	7.98	0.306	7.772	6.12	0.249	6.325	4.98			

PENETRACION				MOLDE M - 1									MOLDE M - 2			MOLDE M - 3					
pulg.	mm	TIEMPO min.	Carga Est.	CARGA Kg			ESFUERZO Kgl/cm ²			CBR %			CARGA Kg	ESFUERZO Kgl/cm ²		CBR %	CARGA Kg	ESFUERZO Kgl/cm ²		CBR %	
				CARGA Kg	ESFUERZO Kgl/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUERZO Kgl/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUERZO Kgl/cm ²	CBR %									
0.000	0.00	00:00		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
0.025	0.635	00:30		21.0	1.1		59.0	3.0		71.4	3.6										
0.050	1.270	01:00		34.9	1.7		67.1	3.4		67.2	3.0										
0.075	1.905	01:30		49.0	2.5		90.0	5.0		126.5	6.5										
0.100	2.540	02:00	70.31	74.0	3.8	5.36	135.5	6.9	9.82	175.5	8.9	12.71									
0.150	3.810	03:00		91.9	4.6		149.7	7.5		228.2	11.6	12.47									
0.200	5.080	04:00	105.00	99.0	5.0	4.80	151.0	7.7	7.32	257.0	13.1										
0.250	6.350	05:00		110.0	5.6		164.5	8.4		291.1	14.8										
0.300	7.620	06:00		117.0	6.0		160.8	9.2		316.0	16.1										
0.350	8.890	07:00		126.0	6.5		194.0	9.9		338.0	17.2										
0.400	10.160	08:00		145.0	7.4		202.5	10.3		352.4	17.9										

CICMIC B&P SRL
 Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
 Rina Luzman Yampara TICS
 ESP EN GEOTECNIA Y AMBIENTOS
 CIP 116054

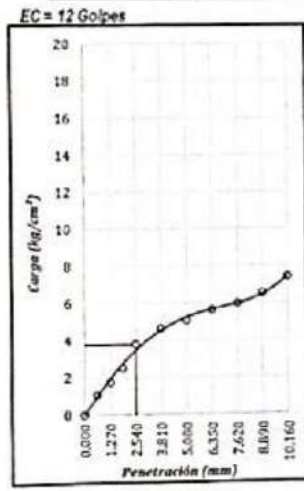
TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
 TESISISTA : Margot Amanda Calzaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
 UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
 MUESTRA : C2 ESTADO : 14% de VIDRIO
 FECHA : 8/04/2024
 COORDENADA : 3768'15.350 m E 8285'518.270 m N 3830.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE: 27-2024 CICMIC

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

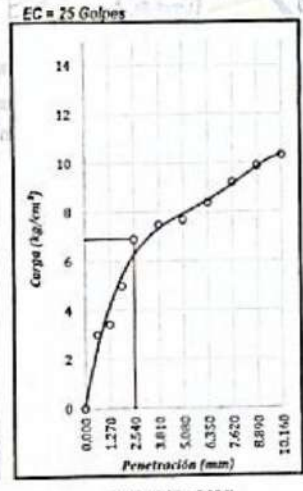


MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.738
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 14.03
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.738

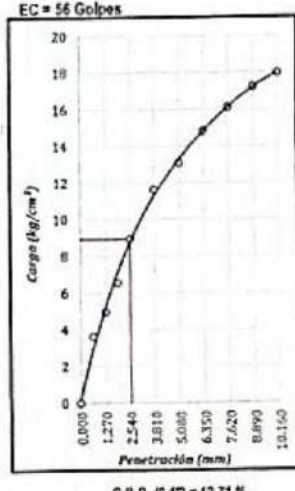
RESULTADOS:	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (N) E.1"	: 12.71%
C.B.R. al 95% de M.D.S. (N) E.1"	: 9.59%



C.B.R. (0.17) = 5.36 %
 C.B.R. (0.27) = 4.8 %



C.B.R. (0.17) = 9.82 %
 C.B.R. (0.27) = 7.32 %



C.B.R. (0.17) = 12.71 %
 C.B.R. (0.27) = 12.47 %

CICMIC B&P SRL
 Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
 Puno, Perú
 RUC: 20610607749
 CIP 17644

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1883 • NTP 339.145 • MTC E 132)

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamari Huanca
UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C2 ESTADO : 18% de VIDRIO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 3758'15.260 m E 80855'16.370 m N 3830.000 m s.n.m COD. EXPEDIENTE : 27-2024 CICMIC

	M-1	M-2	M-3
NUMERO DE MOLDE			
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Peso Suelo Humedo + Molde	12.039	11.931	12.157
Peso del Molde	8.023	8.023	8.042
Peso del Suelo Humedo	4.016	3.908	4.115
Volumen del Suelo	2.145	2.144	2.144
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO	1.872	1.804	2.013

	N°	1-22	1-23	1-41	1-42	1-24	1-25	1-33	1-34	1-26	1-27	1-45	1-46
Numero de Tara	gr.	20.11	30.28	35.75	35.42	23.31	31.22	23.23	26.31	26.17	28.99	24.02	24.10
Suelo Humedo + Tara	gr.	100.12	94.21	100.11	100.34	80.21	94.57	94.53	100.21	99.18	100.34	83.21	81.12
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	66.83	62.71	62.93	63.22	63.54	64.23	67.20	67.20	67.51	66.43	65.51	74.91
Peso del Agua	gr.	13.29	11.50	7.13	7.12	11.43	10.44	7.25	7.85	11.67	11.85	6.40	6.21
Peso del Suelo Seco	gr.	60.72	57.43	57.21	57.80	57.27	53.01	59.06	64.05	61.14	61.50	52.79	50.81
% de Humedad	%	21.89	21.55	12.46	12.32	19.96	19.99	12.26	12.26	19.09	19.27	12.12	12.22
Promedio de Humedad	%	21.72		12.39		19.83		12.27		19.18		12.17	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³	1.538		1.685		1.650		1.725		1.791		1.824	

Fecha	Hora	Tiempo	Dial (pulg)	Expansion			Dial (pulg)	Expansion			Dial (pulg)	Expansion		
				mm	%			mm	%			mm	%	
30/10/2023	9:35 a.m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
31/10/2023	9:35 a.m.	24:00:00	0.201	7.137	5.62	0.211	5.359	4.22	0.150	3.810	3.00			
1/11/2023	9:35 a.m.	48:00:00	0.350	8.890	7.00	0.240	6.096	4.80	0.175	4.521	3.56			
2/11/2023	9:35 a.m.	72:00:00	0.422	10.719	8.44	0.253	7.188	5.66	0.210	5.334	4.20			
3/11/2023	9:35 a.m.	96:00:00	0.461	11.709	9.22	0.320	8.357	6.58	0.275	6.985	5.50			

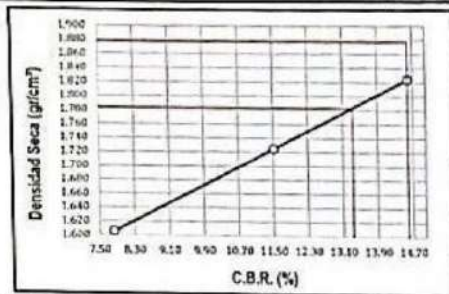
PENETRACION												
PENETRACION		TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M-1			MOLDE M-2			MOLDE M-3		
pulg.	mm			CARGA Kg	ESFUER Kg/cm2	CBR %	CARGA Kg	ESFUER Kg/cm2	CBR %	CARGA Kg	ESFUER Kg/cm2	CBR %
0.000	0.000	00:00	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		
0.025	0.635	00:30	58.0	3.0		71.1	3.6		101.0	5.1		
0.050	1.270	01:00	71.0	3.6		90.0	4.9		132.0	6.7		
0.075	1.905	01:30	87.0	4.4		140.0	7.5		167.0	8.5		
0.100	2.540	02:00	70.31	108.0	5.5	7.82	150.0	8.1	11.52	201.5	10.3	14.60
0.150	3.810	03:00		117.0	6.0		193.0	10.1		265.0	13.5	
0.200	5.080	04:00	105.00	124.0	6.3	6.01	201.0	10.2	9.75	274.0	14.0	13.29
0.250	6.350	05:00		132.0	6.7		217.0	11.1		291.0	14.8	
0.300	7.620	06:00		153.0	7.8		234.0	11.9		347.0	17.7	
0.350	8.890	07:00		163.0	8.3		257.0	13.1		366.0	19.7	
0.400	10.160	08:00		175.0	8.9		279.0	14.2		416.0	21.3	

CICMIC B&P SRL
 Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona
 ESP. EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
 CIP 11404

☎ 988 473 782 910 835 855
 ✉ cicmicb&p@gmail.com
 📍 Juliaca, Puno - Perú

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACIÓN : AV. JULIACA - DISTRITO JULIACA - PROVINCIA SAN ROMAN - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C2 ESTADO : 18% de VIDRIO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 376815.360 m E 8288516.370 m N 3830.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

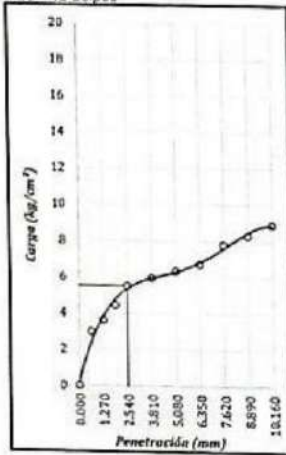
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)



MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.877
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 12.44
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.783

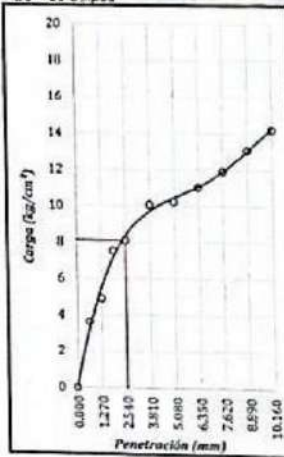
RESULTADOS:	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	: 14.62%
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	: 13.34%

EC = 12 Golpes



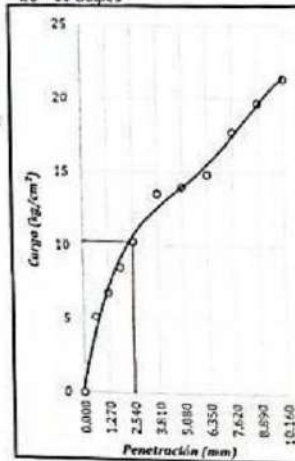
C.B.R. (0.1") = 7.82 %
C.B.R. (0.2") = 6.01 %

EC = 25 Golpes



C.B.R. (0.1") = 11.52 %
C.B.R. (0.2") = 9.75 %

EC = 56 Golpes



C.B.R. (0.1") = 14.6 %
C.B.R. (0.2") = 13.29 %

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
Ing. Rina Luzmeri Yampara Triona
ESP EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
CIP 119054

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1883 - NTP 339.145 - MTC E 132)

TESES : VALORACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCION EN LA EXPANSION DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACION : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C3
ESTADO : NATURAL
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 354053.270 m E 8336653.870 m N 3805.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

NUMERO DE MOLDE No DE CAPAS	M - 1		M - 2		M - 3	
	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA						
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12211	12004	12409	12208	12401
Peso del Molde	gr.	6062	8182	8347	8049	8047
Peso del Suelo Humedo	gr.	4159	3822	4062	4159	4354
Volumen del Suelo	cm ³	2145	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO	gr/cm ³	1.939	1.783	1.895	1.940	1.973

Numero de Tara	N°	T-22	T-23	T-01	T-02	T-24	T-25	T-03	T-04	T-26	T-27	T-05	T-06
		Peso de la Tara	gr.	27.74	29.04	35.90	35.57	23.79	31.59	23.33	28.45	26.51	27.12
Suelo Humedo + Tara	gr.	66.43	63.95	76.23	79.21	58.72	67.84	108.65	107.31	102.94	102.02	96.32	99.37
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	73.47	70.01	82.96	71.31	80.02	84.09	94.03	93.06	103.48	108.91	85.51	85.79
Peso del Agua	gr.	13.02	11.94	7.35	7.90	15.50	13.75	14.02	14.25	33.46	33.11	13.81	13.58
Peso del Suelo Seco	gr.	46.33	42.17	32.92	35.43	59.23	52.50	65.70	64.61	133.17	131.75	61.49	61.30
% de Humedad	%	28.10	28.31	22.33	22.32	26.17	26.19	22.25	22.06	25.13	25.12	22.46	22.15
Promedio de Humedad	%	28.21		22.32		26.18		22.15		25.12		22.31	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³	1.512		1.457		1.501		1.588		1.577		1.660	

Fecha	Hora	Tiempo	EXPANSION											
			Dial (pulg)		Expansion		Dial (pulg)		Expansion		Dial (pulg)		Expansion	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
11/09/2023	9:35 a.m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
12/09/2023	9:35 a.m.	24:00:00	0.270	8.858	5.40	0.219	5.563	4.38	0.150	4.826	3.80	0.210	6.096	4.80
13/09/2023	9:35 a.m.	48:00:00	0.360	9.144	7.20	0.290	7.368	5.80	0.240	6.096	4.80	0.320	8.128	6.40
14/09/2023	9:35 a.m.	72:00:00	0.420	10.668	8.40	0.337	8.560	6.74	0.320	8.128	6.40	0.430	10.947	8.62
15/09/2023	9:35 a.m.	96:00:00	0.560	14.224	11.20	0.470	11.938	9.40	0.430	10.947	8.62			

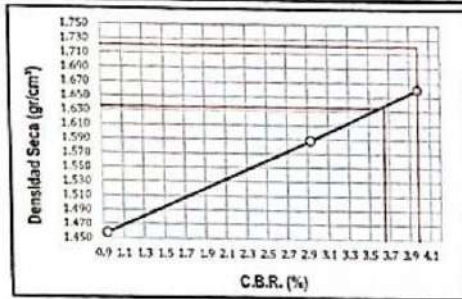
PENETRACION												
PENETRACION		TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M - 1			MOLDE M - 2			MOLDE M - 3		
pulg.	mm			CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %
0.000	0.000	00:00	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		
0.025	0.635	00:30	5.0	0.3		8.0	0.4		12.4	0.6		
0.050	1.270	01:00	5.0	0.5		16.5	0.8		20.4	1.0		
0.075	1.905	01:30	11.0	0.8		22.1	1.1		29.4	1.5		
0.100	2.540	02:00	70.31	13.0	0.7	0.94	40.5	2.1	2.93	55.0	2.8	3.58
0.150	3.810	03:00	105.00	16.0	0.8	0.88	42.0	2.1	2.14	63.0	3.2	3.20
0.200	5.080	04:00		19.4	1.0		44.2	2.3	2.14	66.0	3.4	3.20
0.250	6.350	05:00		20.0	1.0		45.0	2.3		71.0	3.6	
0.300	7.620	06:00		21.5	1.1		51.0	2.6		74.0	3.8	
0.350	8.890	07:00		21.5	1.1		52.0	2.6		82.0	4.2	
0.400	10.160	08:00		26.0	1.3		58.0	3.0		88.0	4.5	

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
Rina Luzmen Yampuri
Ing Rina Luzmen Yampuri Ticona
ESP EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
CIP 110884

☎ 986 473 762 910 835 855
✉ clemicbap@gmail.com
📍 Juliaca, Puno - Perú

TESIS	: VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS				
TESISTA	: Margot Amanda Calzaya Anahua Judith Rocío Ayamamani Huanca				
UBICACIÓN	: TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO				
MUESTRA	: C3		ESTADO : NATURAL		
FECHA	: 8/04/2024				
COORDENADA	: 354°53.270 m E	: 8336553.870 m N	: 3865.000 m s.n.m	COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024	CICMIC

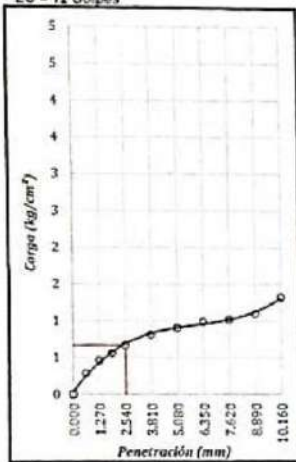
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.721
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 22.03
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.635

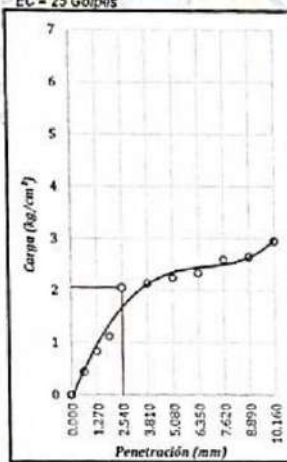
RESULTADOS:	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	: 3.98%
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	: 3.65%

EC = 12 Golpes



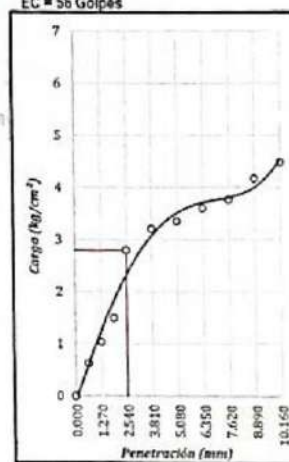
C.B.R. (0.1") = 0.94 %
C.B.R. (0.2") = 0.86 %

EC = 25 Golpes



C.B.R. (0.1") = 2.93 %
C.B.R. (0.2") = 2.14 %

EC = 56 Golpes



C.B.R. (0.1") = 3.95 %
C.B.R. (0.2") = 3.2 %

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
Ing. Runa Luzmer Yampara Ticona
ESP. EN GEOTECNIA Y DIVULGACIÓN
CIP 116664

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1983 - NTP 339 145 - MTC E 132)

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
 TESISTA : Margot Amanda Calzaya Anahua
 Judith Rocio Ayamamani Huanca
 UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
 MUESTRA : C3 ESTADO : 10% de ALUMINIO
 FECHA : 8/04/2024
 COORDENADA : 354053 270 m.E 8336553 870 m.N 3925 000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

CONDICIONES DE LA MUESTRA	M - 1		M - 2		M - 3	
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	12002	11264	12378	12325	12075	12535
Peso del Molde	8005	8005	8285	8285	8176	8176
Peso del Suelo Humedo	3997	3959	4092	4102	4502	4519
Volumen del Suelo	2145	2144	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO	1.863	1.847	1.909	1.913	2.100	2.109

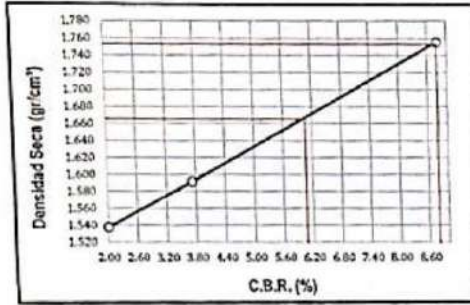
Número de Tara	N°	T-22	T-23	T-01	T-02	T-24	T-25	T-03	T-04	T-26	T-27	T-05	T-06
		Peso de la Tara	gf.	25.10	26.11	27.16	25.11	23.23	21.36	22.03	22.12	22.22	22.19
Suelo Humedo + Tara	gf.	92.74	91.09	88.55	71.24	92.81	91.22	90.94	90.24	90.90	91.47	90.08	90.14
Peso del Suelo Seco + Tara	gf.	79.61	78.44	59.97	63.51	79.74	78.11	79.08	79.82	78.48	78.21	79.53	79.72
Peso del Agua	gf.	13.13	12.65	6.58	7.73	13.07	13.11	11.86	11.42	12.48	12.56	13.45	10.42
Peso del Suelo Seco	gf.	54.51	52.33	32.79	38.40	56.51	56.75	57.05	56.70	56.26	56.72	51.85	52.06
% de Humedad	%	24.06	24.17	20.07	20.13	23.13	23.10	20.26	20.14	22.18	22.14	20.15	20.02
Promedio de Humedad	%	24.13		20.10		23.11		20.20		22.16		20.08	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³	1.501		1.538		1.550		1.592		1.719		1.755	

Fecha	Hora	Tiempo	Dial (pulg)	EXPANSION								
				Expansion		Expansion		Expansion				
				mm	%	mm	%	mm	%			
24/09/2023	9:35 a.m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00
25/09/2023	9:35 a.m.	24:00:00	0.211	5.359	4.22	0.184	4.674	3.68	0.165	4.191	3.30	3.30
26/09/2023	9:35 a.m.	48:00:00	0.289	7.112	5.60	0.230	5.842	4.60	0.210	5.334	4.20	4.20
27/09/2023	9:35 a.m.	72:00:00	0.320	8.128	6.49	0.299	7.595	5.98	0.270	6.858	5.40	5.40
28/09/2023	9:35 a.m.	96:00:00	0.416	10.568	8.32	0.382	9.703	7.64	0.340	8.636	6.80	6.80

PENETRACION												
PENETRACION		TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M - 1			MOLDE M - 2			MOLDE M - 3		
pulg.	mm			CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %
0.000	0.00	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.025	0.635	00:30	17.4	0.9	1.3	26.0	1.3	1.9	62.0	3.2	3.2	
0.050	1.270	01:00	21.2	1.1	1.6	39.0	2.0	2.9	87.0	4.4	4.4	
0.075	1.905	01:30	24.5	1.2	1.7	43.0	2.2	3.2	98.0	5.0	5.0	
0.100	2.540	02:00	70.31	2.8	4.0	51.5	2.6	3.73	121.5	6.2	8.60	
0.150	3.810	03:00		34.5	4.8	65.0	3.3	4.7	128.0	6.5	8.6	
0.200	5.080	04:00	105.00	36.9	5.1	73.0	3.7	5.14	142.0	7.2	9.89	
0.250	6.350	05:00		48.0	6.4	85.0	4.3	5.9	163.0	8.6	11.4	
0.300	7.620	06:00		55.0	7.8	89.0	4.5	6.3	172.0	8.8	11.7	
0.350	8.890	07:00		67.0	9.1	97.0	4.6	6.5	195.0	10.1	13.1	
0.400	10.160	08:00		78.0	10.8	101.0	5.1	7.1	211.0	11.7	15.0	

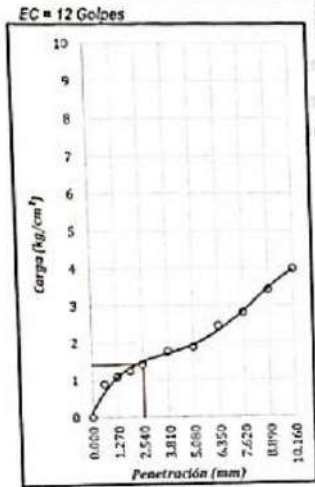
TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
 TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
 UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
 MUESTRA : C3 ESTADO : 10% de ALUMINIO
 FECHA : 8/04/2024
 COORDENADA : 3540'53.270 m E 8336'553.870 m N 3865.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

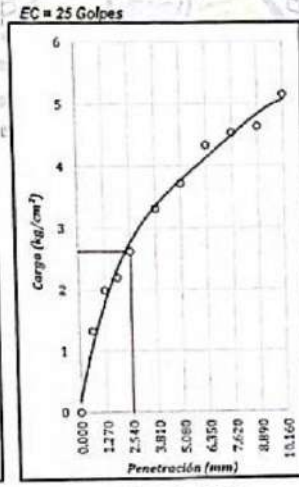


MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.753
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 20.97
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.665

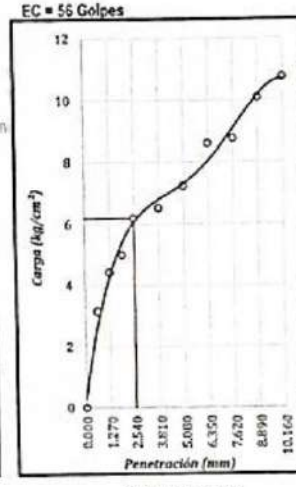
RESULTADOS:	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	: 8.93%
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	: 8.06%



C.B.R. (0.1") = 2.01 %
C.B.R. (0.2") = 1.79 %



C.B.R. (0.1") = 3.73 %
C.B.R. (0.2") = 3.54 %



C.B.R. (0.1") = 8.8 %
C.B.R. (0.2") = 6.99 %

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
 Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona
 ESP EN GEOTECNIA Y MATERIALES
 CIP 11604

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1883 - NTP 339.145 - MTC E 132)

TESIS : VALORACION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCION EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Callzaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamari Huanca
UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C3 **ESTADO** : 14% de ALUMINIO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 354953.270 m E 833953.870 m N 3965.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

	M - 1		M - 2		M - 3	
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
NUMERO DE MOLDE	5		5		5	
No DE CAPAS	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA						
Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	12284	12225	12411	12355	12448
Peso del Molde	gr.	8315	8315	8047	8047	8023
Peso del Suelo Húmedo	gr.	3969	3910	4364	4308	4425
Volumen del Suelo	cm ³	2145	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO	g/cm ³	1.850	1.838	2.035	2.028	2.087

	N°	T-22	T-23	T-01	T-02	T-24	T-25	T-03	T-04	T-26	T-27	T-05	T-06
Numero de Tara	N°	T-22	T-23	T-01	T-02	T-24	T-25	T-03	T-04	T-26	T-27	T-05	T-06
Peso de la Tara	gr.	27.18	30.55	35.78	35.97	23.15	31.22	29.13	18.99	26.10	26.51	25.35	24.11
Suelo Húmedo + Tara	gr.	7327	98.12	78.50	80.30	54.62	96.29	55.13	100.56	102.05	102.12	81.14	78.25
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	62.18	95.85	71.77	74.01	41.36	54.88	55.01	68.12	87.81	89.45	72.53	65.88
Peso del Agua	gr.	8.11	12.77	6.89	6.89	12.86	11.41	10.12	12.44	12.44	12.64	8.61	8.37
Peso del Suelo Seco	gr.	35.00	55.30	36.19	38.24	58.81	53.66	55.88	69.13	61.51	62.57	47.16	45.77
% de Humedad	%	23.17	23.09	18.21	18.11	21.53	21.28	18.11	18.00	20.22	20.20	18.25	18.29
Promedio de Humedad	%	23.13		18.16		21.40		18.05		20.21		18.27	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	g/cm ³	1.503		1.555		1.677		1.718		1.736		1.763	

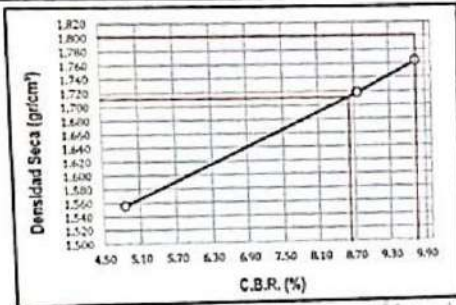
Fecha	Hora	Tiempo	Dial (pulg)	Expansion		Dial (pulg)	Expansion		Dial (pulg)	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
				17/05/2024	9:35 a. m.		0	0.000		0.000	0.00
18/05/2024	9:35 a. m.	24:00:00	0.201	5.105	4.02	0.173	4.394	3.48	0.159	4.044	3.18
19/05/2024	9:35 a. m.	48:00:00	0.265	6.731	5.30	0.220	5.588	4.40	0.190	4.826	3.80
20/05/2024	9:35 a. m.	72:00:00	0.310	7.874	6.20	0.295	7.341	5.78	0.264	6.706	5.28
21/05/2024	9:35 a. m.	96:00:00	0.333	8.982	7.86	0.319	8.865	6.98	0.300	7.620	6.00

PENETRACION												
PENETRACION		TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M - 1			MOLDE M - 2			MOLDE M - 3		
pulg.	mm			CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %
0.000	0.000	00:00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.025	0.635	00:30		43.6	2.2	54.0	2.8		91.0	4.6		
0.050	1.270	01:00		51.4	2.6	73.0	3.7		119.0	6.1		
0.075	1.905	01:30		58.7	3.0	81.0	4.1		149.0	7.6		
0.100	2.540	02:00	70.31	67.0	3.4	4.85	121.0	6.2	8.76	134.5	6.9	
0.150	3.810	03:00		71.0	3.6		126.0	6.4		151.0	9.7	
0.200	5.080	04:00	105.05	79.0	4.0	3.83	131.0	6.7	6.35	203.0	10.3	
0.250	6.350	05:00		85.0	4.4		137.0	7.0		218.0	11.1	
0.300	7.620	06:00		91.0	4.6		149.0	7.6		236.0	12.0	
0.350	8.890	07:00		101.0	5.1		157.0	8.0		258.0	13.1	
0.400	10.160	08:00		112.0	5.7		161.0	9.2		259.0	15.2	

CICMIC B&P SRL
 Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
 Ing. Runa Luzmeri Yampara Ticona
 ESP EN GEOTECNIA Y FUNDACIONES
 CIP 110084

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSION DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calzaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C3 ESTADO : 14% de ALUMINIO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 354'053.270 m E 8336'553.670 m N 3825.000 m s.n.m. COO. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

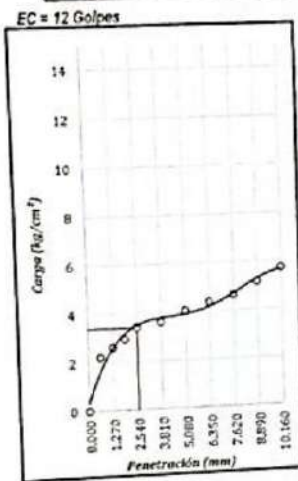
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)



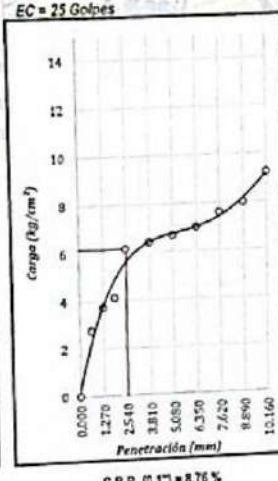
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.801
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 18.03
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.711

RESULTADOS:

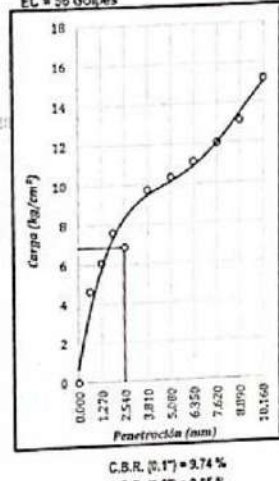
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	: 9.74%
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	: 8.82%



C.B.R. (0.1") = 4.85 %
C.B.R. (0.2") = 3.83 %



C.B.R. (0.1") = 8.76 %
C.B.R. (0.2") = 6.35 %



C.B.R. (0.1") = 9.74 %
C.B.R. (0.2") = 8.85 %

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
Ing. Ring Luzmeri Yampara Ticona
ESP. EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
CIP 114054

ENSAYO DE C.B.R.
(ASTM D 1883 - NTP 339 145 - MTC E 132)

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huancá
UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C3 ESTADO : 18% de ALUMINIO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 254050 270 m E 830653 970 m N 3465 000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE - 27 - 2024 - CICMIC

NÚMERO DE MOLDE	M - 1		M - 2		M - 3	
	5		5		5	
NÚMERO DE CAPAS						
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA						
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso del Molde	gr. 1,272	1,239	1,253	1,258	1,251	1,252
Peso del Suelo Humedo	gr. 8331	8331	8038	8038	8031	8031
Peso del Suelo Seco	gr. 4041	4068	4315	4320	4450	4458
Volumen del Suelo	cm ³ 2145	2144	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO	gr/cm ³ 1,884	1,897	2,013	2,015	2,090	2,058

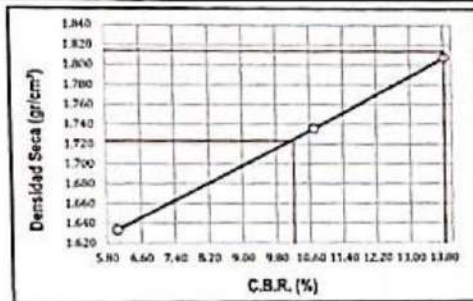
	Nº	T-22	T-23	T-21	T-22	T-24	T-25	T-23	T-24	T-26	T-27	T-25	T-26
Peso de la Tara	gr.	27,15	30,19	26,12	30,13	22,21	29,12	29,11	18,95	26,11	23,95	22,19	20,12
Suelo Humedo + Tara	gr.	72,34	97,32	74,23	80,44	94,12	96,03	94,23	99,34	99,05	96,18	85,18	79,88
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	64,15	85,28	72,37	74,25	81,68	84,72	85,13	88,17	87,83	87,52	78,47	72,41
Peso del Agua	gr.	8,18	12,04	2,86	6,19	12,44	11,31	9,04	11,17	11,22	10,66	8,71	7,47
Peso del Suelo Seco	gr.	37,01	54,69	36,25	38,12	59,67	55,60	56,08	60,22	61,72	58,57	54,28	48,29
% de humedad	%	22,10	22,01	16,17	16,24	29,51	20,34	16,12	16,14	18,18	18,17	18,05	16,14
Promedio de Humedad	%	22,06		16,20		20,43		16,13		18,17		16,09	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³	1,543		1,633		1,671		1,735		1,768		1,807	

Fecha	Hora	Tiempo	Dial (pulg)	EXPANSIÓN									
				Expansion		Expansion		Expansion					
				mm	%	mm	%	mm	%				
10/10/2023	9:35 a.m.	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
11/10/2023	9:35 a.m.	24:00:00	0,160	4,064	3,20	0,131	3,327	2,62	0,112	2,845	2,24	0,112	2,845
12/10/2023	9:35 a.m.	48:00:00	0,215	5,461	4,30	0,170	4,318	3,40	0,143	3,759	2,96	0,143	3,759
13/10/2023	9:35 a.m.	72:00:00	0,272	6,909	5,44	0,254	6,198	4,88	0,204	5,182	4,08	0,204	5,182
14/10/2023	9:35 a.m.	96:00:00	0,320	8,128	6,40	0,295	7,284	5,72	0,247	6,274	4,94	0,247	6,274

PENETRACIÓN		TIEMPO min.	Carga Est.	PENETRACION							
pulg.	mm			MOLDE M - 1		MOLDE M - 2		MOLDE M - 3			
			CARGA Kg	ESFUERZO Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUERZO Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUERZO Kg/cm ²	CBR %
0,000	0,000	00:00		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	0,635	00:30		56,7	2,9	72,0	4,0		117,0	6,0	
0,050	1,270	01:00		71,2	3,6	85,0	4,3		134,0	6,8	
0,075	1,905	01:30		74,2	3,8	106,0	5,4		150,8	8,0	
0,100	2,540	02:00	70,31	83,4	4,2	108,0	5,5	10,72	147,0	9,7	13,84
0,150	3,810	03:00		97,8	5,0	148,0	7,5		233,1	11,9	
0,200	5,080	04:00	105,00	110,0	5,6	159,0	8,1	7,71	235,0	12,2	11,59
0,250	6,350	05:00		124,0	6,3	176,0	9,0		277,4	14,1	
0,300	7,620	06:00		130,0	7,1	208,0	10,6		291,0	14,3	
0,350	8,890	07:00		158,0	7,9	245,0	12,5		334,0	17,0	
0,400	10,160	08:00		173,0	8,8	268,0	13,5		357,0	18,2	

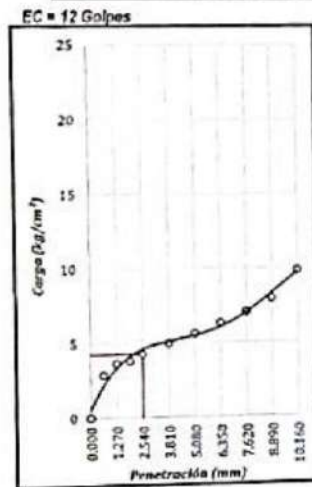
TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calzaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C3 ESTADO : 18% de ALUMINIO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 354°43'27.0 m E 83°36'53.970 m N 3865.000 m s.n.m COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

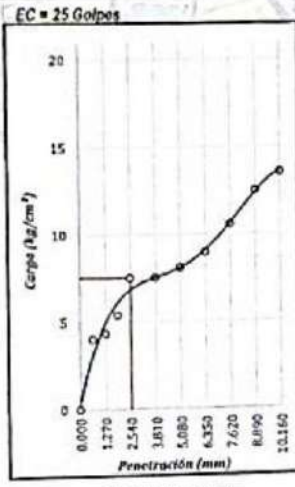


MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.814
CAPITAL CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 16.97
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.723

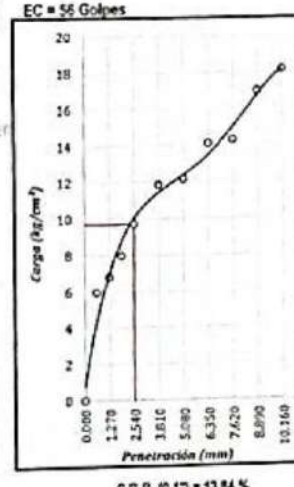
RESULTADOS:	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (% 0.1")	: 13.84%
C.B.R. al 95% de M.D.S. (% 0.1")	: 10.21%



C.B.R. (0.1") = 6.54 %
C.B.R. (0.2") = 5.34 %



C.B.R. (0.1") = 10.72 %
C.B.R. (0.2") = 7.71 %



C.B.R. (0.1") = 13.84 %
C.B.R. (0.2") = 11.59 %

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
Ing. Rina Luzmila Yamara Ticona
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
CIP 119064

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1883 - NTP 339.145 - MTC E 132)

TESIS : VALORACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCION EN LA EXPANSION DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACION : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C4
ESTADO : NATURAL
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 354753.270 m E 8336553.870 m N 3365.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

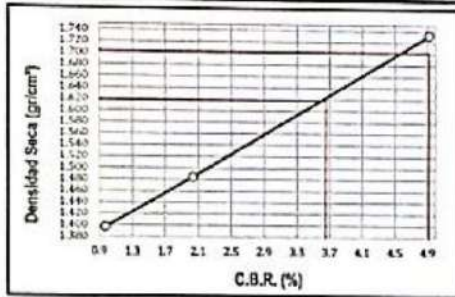
CONDICIONES DE LA MUESTRA	M - 1		M - 2		M - 3								
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR							
No DE CAPAS	5		5		5								
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56								
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11777	11895	11895	11895	12033							
Peso del Molde	gr.	8023	8023	8022	8022	8400							
Peso del Suelo Humedo	gr.	3654	3872	3873	3904	4558							
Volúmen del Suelo	cm ³	2145	2144	2144	2144	2144							
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO	gr/cm ³	1.722	1.713	1.806	1.821	2.126							
Numero de Tara	N°	T-22	T-23	T-01	T-02	T-24	T-25	T-03	T-04	T-26	T-27	T-05	T-06
Peso de la Tara	gr.	15.68	15.66	21.08	22.27	19.20	19.30	22.67	18.80	19.56	19.61	21.54	20.42
Suelo Humedo + Tara	gr.	51.95	49.87	104.45	114.93	36.97	35.35	68.36	90.35	45.11	37.58	112.78	107.31
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	43.52	34.70	86.57	97.89	33.29	30.39	76.30	77.49	39.58	32.44	96.29	91.49
Peso del Agua	gr.	8.43	6.17	15.48	17.04	5.68	4.96	12.06	13.47	5.53	5.14	16.49	15.82
Peso del Suelo Seco	gr.	32.84	24.54	61.89	75.52	23.09	20.09	53.63	58.68	28.02	21.81	74.55	71.07
% de Humedad	%	25.67	25.67	22.89	22.56	24.60	24.89	22.49	22.96	23.30	23.57	22.09	22.26
Promedio de Humedad	%	25.67		22.68		24.64		22.72		23.44		22.17	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³	1.370		1.396		1.449		1.454		1.722		1.732	

Fecha	Hora	Tiempo	EXPANSION											
			Dial (pulg)		Expansion		Dial (pulg)		Expansion		Dial (pulg)		Expansion	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
14/09/2023	9:35 a. m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
15/09/2023	9:35 a. m.	24:00:00	0.475	12.065	9.50	0.463	11.913	9.38	0.457	11.808	9.14	0.475	12.065	9.50
16/09/2023	9:35 a. m.	48:00:00	0.491	12.471	9.82	0.466	12.344	9.72	0.475	12.065	9.50	0.491	12.471	9.82
17/09/2023	9:35 a. m.	72:00:00	0.513	13.030	10.26	0.492	12.497	9.84	0.483	12.268	9.66	0.513	13.030	10.26
18/09/2023	9:35 a. m.	96:00:00	0.537	13.640	10.74	0.524	13.310	10.48	0.518	13.167	10.36	0.537	13.640	10.74

PENETRACION		TIEMPO min.	Carga Est.	PENETRACION											
pulg.	mm			MOLDE M - 1				MOLDE M - 2				MOLDE M - 3			
				CARGA Kg	ESFUERZO Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUERZO Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUERZO Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUERZO Kg/cm ²	CBR %
0.000	0.000	00:00		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
0.025	0.635	00:30		8.4	0.4		14.4	0.7		26.9	1.4		26.9	1.4	
0.050	1.270	01:00		16.8	0.6		29.8	1.2		38.5	2.0		38.5	2.0	
0.075	1.905	01:30		25.2	0.7		24.9	1.3		59.1	3.0		59.1	3.0	
0.100	2.540	02:00	70.31	33.5	0.7	0.98	26.1	1.4	2.04	67.9	3.5	4.02	67.9	3.5	4.02
0.150	3.810	03:00		50.4	1.0		32.9	1.7		76.7	3.9		76.7	3.9	
0.200	5.080	04:00		67.2	1.3	1.19	41.7	2.1	2.02	82.7	4.2	4.01	82.7	4.2	4.01
0.250	6.350	05:00		84.0	1.6		53.1	2.7		99.2	5.1		99.2	5.1	
0.300	7.620	06:00		100.8	1.9		64.8	3.3		107.6	5.5		107.6	5.5	
0.350	8.890	07:00		117.6	2.1		72.4	3.7		119.1	6.1		119.1	6.1	
0.400	10.160	08:00		134.4	2.4		77.4	3.9		121.5	6.2		121.5	6.2	

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
 TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamán Huanca
 UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
 MUESTRA : C4 ESTADO : NATURAL
 FECHA : 8/04/2024
 COORDENADA : 354°53' 27.0 m E 83°W553' 87.0 m N 3865.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 • 2024 CICMIC

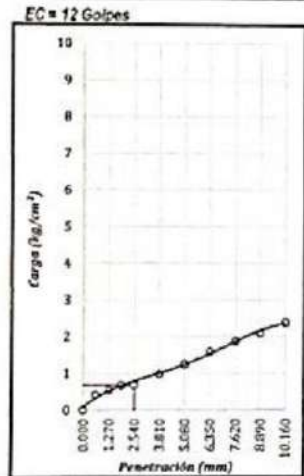
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)



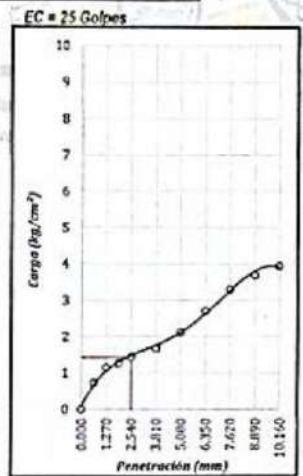
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.733
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 22.30
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.618

RESULTADOS:

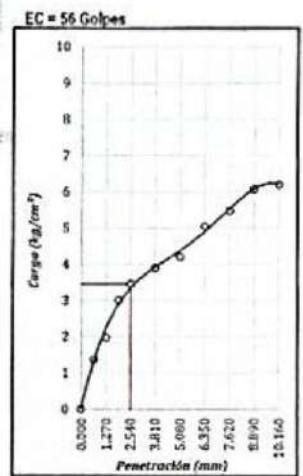
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	: 4.92%
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	: 3.65%



C.B.R. (0.1") = 6.98 %
C.B.R. (0.2") = 1.19 %



C.B.R. (0.1") = 2.04 %
C.B.R. (0.2") = 2.02 %

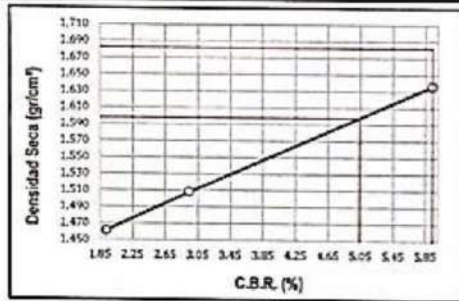


C.B.R. (0.1") = 4.92 %
C.B.R. (0.2") = 4.01 %

ENSAYO DE C.B.R.												
(ASTM D 1583 - NTP 319-145 - MTC E 132)												
TESIS : VALORACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCION EN LA EXPANSION DE SUELOS COHESIVOS												
TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua Judith Rocío Ayamamani Huanca												
UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO												
MUESTRA : C4 ESTADO : 10% de LADRILLO												
FECHA : 8/04/2024												
COORDENADA : 254°53'270 m E 8336°53'470 m N 36025.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC												
NUMERO DE MOLDE												
		M - 1		M - 2		M - 3						
No DE CAPAS		5		5		5						
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56						
CONDICIONES DE LA MUESTRA												
		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO						
		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO						
Peso Suelo Humedo + Molde		gr.		gr.		gr.						
		11559		11538		12071						
Peso del Molde		gr.		gr.		gr.						
		7702		7702		8113						
Peso del Suelo Humedo		gr.		gr.		gr.						
		3857		3836		3958						
Volúmen del Suelo		cm ³		cm ³		cm ³						
		2145		2144		2144						
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO		gr/cm ³		gr/cm ³		gr/cm ³						
		1.798		1.789		1.847						
CONDICIONES DE LA MUESTRA												
Numero de Tara		N		N		N						
		1-22		1-23		1-24						
Peso de la Tara		gr.		gr.		gr.						
		22.43		22.32		21.93						
Suelo Humedo + Tara		gr.		gr.		gr.						
		103.06		102.06		88.08						
Peso del Suelo Seco + Tara		gr.		gr.		gr.						
		87.04		86.01		73.49						
Peso del Agua		gr.		gr.		gr.						
		16.02		16.05		14.59						
Peso del Suelo Seco		gr.		gr.		gr.						
		64.61		63.69		63.44						
% de Humedad		%		%		%						
		24.79		25.20		23.01						
Promedio de Humedad		%		%		%						
		25.00		22.47		24.38						
DENSIDAD SECA DEL SUELO		gr/cm ³		gr/cm ³		gr/cm ³						
		1.419		1.451		1.484						
EXPANSION												
Fecha	Hora	Tiempo	Dial (pulg)	Expansion		Dial (pulg)	Expansion		Dial (pulg)	Expansion		
				mm	%		mm	%		mm	%	
15/09/2023	9:35 a.m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	
16/09/2023	9:35 a.m.	24:00:00	0.467	11.862	9.34	0.458	11.633	9.16	0.452	11.461	9.04	
17/09/2023	9:35 a.m.	48:00:00	0.435	12.319	9.70	0.479	12.167	9.58	0.466	11.887	9.36	
18/09/2023	9:35 a.m.	72:00:00	0.504	12.802	10.08	0.490	12.446	9.80	0.480	12.192	9.60	
19/09/2023	9:35 a.m.	96:00:00	0.578	13.411	10.56	0.515	13.081	10.30	0.506	12.852	10.12	
PENETRACION												
PENETRACION		TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M-1			MOLDE M-2			MOLDE M-3		
pulg	mm			CARGA Kg	ESFUER Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER Kg/cm ²	CBR %
0.000	0.000	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.025	0.635	00:30	14.7	0.7	1.0	24.0	1.4	1.7	44.7	2.3	2.9	
0.050	1.270	01:00	17.9	0.9	1.0	33.6	1.7	1.9	55.5	2.9	3.9	
0.075	1.905	01:30	19.7	1.0	1.0	38.6	1.9	2.1	77.0	3.9	5.93	
0.100	2.540	02:00	70.31	2.69	1.4	1.93	40.6	2.1	2.94	81.9	4.2	
0.150	3.810	03:00		31.2	1.6		52.5	2.7		108.1	5.5	
0.200	5.080	04:00	105.00	45.5	2.3	2.21	65.3	3.3	3.37	127.4	6.8	
0.250	6.350	05:00		53.5	2.7		76.6	4.0		136.6	7.0	
0.300	7.620	06:00		62.8	3.2		77.0	3.6		149.5	7.6	
0.350	8.890	07:00		69.4	3.5		94.7	4.8		154.4	7.9	
0.400	10.160	08:00		75.6	3.9		104.8	5.3		172.4	9.1	

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
 TESISTA : Margot Amanda Calzaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamani Huanca
 UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
 MUESTRA : C4 ESTADO : 10% de LADRILLO
 FECHA : 8/04/2024
 COORDENADA : 154253.270 m E 8336553.870 m N 3665.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

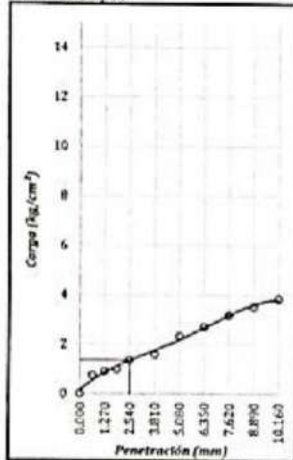


MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.882
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 22.20
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.598

RESULTADOS:

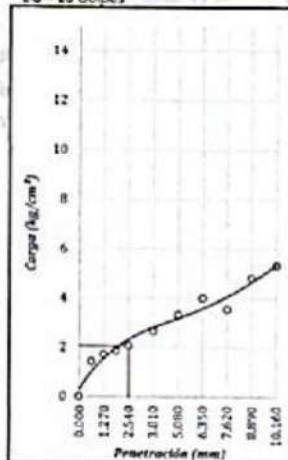
C.B.R. a 100% de M.D.S. (% 0.1")	: 5.30%
C.B.R. a 95% de M.D.S. (% 0.1")	: 5.94%

EC = 12 Golpes



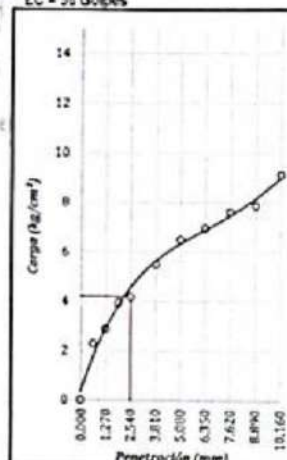
C.B.R. (0.1") = 1.93 %
C.B.R. (0.2") = 2.21 %

EC = 25 Golpes



C.B.R. (0.1") = 2.94 %
C.B.R. (0.2") = 3.17 %

EC = 56 Golpes



C.B.R. (0.1") = 5.93 %
C.B.R. (0.2") = 6.18 %

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1583 - NTP 319.145 - MTC E 132)

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calzaya Anahua
Judith Rocío Ayamamani Huanca
UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C4 ESTADO : 14% de LADRILLO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 354353.270 m E 8336553.870 m N 3565.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

NUMERO DE MOLDE	M - 1		M - 2		M - 3	
	No DE CAPAS		No DE CAPAS		No DE CAPAS	
	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12251	12254	12300	12333	12350
Peso del Molde	gr.	8454	8454	8345	8345	8044
Peso del Suelo Humedo	gr.	3777	3720	3955	3988	4314
Volumen del Suelo	cm ³	2145	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO	gr/cm ³	1.761	1.735	1.845	1.813	2.012

Numero de Tara	N°	T-22		T-23		T-24		T-25		T-26		T-27		T-28	
		T-22	T-23	T-24	T-25	T-26	T-27	T-28	T-29	T-30	T-31	T-32	T-33	T-34	
Peso de la Tara	gr.	22.37	15.63	22.41	22.51	22.04	21.22	22.90	21.71	22.30	21.89	22.00	19.62		
Suelo Humedo + Tara	gr.	98.06	80.80	101.98	98.17	95.29	98.16	103.04	107.66	113.04	109.63	92.17	81.65		
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	81.11	73.65	90.29	83.35	81.72	82.05	89.70	93.63	97.19	93.98	81.98	69.30		
Peso del Agua	gr.	13.85	12.97	10.96	14.79	14.49	13.30	14.14	14.06	15.85	15.67	10.19	11.85		
Peso del Suelo Seco	gr.	61.74	55.21	68.58	60.87	59.75	61.64	66.90	71.89	74.89	72.07	59.98	50.18		
% de Humedad	%	22.59	23.49	16.03	24.30	24.25	21.58	21.14	19.56	21.16	21.74	16.99	23.61		
Promedio de Humedad	%	23.04		20.16		22.91		20.35		21.45		20.30			
DENSIDAD SECA DEL SUELO	gr/cm ³	1.431		1.444		1.501		1.507		1.657		1.665			

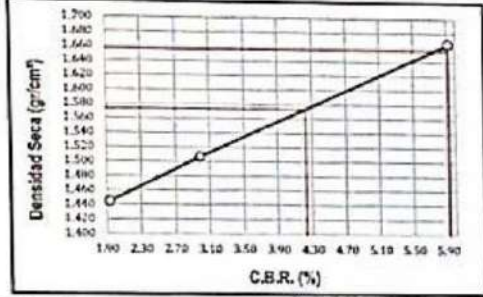
Fecha	Hora	Tiempo	EXPANSIÓN												
			Dial (pulg)			Expansion			Dial (pulg)			Expansion			
			mm	%		mm	%		mm	%		mm	%		
15/09/2023	9:35 a.m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00
16/09/2023	9:35 a.m.	24:00:00	0.461	11.709	9.22	0.453	11.506	9.06	0.450	11.430	9.00	0.450	11.430	9.00	
17/09/2023	9:35 a.m.	48:00:00	0.479	12.167	9.58	0.470	11.938	9.40	0.470	11.684	9.20	0.475	12.065	9.50	
18/09/2023	9:35 a.m.	72:00:00	0.487	12.370	9.74	0.486	12.344	9.72	0.475	12.065	9.50	0.481	12.471	9.82	
19/09/2023	9:35 a.m.	96:00:00	0.503	12.929	10.18	0.500	12.700	10.00	0.491	12.471	9.82				

PENETRACIÓN		TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M - 1			MOLDE M - 2			MOLDE M - 3		
pulg.	mm			CARGA Kg	ESFUERZ. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUERZ. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUERZ. Kg/cm ²	CBR %
0.000	0.00	00:00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.025	0.635	00:30		14.0	0.7	29.0	1.5		45.0	2.3		
0.050	1.270	01:00		19.4	1.0	34.1	1.7		58.0	3.0		
0.075	1.905	01:30		21.3	1.1	38.4	2.0		76.0	4.0		
0.100	2.540	02:00	70.31	26.7	1.4	1.93	41.3	2.1	2.99	81.8	4.2	
0.150	3.810	03:00		32.1	1.6		54.0	2.8		109.4	5.6	
0.200	5.080	04:00	105.00	47.0	2.4	2.28	66.0	3.4	3.20	128.0	6.5	
0.250	6.350	05:00		55.8	2.8		80.1	4.1		137.0	7.0	
0.300	7.620	06:00		62.0	3.2		71.4	3.6		151.4	7.7	
0.350	8.890	07:00		70.0	3.6		86.0	4.9		155.2	7.9	
0.400	10.160	08:00		77.2	3.9		108.0	5.4		175.8	9.2	

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
Rocío Sandoval
Ing Rocío Sandoval Yampara T. Cerda
ESP EN GEOTECNIA Y FUNDACIONES
CIP 116684

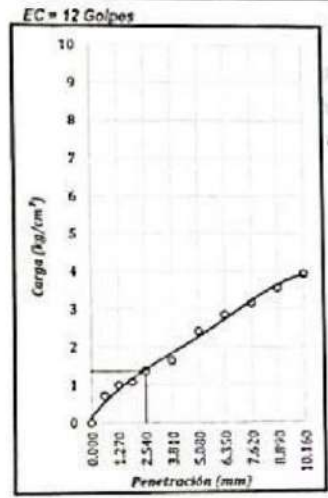
TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamari Huanca
UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C4 ESTADO : 14% de LADRILLO
FECHA : 8/04/2024
COORDENADA : 754.143 270 m E 839.553 870 m N 3875.000 m c.m.m. COD. EXPEDIENTE : 27 - 2024 CICMIC

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

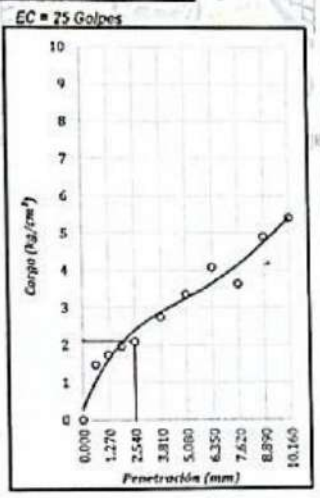


MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.656
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 20.38
6% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.573

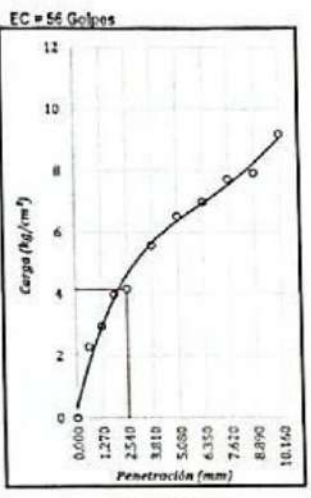
RESULTADOS:	
C.B.R. a 100% de M.D.S. (%) 0.1"	: 5.93%
C.B.R. a 95% de M.D.S. (%) 0.1"	: 4.27%



C.B.R. (0.1") = 1.33 %
C.B.R. (0.2") = 2.28 %



C.B.R. (0.1") = 2.99 %
C.B.R. (0.2") = 3.2 %



C.B.R. (0.1") = 5.93 %
C.B.R. (0.2") = 6.21 %

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias

 Ing. Rina Luzmila Yampara Ticona
 CSP EN GEOTECNIA Y MATERIALES
 CIP 119024

ENSAYO DE C.B.R.

(ASTM D 1587 - NTP 339.145 - MTC E 132)

TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
TESISTA : Margot Amanda Calzaya Anahua
Judith Rocío Ayamamari Huanca
UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
MUESTRA : C4
ESTADO : 18% de LADRILLO
FECHA : B04/2024
COORDENADA : 154153.270 m E 819653.870 m N 3975.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE / 27-2024 CICMIC

NÚMERO DE MOLDE	M-1		M-2		M-3	
	5		5		5	
NÚMERO DE CAPAS	5					
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12					
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11650	11631	11750	11725	12150
Peso del Molde	gr.	8121	8101	8036	8036	8016
Peso del Suelo Humedo	gr.	3529	3530	3714	3689	4134
Volumen del Suelo	cm ³	2145	2144	2144	2144	2144
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO	g/cm ³	1.659	1.646	1.737	1.721	1.942

Número de Tara	N°	T-22	T-23	T-21	T-22	T-24	T-25	T-23	T-24	T-26	T-27	T-25	T-26
Peso de la Tara	gr.	45.35	42.01	21.63	22.81	46.42	45.45	22.14	18.77	47.86	45.31	19.35	22.32
Suelo Humedo + Tara	gr.	170.12	167.45	100.53	96.47	181.64	178.67	62.85	67.12	193.32	190.73	75.12	71.38
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	149.00	144.20	89.41	84.89	156.27	156.00	62.10	59.80	169.63	167.30	64.90	64.90
Peso del Agua	gr.	22.10	22.47	12.12	11.54	23.37	22.67	7.75	7.32	23.89	23.43	9.32	8.48
Peso del Suelo Seco	gr.	102.67	102.97	66.76	64.08	111.85	113.51	41.96	40.83	121.77	120.99	52.35	46.58
% de Humedad	%	21.53	21.82	18.15	18.07	20.89	20.51	18.47	18.42	19.62	19.41	18.51	18.21
Promedio de Humedad	%	21.67		18.11		20.70		18.44		19.51		18.36	
DENSIDAD SECA DEL SUELO	g/cm ³	1.371		1.394		1.439		1.453		1.625		1.634	

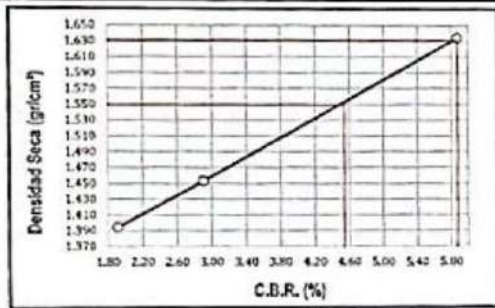
Fecha	Hora	Tiempo	Dist (pulg)	Expansion		Dist (pulg)	Expansion		Dist (pulg)	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/04/2023	9:35 a. m.	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00
21/04/2023	9:35 a. m.	24:00:00	0.400	11.684	9.20	0.449	11.405	6.98	0.434	11.024	8.68
22/04/2023	9:35 a. m.	48:00:00	0.469	11.887	9.38	0.460	11.604	9.20	0.450	11.430	9.00
23/04/2023	9:35 a. m.	72:00:00	0.479	12.167	9.58	0.470	11.938	9.40	0.453	11.760	9.26
24/04/2023	9:35 a. m.	96:00:00	0.495	12.573	9.90	0.472	12.497	9.54	0.472	11.938	9.40

PENETRACIÓN		TIEMPO min.	Carga Est.	MOLDE M-1			MOLDE M-2			MOLDE M-3		
pulg.	mm			CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %	CARGA Kg	ESFUER. Kg/cm ²	CBR %
0.000	0.00	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.025	0.635	00:30	13.0	0.7	30.5	1.6	48.0	2.3	57.0	2.9	79.1	
0.050	1.270	01:00	20.4	1.0	33.1	1.7	57.0	2.9	79.1	4.0	109.0	
0.075	1.905	01:30	22.7	1.2	39.0	2.0	81.1	4.1	125.0	5.5	136.7	
0.100	2.540	02:00	70.31	2.6	40.1	2.0	81.1	4.1	125.0	5.5	136.7	
0.150	3.810	03:00	105.00	2.4	40.1	2.0	81.1	4.1	125.0	5.5	136.7	
0.200	5.080	04:00	105.00	2.4	40.1	2.0	81.1	4.1	125.0	5.5	136.7	
0.250	6.350	05:00	105.00	2.4	40.1	2.0	81.1	4.1	125.0	5.5	136.7	
0.300	7.620	06:00	105.00	2.4	40.1	2.0	81.1	4.1	125.0	5.5	136.7	
0.350	8.890	07:00	105.00	2.4	40.1	2.0	81.1	4.1	125.0	5.5	136.7	
0.400	10.160	08:00	105.00	2.4	40.1	2.0	81.1	4.1	125.0	5.5	136.7	

CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
Margot Amanda Calzaya Anahua
L.P. EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
CIP 110064

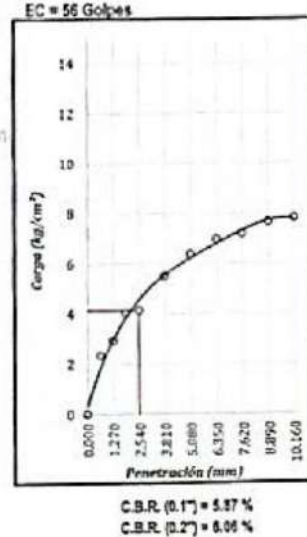
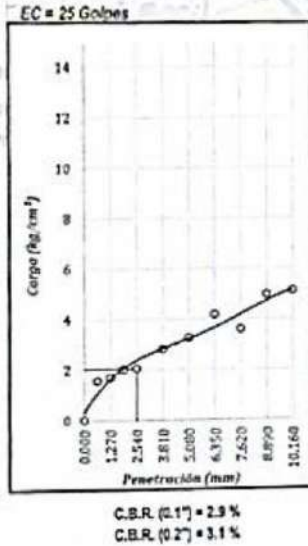
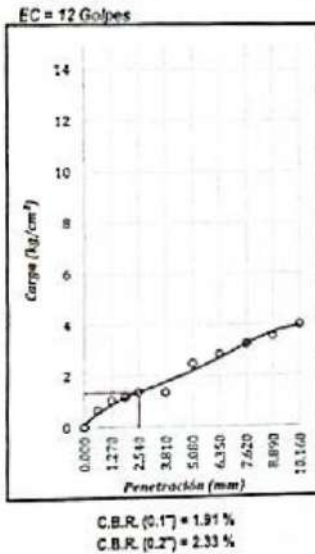
TESIS : VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EXPANSIÓN DE SUELOS COHESIVOS
 TESISTA : Margot Amanda Calizaya Anahua
 Judith Rocío Ayamamán Huanca
 UBICACIÓN : TRAMO PUCARA - JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA - PROVINCIA DE LAMPA - DEPARTAMENTO PUNO
 MUESTRA : C4 ESTADO : 18% de LADRILLO
 FECHA : 8/04/2024
 COORDENADA : 354053.270 m E 8392553.970 m N 3865.000 m s.n.m. COD. EXPEDIENTE : 27-2024 CICMIC

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)



MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.631
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 18.05
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.549

RESULTADOS:	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	: 5.87%
C.B.R. al 90% de M.D.S. (%) 0.1"	: 4.54%



CICMIC B&P SRL
Centro de Investigación Científica Multidisciplinaria en Ingeniería y Ciencias
 R. Luzmen Yampara, Tropa
 B&P EN GEOTECNIA Y MATERIALES
 CIP 116484