



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Influencia de la incorporación de baritina en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Diaz Cruz, Robin Adrian (orcid.org/0000-0002-3415-269X)

Suclupe Cosco, Omar Gabriel (orcid.org/0000-0002-7165-4947)

ASESOR:

Mg. Alfaro Castellanos, Eduardo Luis (orcid.org/0000-0003-0186-863X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ALFARO CASTELLANOS EDUARDO LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Influencia de la incorporación de baritina en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.", cuyos autores son DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 12 de Junio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ALFARO CASTELLANOS EDUARDO LUIS DNI: 43285972 ORCID: 0000-0003-0186-863X	Firmado electrónicamente por: EALFAROCA el 02- 07-2024 14:20:46

Código documento Trilce: TRI - 0758632



Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Influencia de la incorporación de baritina en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
OMAR GABRIEL SUCLUPE COSCO DNI: 77571863 ORCID: 0000-0002-7165-4947	Firmado electrónicamente por: OGSUCLUPES el 12-06-2024 14:11:57
ROBIN ADRIAN DIAZ CRUZ DNI: 71833864 ORCID: 0000-0002-3415-269X	Firmado electrónicamente por: RDIAZCR22 el 12-06-2024 14:15:16

Código documento Trilce: TRI - 0758633

Dedicatoria

Dedicamos la presente tesis a nuestros padres por su apoyo en cada momento difícil, por enseñarnos que siempre hay que ser perseverantes y valorar todo lo que uno tiene.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por darnos salud, y a nuestros padres, hermanos y parejas por el apoyo que nos dieron para seguir adelante y no rendirnos.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	ii
Declaratoria de Originalidad de los Autores	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	18
III. RESULTADOS	23
IV. DISCUSIÓN	44
V. CONCLUSIONES.....	49
VI. RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS	59

Índice de tablas

Tabla 1. Muestra para propiedades mecánicas	20
Tabla 2. Grupos de recolección de datos	21
Tabla 3. Conteo vehicular e Índice Medio Diario Semanal	23
Tabla 4. Granulometría por tamizado de muestras.....	24
Tabla 5. Caracterización de las muestras de subrasante	25
Tabla 6. Prueba de normalidad del contenido de humedad.....	26
Tabla 7. Prueba ANOVA del contenido de humedad.....	26
Tabla 8. Resultados del ensayo CBR y Proctor Modificado a la muestra de suelo natural	26
Tabla 9. Prueba de normalidad del CBR 95% MDS (%) 0.1”	28
Tabla 10. Prueba ANOVA del CBR 95% MDS (%) 0.1”	28
Tabla 11. Prueba de normalidad del CBR 95% MDS (%) 0.2”	29
Tabla 12. Prueba ANOVA del CBR 95% MDS (%) 0.2”	29
Tabla 13. Prueba de normalidad del CBR 100% MDS (%) 0.1”	30
Tabla 14. Prueba ANOVA del CBR 100% MDS (%) 0.1”	31
Tabla 15. Prueba de normalidad del CBR 100% MDS (%) 0.2”	32
Tabla 16. Prueba ANOVA del CBR 100% MDS (%) 0.2”	32
Tabla 17. Prueba de normalidad de la MDS	33
Tabla 18. Prueba ANOVA de la MDS	34
Tabla 19. Prueba de normalidad del OCH.....	34
Tabla 20. Prueba ANOVA del OCH.....	35
Tabla 21. Caracterización de las muestras de suelo natural y con baritina	36
Tabla 22. Prueba de normalidad del contenido de gravas.....	37
Tabla 23. Prueba ANOVA del contenido de gravas.....	37
Tabla 24. Prueba de normalidad del contenido de arenas.....	37
Tabla 25. Prueba ANOVA del contenido de arenas.....	38
Tabla 26. Prueba de normalidad del contenido de finos	38
Tabla 27. Prueba ANOVA del contenido de finos	38
Tabla 28. Valores del MR para los 4 diseños	40
Tabla 29. Criterios de diseño del pavimento flexible con suelo sin y con baritina....	40
Tabla 30. Espesores del pavimento flexible con suelo sin baritina	41
Tabla 31. Espesores del pavimento flexible con suelo con baritina en 10%.....	41

Tabla 32. Espesores del pavimento flexible con suelo con baritina en 15%.....	41
Tabla 33. Espesores del pavimento flexible con suelo con baritina en 20%.....	41
Tabla 34. Resumen de espesores del pavimento flexible.....	42
Tabla 35. Recolección de datos para el análisis granulométrico	63
Tabla 36. Recolección de datos para el ensayo de Límite de Plasticidad	63
Tabla 37. Recolección de datos para el ensayo de Proctor Modificado	63
Tabla 38. Recolección de datos para el ensayo de CBR.....	64

Índice de figuras

Figura 1. CBR al 95% de MDS (%) 0.1" de suelo natural y con baritina	27
Figura 2. CBR al 95% de MDS (%) 0.2" de suelo natural y con baritina	29
Figura 3. CBR al 100% de MDS (%) 0.1" de suelo natural y con baritina	30
Figura 4. CBR al 100% de MDS (%) 0.2" de suelo natural y con baritina	31
Figura 5. Máxima densidad seca (MDS) de suelo natural y con baritina.....	33
Figura 6. Óptimo contenido de humedad (OCH) de suelo natural y con baritina	34
Figura 7. Análisis granulométrico de suelo natural y con baritina.....	36
Figura 8. CBR de suelo natural y con baritina.....	42
Figura 9. Proctor Modificado de suelo natural y con baritina.....	43
Figura 10. Confrontación de resultados del análisis del suelo natural entre el antecedente y los obtenidos en la investigación	44
Figura 11. Confrontación de resultados de CBR entre el antecedente y los obtenidos en la investigación.....	45
Figura 12. Confrontación de resultados de MDS y OCH entre el antecedente y los obtenidos en la investigación	46
Figura 13. Confrontación de resultados del contenido de humedad entre el antecedente y los obtenidos en la investigación	47

Resumen

En esta investigación se estableció por objetivo general determinar la situación actual de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024; considerando por metodología de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental de nivel explicativo.

A fin de ser adquiridos los resultados en laboratorio, en primera instancia se ejecutó un estudio de tráfico, lo cual evidenció un ESAL de 441,047.

Los resultados de laboratorio muestran que los suelos sin baritina no presentan índice de plasticidad. El suelo natural fue clasificado como grava pobremente gradada, con un contenido de humedad del 2.2%, CBR de 85.78% a 0.1" y 113.33% a 0.2" del 100% de MDS, MDS de 2.310 g/cm³ y OCH de 6.90%.

Al adicionarle el 10% de baritina, el suelo se clasificó como grava pobremente gradada con limo, con un contenido de humedad del 2.3%, CBR de 92.6% a 0.1" y 120.00% a 0.2% del 100% de MDS, MDS de 2.359 g/cm³ y OCH de 6.60%. Al, 15% de baritina, el suelo se clasificó como grava pobremente gradada con limo, con un contenido de humedad del 2.4%, CBR de 100.00% a 0.1" y 126.70% a 0.2% del 100% de MDS, MDS de 2.379 g/cm³ y OCH de 6.40%. y con un 20% de baritina, el suelo se clasificó como grava limosa, con un contenido de humedad del 2.4%, CBR de 108.10% a 0.1" y 138.70% a 0.2% del 100% de MDS, MDS de 2.404 g/cm³ y OCH de 6.00%.

En los cuatro diseños de pavimento flexible analizados, se mantuvo una carpeta asfáltica de 5 cm, base granular de 15 cm y subbase granular de 0 cm de espesor, debido a ello se concluyó que la adición de baritina al suelo incrementó de manera favorable el CBR, la MDS, mejorando su capacidad de carga, y reduciendo el OCH; sin embargo, no afectó el diseño de los espesores del pavimento flexible de suelo natural.

Palabras clave: Baritina, pavimento flexible, CBR, MDS, OCH.

Abstract

In this research, the general objective was established to determine the current situation of the flexible pavement subgrade in Jicamarca, 2024; considering applied methodology, quantitative approach, explanatory level experimental design.

In order to acquire the results in the laboratory, in the first instance a traffic study was carried out, which showed an ESAL of 441,047.

Laboratory results show that soils without barite do not present a plasticity index. The natural soil was classified as poorly graded gravel, with a moisture content of 2.2%, CBR of 85.78% at 0.1" and 113.33% at 0.2" of 100% MDS, MDS of 2.310 g/cm³ and OCH of 6.90%.

By adding 10% of barite, the soil was classified as poorly graded gravel with silt, with a moisture content of 2.3%, CBR of 92.6% at 0.1" and 120.00% at 0.2% of 100% MDS, MDS of 2.359 g/cm³ and OCH of 6.60%. At 15% barite, the soil was classified as poorly graded gravel with silt, with a moisture content of 2.4%, CBR of 100.00% at 0.1" and 126.70% at 0.2% of the 100% MDS, MDS of 2.379 g/cm³ and OCH of 6.40%. and with 20% barite, the soil was classified as silty gravel, with a moisture content of 2.4%, CBR of 108.10% at 0.1" and 138.70% at 0.2% of 100% MDS, MDS of 2.404 g/cm³ and OCH of 6.00%.

In the four flexible pavement designs analyzed, a 5 cm asphalt layer, 15 cm granular base and 0 cm thick granular subbase were maintained. Due to this, it was concluded that the addition of barite to the soil favorably increased the CBR, the MDS, improving its loading capacity, and reducing the OCH; however, it did not affect the design of the thicknesses of the natural soil flexible pavement.

Keywords: Barite, flexible pavement, CBR, MDS, OCH.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional la conformación de vías con el diseño del pavimento flexible permite la comunicación entre ciudades. Para Hongyuan et al (2020), “solo en China, para el año se construyó 143 000 kilómetros de carretera destacando la importancia de estas vías al permitir que muchas ciudades accedan a servicios básicos como salud y educación” (pág. 20). Además, de acuerdo con Niyomukiza et al. (2020), “el principal medio de transporte son las carreteras, sin embargo, el suelo donde fueron construidas presenta condiciones inadecuadas para fines ingenieriles, esto es uno de los problemas comunes al momento de realizar el diseño del pavimento flexible, dado que en gran medida el suelo cuenta con deficiencias en sus propiedades a la hora de construir una carretera”. (pág. 1). Según Paneru (2020), “la parte más importante en la construcción de una carretera fue la preparación del suelo, debido a que soportará los cimientos para las capas superiores de la carretera; el suelo básicamente actúa como el cimiento, soportando el peso que recibe encima sin deformarse” (pág. 2).

Para Noriega et al. (2022) “la identificación de la existencia y magnitud de suelos pobres fue primordial durante la etapa preliminar de un proyecto vial para así plantear soluciones ingenieriles adecuadas para mejorar este suelo; uno de estos problemas es la presencia de suelos arcillosos; estos suelos son débiles y se expanden mucho, por eso, es importante usar técnicas para fortalecerlos, como el uso de estabilizadores que los haga más resistentes y estables” (pág. 2). Según Hongyuan, et al. (2020), “los estabilizadores mayormente empleados para fines de estabilización de suelos es el cemento, siendo una de las metodologías tradicionales, sin embargo, en un estudio se mencionó que el uso excesivo del cemento está relacionado con suelos endurecidos o salinización”. (pág. 4). Asimismo, para Habashneh (2021), “los métodos de estabilización de suelos más comunes conforman el control de la compactación y la humedad, los métodos térmicos y la estabilización química del mismo, esto se basa empleando como estabilizadores al cemento, cal o cenizas volantes; sin embargo, la utilización de este tipo de estabilizadores se limitó por la demanda en la industria constructiva relacionado al incremento en los costos tras su uso”. (pág. 352).

De tal modo, para Pooni et al. (2021), “los suelos arcillosos de subrasante presentan distintos problemas bajo las fluctuaciones de humedad, siendo importante ser integrado estabilizadores puzolánicos debido a que su reacción óptima se obtiene a largo plazo en los suelos tratados con cal en contraposición a la naturaleza de curado rápido de los suelos tratados con cemento”. (pág. 7). De acuerdo con Halim, et al. (2022), “los productos químicos que se emplean como estabilizadores de suelo fueron las ligninas, ácido sulfúrico, yeso, cal, cloruro cálcico, residuos de papeleras, cloruro sódico, asfalto, cemento Portland y otros; no obstante, el uso de la cal y estabilizadores a base de calcio generaron una significativa emisión de CO₂, por lo cual no fue recomendable su uso en aplicaciones viales”. (pág. 137). Sin embargo, Eisa et al. (2022) “en su artículo, demostró que la adición de yeso y sulfato de sodio en adiciones de 2%, 4% y 6% aumentan las propiedades mecánicas de suelos arcillosos; destacando que el grupo de minerales conocidos como sulfatos generaron una gran importancia en investigaciones recientes sobre estabilización de suelos, además, el uso de sulfatos fue muy variado”. (pág. 1).

Para Carter et al. (2020), “la baritina es un mineral natural (BaSO₄) que se encuentra en los sedimentos oceánicos; este material se extrae para usarse en la fabricación de vidrio, industria de pinturas y caucho, productos químicos y en otras aplicaciones, como plásticos”. (pág. 1). De acuerdo con Kinnunen et al. (2024), “la barita es un mineral de ganga común en otros depósitos, como plomo, fluorita, zinc, oro y minerales de tierras raras; sin embargo, de acuerdo con las evaluaciones de estos materiales, una parte importante de la baritina termina en vertederos y relaves”. (pág. 1). Para MacIntosh et al. (2024), “la barita es un mineral que se cristaliza; sin embargo, se pueden formar varias morfologías cristalinas dependiendo del entorno químico y físico de precipitación del cual fueron obtenidas; estas características pueden ser aprovechados en aplicaciones novedosas, como la estabilización de suelos o en otros aspectos ingenieriles, se abriría la puerta a una solución más sostenible y económicamente viable, dado que podría alcanzar mejoras en las particularidades geotécnicas de los suelos, elevando su capacidad de carga y resistencia al agua, lo que contribuiría al diseño y construcción de infraestructuras duraderas”. (pág. 4).

Son escasos los estudios que abordan los impactos de la baritina para el alcance de mejoras en la subrasante; siendo ideal buscar nuevos estabilizadores de mejora y esto se vea reflejado en los costos de fabricación del pavimento.

En el Perú, para Hassani et al. (2020), “el pavimento flexible debido a su alta resistencia al deslizamiento y calidad de servicio, se convirtió en la solución ideal para las carreteras a nivel de subrasante; estos pavimentos además de mejorar la calidad de nuestras carreteras, también alargan su vida útil”. (pág. 2). Según Castello et al. (2020), “el uso de un pavimento flexible después de aplicar estrategias de mejora en una subrasante puede reducir el deterioro significativo de las vías, así como su asentamiento a largo plazo; este es uno de los pasos adelante en la dirección apta hacia una red de carreteras más resiliente y confiable para todos”. (pág. 1).

De acuerdo a la problemática planteada, para Mamani et al. (2023), “en el Perú su red vial comprende 26,017.07 km, con aproximadamente 11,150.91 km de vías a nivel de afirmado (subrasante), evidenciando una marcada disparidad entre la presencia vías pavimentadas y las que no; muchas de estas carreteras se encuentran a nivel de subrasante y expuestas a la intemperie lo que ocasionará un problema a futuro, siendo muchas de las fallas relacionadas a un suelo pobre y débil”. (pág. 2).

Esta disparidad no sólo pone en evidencia el requerimiento de revisar las decisiones de diseño y construcción de carreteras, sino que también plantea serias interrogantes sobre la idoneidad de las subrasantes existentes para soportar tanto el tráfico como las condiciones de clima y geotécnicas específicas de cada región.

A nivel local, el distrito de Jicamarca es una comunidad campesina la cual está dividida entre el Pueblo Matriz y 24 anexos. Esta localidad se encuentra en expansión, donde la mayor parte de sus vías no se encuentran pavimentadas estando solo a nivel de suelo natural; bajo este contexto, la zona de estudio se encuentra en condición de subrasante, la cual presenta fallas críticas como rajaduras, lo que no permite el correcto tránsito de los vehículos.

De tal modo, se formula el siguiente problema general: ¿De qué manera influirá la incorporación de baritina en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024?

De la misma manera esta investigación tiene justificación teórica, se contempla el alcance de una mejora en las propiedades geotécnicas de una subrasante a través de la adición de baritina, en relación a los lineamientos establecidos en los manuales del MTC.

De acuerdo a Cotrina (2023), “la adición de este material permitirá que el suelo utilizado como subrasante, tenga el valor de CBR necesario para soportar las cargas de tráfico”. (pág. 15).

Para la justificación práctica, a través de esta investigación se buscó resolver y pretender solucionar el problema respecto al mejoramiento de suelos para plantear un diseño de pavimento flexible óptimo.

De acuerdo a Paneru (2020), “el diseño del pavimento flexible es la parte más primordial en una carretera”. (pág. 2).

En la justificación social, esta investigación pretendió resolver los problemas a la comunidad en relación a ofrecer carreteras en mejor estado y duraderas.

Tal como menciona Pooni (2021), “un nuevo proyecto beneficia a la población, ya que, al mejorar el estado de la vía beneficia el acceso y la comunicación”. (pág. 10).

Finalizando, en la justificación metodológica, las variables planteadas lograrán ser utilizadas en futuras investigaciones a través de los ensayos mostrados en esta investigación.

Castello et al. (2020), “indica que las investigaciones experimentales pretenden añadir conocimiento sobre un tema en específico para su mejora”. (pág. 9).

Por lo tanto, se contempló por objetivo general: Determinar la influencia de la incorporación de baritina en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024. Además, se establecen los siguientes Objetivos Específicos (OE): OE-1: Determinar la situación actual de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024; OE-2: Determinar la influencia de la incorporación de baritina en el CBR para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024; OE-3: Determinar la influencia de la incorporación de baritina en el proctor modificado para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024; OE-4: Determinar la influencia de la incorporación de baritina en el análisis granulométrico para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024; OE-5: Determinar los porcentajes de adición de baritina que se emplea para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible.

Por medio del presente estudio, se han identificado antecedentes vinculados a las variables de la subrasante y la baritina. En primer lugar, se destacaron 10 trabajos previos relacionadas a la subrasante estabilizadas con ceniza de madera, residuos de vidrio en polvo, cenizas volantes de desecho, cemento, óxido de magnesio, ceniza

volcánica y las puzolanas, sulfato de calcio, cloruro de sodio, cenizas de *Oryza Sativa*, ceniza de carbón y residuos agrícolas. Por otro lado, la utilización de la baritina como estabilizador, fueron pocos estudios encontrados relacionados a esta variable, destacando solo 2 trabajos previos (1 internacional y 1 nacional). Estas investigaciones previas nos servirán para desarrollar la metodología con baritina dado que no se han encontrado más investigaciones.

A nivel internacional, Blayi et al. (2024) llevaron a cabo en su artículo el objetivo de examinar las características geotécnicas de la subrasante de suelo de grano fino modificado con ceniza de madera. Adoptaron por metodología el enfoque cuantitativo, tipo aplicada, de nivel explicativo con un diseño experimental el cual involucró pruebas de laboratorio y análisis de datos, siguiendo las normativas y recomendaciones de la AASHTO. Se emplearon diferentes proporciones de ceniza de madera, específicamente 8%, 16%, 24% y 32%. La problemática abordada fue la presencia de la susceptible a los cambios en la humedad, lo que afecta negativamente la estabilidad de las estructuras de pavimento construidas sobre ella. La población de interés comprendió áreas donde se emplea comúnmente suelo de grano fino como subrasante para pavimentos, y la muestra consistió en muestras representativas de suelo arcilloso, así como muestras de ceniza de madera en diferentes proporciones. Llegaron a ser efectuados ensayos de Proctor Modificado y California Bearing Ratio (CBR) para medir las propiedades de los suelos. Los resultados obtenidos revelaron que la adición de ceniza de madera en proporciones del 8%, 16%, 24% y 32% produjo mejoras significativas en las propiedades mecánicas del suelo de grano fino. Específicamente, se observó que la proporción óptima de ceniza de madera fue del 8%, lo que resultó en un aumento de la densidad máxima seca (MDS) a 1.76 gr/cm^3 y un incremento en el índice de soporte California Bearing Ratio (CBR) a 12.6%. El diseño del pavimento se benefició al emplear ceniza de madera en una proporción del 8%, lo que requeriría dimensiones específicas para la base y la subbase granular, establecidas en 150 mm y 170 mm respectivamente. Concluyeron que el 8% de ceniza de madera logró mejoras en la estabilidad y capacidad de la subrasante para pavimentos construidos sobre suelo de grano fino, conforme a las directrices establecidas por la AASHTO.

Safi y Singh (2022) en su artículo científico dio a conocer por medio de los investigadores Srinivasulu y Rao sobre la adición baritina como estabilizador del suelo húmedo al establecer por objetivo evaluar la adición nuevos estabilizadores en el

mejoramiento de las propiedades de la subrasante. El trabajo adoptó un enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental. Sólo se utilizaron adiciones de 20% de baritina. La población de estudio se limitó a suelos expansivos en la India. Los ensayos realizados fueron el de humedad óptima, ensayo de compactación Proctor y California Bearing Ratio (CBR). Los resultados evidenciaron suelos expansivos de muy baja plasticidad respecto a las propiedades del suelo natural. Se denotó una disminución en la humedad óptima de suelo natural de 11% y con la inclusión de 20% de baritina un 12%. La máxima densidad seca incrementó con 20% de baritina en un 25% a comparación del suelo natural que alcanzó un valor menor. El CBR al 100% incrementó en 85% con 20% de baritina a comparación del suelo natural. Concluimos que el uso de baritina tiende a generar un impacto positivo en la subrasante a través de la proporción del 20%, siendo un estabilizador óptimo para un suelo de subrasante expansiva.

Javed y Chakraborty (2020) en su artículo establecieron por objetivo analizar el impacto de la incorporación de residuos de vidrio en polvo en la mejora de las características del suelo en una subrasante. Este estudio fue una investigación de enfoque cuantitativo, nivel explicativo, tipo aplicada y diseño experimental. Evaluaron diferentes proporciones de residuos de vidrio en polvo en 2%, 4%, 6%, 8% y 10%. Las muestras de suelo natural se extrajeron del desierto de Ganakbari, Bangladés, mientras que los residuos de vidrio se obtuvieron de una planta de vidrio en Dhaka. Las pruebas realizadas incluyeron la determinación de los límites de plasticidad, ensayos de compactación, índice de California Bearing Ratio (CBR), ensayo de compresión uniaxial (UCS) y resistencia al corte. Los resultados indicaron que a medida que se incrementó la proporción de residuos de vidrio en polvo, el índice de plasticidad del suelo disminuye, pasando de un 21.52% en la muestra natural a un 15.5% con la adición del 10% de residuos de vidrio. No obstante, la máxima densidad seca aumentó de 1.83 g/cm³ a 2.03 g/cm³ con la adición del 10% de residuos de vidrio, siendo este último el valor máximo alcanzado. En el caso del CBR, se observó una mejora, pasando del 1.56% al 10.4% en estado sumergido y del 2.32% al 22.5% en estado no sumergido con la adición del 10%. En el ensayo UCS, la resistencia aumentó de 63.2 KN/m² a 119.7 KN/m² con la adición del 10%. Respecto al ensayo de corte directo, se observó un aumento en la cohesión, de 42.7 KN/m² a 106.4 KN/m², y en el ángulo de fricción, de 27.4° a 43.5°, al utilizar una adición del 10%. Concluimos que la adición del 10% de residuos de vidrio en polvo representaba la dosificación

óptima para la estabilización de la subrasante.

Rai et al. (2021) en su artículo propuso examinar cómo las cenizas volantes de desecho y el cemento influyen en la estabilización de suelos de subrasante. De enfoque cuantitativo, diseño experimental y tipo aplicada. Se emplearon diferentes proporciones de cenizas volantes y cemento, es decir, 5%, 10%, 15% y 20% y 2%, 4%, 6% y 8% respectivamente. Las muestras naturales fueron obtenidas de la Autopista Toll Plaza en Hyderabad, Pakistán. Las cenizas volantes utilizadas se originaron en la central eléctrica de carbón de Jamshoro. Se llevaron a cabo diversas pruebas, que incluyeron la determinación de los límites de plasticidad, ensayos de compactación, evaluación del índice de hinchamiento libre, resistencia a la compresión no confinada, California Bearing Ratio (CBR) y análisis microscópico mediante barrido. Los resultados revelaron mejoras notables en el índice de plasticidad, que aumentó del 10% al 10.87% con la adición de un 5% de cenizas y un 2% de cemento, esta última siendo la proporción máxima utilizada. En cuanto al ensayo de hinchamiento libre, se observó una disminución significativa, pasando del 41% en las muestras naturales al 12% al incorporar un 20% de cenizas y un 8% de cemento. La máxima densidad seca también experimentó un incremento, de 2.13 g/cm³ a 2.41 g/cm³ con la adición del 20% de cenizas y el 8% de cemento, respectivamente. El valor del CBR aumentó del 2.9% al 10.12% con la misma combinación anterior de cenizas y cemento. De manera similar, la resistencia a la compresión no confinada aumentó con la adición del 20% de cenizas y el 8% de cemento, alcanzando un valor máximo de 167.75 kPa a los 14 días. Concluimos que del análisis SEM se demostró que las partículas del suelo presentaban una textura más gruesa cuando se incorporan las cenizas volantes y el aglutinante de cemento.

Mosa et al. (2022) en su artículo estableció por objetivo determinar el efecto del óxido de magnesio (MgO) en suelos arcillosos utilizados como subrasante en proyectos de carreteras. Dicha investigación fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental. Se utilizaron adiciones de 0.1%, 0.3%, 0.5%, 0.9%, 1.2% y 1.5% de óxido de magnesio con respecto al peso de la muestra. La muestra se extrajo del suelo en una locación en Bagdad; cabe resaltar que los especímenes se envasaron en bolsas herméticas por 28 días. Los ensayos realizados fueron granulometría, límites de plasticidad, California Bearing Ratio (CBR), ensayo triaxial, prueba de pH y prueba de composición química mediante EDX. Los resultados obtenidos del suelo natural se definieron como un tipo de suelo

A-7-6 de acuerdo a la metodología AASHTO, definiéndose como subrasante pobre y, asimismo, el índice de plasticidad fue de 16%. Por otro lado, el valor de CBR se incrementó de 3.37% hasta 36% con la adición de 0.7% de MgO. De la misma manera, el ensayo triaxial mostró un aumento del módulo resiliente de 147 MPa con la adición de 0.7% de MgO. El valor de pH aumentó de 5.3 para la muestra natural a un valor de 10.3 con la dosis de 0.7% de MgO. En el ensayo de composición química se determinó que existe un aumento en la concentración de oxígeno y magnesio, en comparación con la concentración de aluminio y silicio. Concluimos que la adición de 0.7% de MgO es la dosificación óptima para mejorar las propiedades de una subrasante arcillosa.

Yin et al. (2022) en su artículo estableció por objetivo evaluar la viabilidad del uso de ceniza volcánica (VA) y las puzolanas (L) para estabilizar suelo altamente expansivo. La investigación fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental. Se utilizaron adiciones de 10%, 15%, 20% y 25% de ceniza volcánica y adiciones de 1%, 2%, 3% y 4% de puzolanas. La población de estudio se limitó a suelos de la carretera Kapsokwony-Kopsiro-Namwela. Los ensayos realizados fueron límites de plasticidad, ensayo de compactación, California Bearing Ratio (CBR) e índice de hinchamiento libre. Evidenciaron por resultados que el valor del índice de plasticidad fue de 35.7% para la muestra natural, teniendo un incremento hasta 43% con la adición de 4% de puzolanas. Las muestras con VA, el mayor valor fue 40%, obtenido con la adición de 10% de VA. Para la muestra mezclada con ambos componentes, el mayor valor lo tuvo la adición de 20% de VA y 1% de L, siendo ese valor 39.7%. Por otro lado, la máxima densidad seca disminuyó de 1449 kg/m³ a 1265 kg/m³ con la adición del 4% de puzolana, siendo este el valor mínimo. Asimismo, tuvo una disminución hacia 1370 kg/cm³ con la adición de 10% de VA. De la misma manera, para el valor de CBR del suelo estabilizado hubo un aumento del 1.7% al 7% con 25% de VA. De la misma manera, el coeficiente de expansión disminuyó 2.7 veces de 4% a 1.5% con la adición de 25% de VA. Concluimos que la adición de 25% de VA es la dosificación óptima para estabilizar suelos de algodón negro.

Por otro lado, algunas investigaciones permitieron entender el problema y objetivos a nivel nacional, encontrando solo un antecedente sobre el uso de baritina:

Por otro lado, Cotrina (2023) en su estudio estableció por objetivo evaluar los efectos de la adición de baritina en la estabilización de suelos húmedos. Adoptaron por enfoque el cuantitativo en base al nivel explicativo, de tipo aplicada y diseño cuasi-

experimental. Se emplearon diferentes proporciones de baritina, específicamente 5%, 10% y 15%, en tres calicatas distintas. La población de estudio se limitó a suelos arcillosos y húmedos de la Avenida Lima, en el distrito de Comas. Para evaluar las propiedades de los suelos, se llevaron a cabo pruebas de granulometría, contenido de humedad y determinación de los límites de plasticidad. De igual forma, efectuaron ensayos de Proctor Modificado y CBR para medir las propiedades mecánicas de los suelos. Los resultados obtenidos, determinó que los suelos naturales correspondían a las categorías SC (Arena limo-arcillosa), SM (Arena Limosa) y SC (Arena limo-arcillosa) para las calicatas 01, 02 y 03, respectivamente. En cuanto a la humedad, se registraron valores de 14.80%, 14.20% y 15.60% para cada una de las calicatas. El índice de plasticidad arrojó valores de 5, 4 y 6 para las calicatas ensayadas. Por otro lado, en la calicata 01 se observó un aumento en la máxima densidad seca (MDS), pasando de 1.805 g/cm³ a 1.829 g/cm³, así como un incremento en el CBR del 24.90% al 64.50%, cuando se añadió un 15% de baritina en ambos casos. En la calicata 02, se registró un aumento en la MDS de 1.814 g/cm³ a 1.836 g/cm³ y en el CBR del 28.90% al 70.90% con la adición del 15%. En la calicata 03 se observó un incremento en la MDS de 1.786 g/cm³ a 1.813 g/cm³ y en el CBR del 25.10% al 62.90%, al igual que con la adición del 15%. Se concluye que la dosificación óptima para estabilizar una subrasante arcillosa o limosa es la adición del 15% de baritina.

Yangali (2022) en su estudio estableció por objetivo evaluar la adición de sulfato de calcio en el mejoramiento de propiedades físicas y mecánicas de una subrasante. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño cuasi experimental. Se utilizaron adiciones de 8%, 10% y 12% de sulfato de calcio. La población se limitó al suelo natural de la Avenida 9 de diciembre, provincia de Huancayo, teniendo por muestra un total de 60 especímenes. Los ensayos realizados fueron ensayo de equivalente de arena, límites de plasticidad, ensayo de compactación Proctor y California Bearing Ratio (CBR). Los resultados obtenidos, determinaron que el equivalente de arena se incrementó en relación a la adición de sulfato, teniendo un valor de 12.2% para la muestra natural y 15.03% para la adición del 12%. Por otro lado, el índice de plasticidad tuvo una disminución de 10.03% a 4.93% con una adición del 12% de sulfato de calcio. Asimismo, hubo un incremento en la máxima densidad seca de 1.786 g/cm³ a 1.807 g/cm³ para la muestra natural y la adición del 12% respectivamente. Sin embargo, el máximo valor fue el de 1.844 g/cm³ para el 10% de sulfato de calcio. El valor de CBR evidenció la existencia

de un incremento de 2.123% a 4.913%, siendo este mayor valor con la adición del 10% de sulfato. Se concluye que el 10% de sulfato de calcio es la dosificación óptima para mejorar las propiedades mecánicas de una subrasante.

En su estudio, Loyola (2022) en su estudio estableció por objetivo analizar el efecto del cloruro de sodio (NaCl) sobre la mejora de la subrasante de un camino vecinal de bajo tráfico en Virú. Esta investigación siguió un enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental. Se probaron diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl), a saber, 1%, 2%, 3% y 4%. La población se limitó al camino vecinal Frontón Bajo, Sector el Carmelo, donde se realizaron extracciones de suelo en 06 calicatas. Las pruebas de laboratorio incluyeron análisis granulométricos, mediciones del contenido de humedad, límites de plasticidad, densidad relativa, ensayo Proctor modificado, índice de California Bearing Ratio (CBR) y análisis de sales solubles. Los resultados mostraron que el suelo natural correspondía a la categoría de arena pobremente graduada (SP) en las 06 calicatas estudiadas. Además, el contenido de humedad variaba entre 4.3% y 6.5% en las calicatas C-1 hasta C-6. Para las pruebas posteriores, se seleccionó la muestra C-4 como la más representativa. En el ensayo de densidad relativa, se observó que la densidad mínima aumentó de 1.34 T/m³ a 1.53 T/m³ al agregar un 2% de NaCl. Además, la máxima densidad seca aumentó de 1.585 g/cm³ en la muestra natural a 1.788 g/cm³ con la adición del 2% de NaCl. El valor de CBR aumentó del 10.40% en la muestra natural al 33.91% con la adición del 2% de NaCl. Se concluye que la dosificación óptima para estabilizar la subrasante de un camino de bajo tránsito es la adición del 2% de cloruro de sodio.

A nivel local, Requejo (2020) en su estudio estableció por objetivo analizar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arenosos en el Pueblo Joven Las Dunas mediante la adición de cenizas de *Oryza Sativa*. Adoptó por enfoque el cuantitativo en base al nivel explicativo, de tipo aplicada y diseño cuasi-experimental. Se evaluaron diferentes proporciones de ceniza de *Oryza Sativa* en 3%, 5%, 7% y 9%. Las cenizas utilizadas fueron obtenidas como residuo de la cascarilla de arroz de la Empresa Agroindustrial. La población de estudio se limitó a la subrasante presente en el Pueblo Joven Las Dunas, ubicado en Lambayeque, donde se seleccionaron 4 calicatas por cada kilómetro de estudio. Los ensayos realizados abarcaron análisis granulométricos, determinación de cada límite de plasticidad, ensayos respecto al Proctor Modificado, además de la evaluación del índice de California Bearing Ratio

(CBR). Los resultados revelaron que el suelo natural correspondía a una arena pobremente graduada (SP) o suelo tipo A-3 según las metodologías SUCS y AASHTO. En lo que respecta a la plasticidad, las muestras extraídas no mostraron indicios de plasticidad. Además, la humedad promedio registrada en las tres calicatas fue de 0.55%. No obstante, se observó una disminución en la máxima densidad seca, que pasó de 1.690 g/cm³ en la muestra natural a 1.671 g/cm³ con la adición del 5% de ceniza. El CBR registró un aumento del 22.47% al 25.50% con la adición del 7%. Concluimos que la adición del 7% de ceniza de *Oryza Sativa* condujo a una mejora en las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arenosos.

Además, Chamba (2021) en su estudio estableció por objetivo realizar una comparación entre la adición de cloruro de sodio y el sistema Consolid para mejorar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en la Urb. El Parral. Esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño cuasiexperimental. Se examinaron diferentes proporciones de adición, incluyendo 2%, 6%, 10% y 15% de cloruro de sodio, así como 1%, 1.5% y 2% de Consolid. Las muestras de suelo se extrajeron de la Urb. El Parral, ubicado en el distrito de La Victoria, a partir de la obtención de cuatro calicatas. Los ensayos de laboratorio incluyeron la determinación de la granulometría, los límites de plasticidad, el contenido de humedad, el ensayo de Proctor Modificado y el índice de California Bearing Ratio (CBR). Los resultados revelaron que el suelo extraído correspondía a un suelo arcilloso de baja plasticidad (CL) o suelo tipo A-6 en los cuatro puntos de extracción. El índice de plasticidad varió, siendo de 21.15%, 21.01%, 21.56% y 25.78% para las calicatas 01, 02, 03 y 04, respectivamente. Se determinó que la muestra C-1 era la menos favorable para llevar a cabo las adiciones. En cuanto a la adición de cloruro de sodio, se observó que la máxima densidad seca (MDS) alcanzó un valor de 1.992 g/cm³ con la adición del 15%, y el valor de CBR fue de 41.2% para la misma proporción de adición. Por otro lado, en el caso de la adición de Consolid, tanto la MDS como el CBR aumentaron con la adición del 2% de Consolid. Concluimos que las dosificaciones óptimas eran del 15% y el 2% para el cloruro de sodio y Consolid, respectivamente.

Asimismo, Chavesta (2022) en su investigación estableció por objetivo examinar el valor influyente de la ceniza de carbón y residuos agrícolas para mejorar las propiedades de la subrasante. Este estudio adoptó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada con nivel explicativo y diseño experimental. Se utilizaron adiciones de

5% y 10% de ceniza de carbón y, de 7% y 15% para los residuos agrícolas. La muestra se delimitó por 6 km de la carretera 107 en el Centro Poblado el Cerezo, donde se extrajeron tres calicatas a 1.50m de profundidad. Los ensayos realizados fueron análisis granulométrico, límites de plasticidad, ensayo de Proctor Modificado y California Bearing Ratio (CBR). Dicha experimentación se realizó bajo las normativas del Manual de Suelos y Pavimentos. Los resultados obtenidos, evidenciaron que la muestra natural se trató de una arena limosa (SM) y suelo A-2-4 según la metodología SUCS y AASHTO respectivamente, este tipo de suelo fue la misma para los 3 puntos de extracción. Asimismo, en el ensayo de plasticidad se observó que tanto la muestra natural y las adiciones, no presentan índice de plasticidad. Sin embargo, el índice líquido tuvo un aumento de 14.44% a 15.33% con la adición de 10% de ceniza de carbón. En el caso de la máxima densidad seca, tuvo un aumento de 1.981 g/cm³ a 2.023 g/cm³ con la adición del 5% de la ceniza de carbón. Con la adición del 15% de residuo agrícola, tuvo una disminución hacia el valor de 1.932 g/cm³. El valor de CBR aumentó de 18.50% hacia un valor de 44.52% con la adición del 10% de ceniza de carbón. Concluimos que la combinación del 10% de ceniza de carbón y 7% de residuos agrícolas, se obtuvo un valor de 32.50% en el CBR, estableciendo que la adición del 10% de ceniza de carbón y el 7% de residuos agrícolas fueron la dosificación óptima para estabilizar la subrasante.

Como parte del estudio, es necesario conocer algunos términos que serán utilizados dentro de la investigación basadas en normativas y teorías. Para Rezabala (2023), la **subrasante** se refiere a la superficie de carretera a nivel de movimientos de tierra, sobre la cual irá toda la estructura del pavimento; asimismo, la subrasante deberá ser diseñada para soportar las solicitaciones a la cual es expuesta una carretera. Según Kardani (2022), no solo las diferentes cargas dinámicas y periódicas se ejercen sobre la subrasante, sino además las cargas estáticas que están determinadas por el peso de la sub base, base y carpeta asfáltica; asimismo, la existencia de otras capas adicionales dependerá de la carga que soportará la carretera u otros requerimientos; debido a eso, la subrasante puede definirse como una capa que transfiere la carga al suelo natural. Por otro lado, para Wang (2022) el **pavimento flexible** es uno de los tipos de superficie de carretera que se conforman por diversas capas, diseñadas para generar una adaptación a las cargas y deformaciones producto del tráfico; esto también se relaciona con una buena subrasante, dado que esta misma brinda una base sólida para ser construidas cada

capa superior de los pavimentos.

Por otro lado, para Covinos y Arias (2020) uno de los estudios básicos aplicados para el diseño de pavimento flexible es el estudio de tráfico debido a que a fin de ser determinado el **ESAL** o ejes equivalentes debe ser calculado el **IMDS e IMDA**. Para Cárdenas (2022), la importancia de un **estudio de tráfico** radica en hallar la incidencia de vehículos, en cuanto a cantidad y volumen, para así calcular la carga de tráfico con la que será diseñado el pavimento. No obstante, Sharma, et al., (2021). indica que el índice de tráfico también afecta a la tensión que existe entre la rueda y el pavimento flexible, por lo que si este valor es menor se puede utilizar materiales menos frágiles; asimismo, el conteo de tráfico puede realizarse de manera manual o automática, siendo la primera la más común. Para Fogue (2023), realizar un conteo manual, se colocan observadores en puntos de control de la vía, los cuales detallan en un formulario el número y tipo de vehículos registrados en un tiempo determinado; al culminar ello, este valor se convierte en Ejes Equivalentes a fin de ser empleado en el diseño del pavimento bajo el método AASHTO 93.

Asimismo, conocer las **propiedades mecánicas de la subrasante** es primordial en el diseño preliminar de la carretera. Para Mousavi (2023), las propiedades del suelo son indicadores importantes para estimar los costes de construcción y mantenimiento de las carreteras. Asimismo, para Shi, et al. (2023), una subrasante que posee óptimas propiedades mecánicas puede influenciar en la vida útil y la operatividad de la estructura a lo largo de los años; debido a eso, es rol de los especialistas realizar un estudio de suelo previo para caracterizar el suelo a trabajar y decidir la viabilidad de un mejoramiento de suelo. Según Sun et al. (2023) un suelo estable puede satisfacer las necesidades de la tecnología de ingeniería y se utiliza ampliamente en ingeniería geotécnica. Por otro lado, Li et al. (2023), da a conocer que las propiedades de la subrasante son primordiales para conocer la zona de deslizamiento y evaluar la estabilidad de un talud; esta propiedad es primordial cuando se construyen taludes como medida de deslizamiento de la carretera.

Una de las propiedades que guarda relación con la caracterización del suelo es el **análisis granulométrico**, según Layade et al. (2019), es uno de los ensayos que sirve para determinar el porcentaje de diferentes granulometrías que tiene el suelo; en pocas palabras, un análisis granulométrico es realizado para determinar la distribución de las partículas más gruesas y de mayor tamaño. Bala (2022) da a conocer que si se quiere determinar la distribución de partículas más finas se utiliza

otra metodología llamada análisis por hidrometría. Para Sedláčková (2021), el hidrómetro permite determinar la cantidad de finos que posee un suelo poco plástico o granular, utilizando la ley de suspensión de Stokes; cabe resaltar que la granulometría a pesar de no ser una propiedad física, influye directamente en las propiedades mecánicas. Liu et al. (2023), en su estudio afirma que la composición granulométrica no sólo cambiará la composición material y la estructura del suelo, sino que también afectará a las propiedades físicas e hidráulicas del suelo, afectando en consecuencia al proceso de erosión del suelo. Asimismo, para Layade, et al., (2019), la distribución granulométrica brinda una cuantificación exacta del tipo de material a estudiar, por lo que puede revelar sus características mecánicas y la procedencia del suelo.

Asimismo, otra propiedad importante para la caracterización de la subrasante es el **índice de plasticidad**, para Moreno et al. (2020), es la capacidad del material para ser moldeado de cualquier forma sin romperse o agrietarse, debido a su contenido en minerales de arcilla. Para Budhu (2020), un suelo se considera plástico cuando el contenido de agua se reduce hasta el punto en que este no pueda romperse, siendo este contenido de agua considerado como el **Límite Líquido**; asimismo, el contenido de agua para pasar de estado plástico a estado semisólido se conoce como **Límite Plástico**. En consecuencia, para Budhu (2020), la diferencia entre el Límite Líquido y Límite Plástico se conoce como el índice de Plasticidad; no obstante, el alto contenido de plasticidad puede ser una desventaja en el suelo, esto puede provocar cambios en volumen ante la variación de agua, lo que se conoce como arcillas expansivas. Según Zhang (2023), la dificultad de las arcillas expansivas radica en la compactación para la construcción de una subrasante. Asimismo, Aziz (2023) da a conocer que la elevada plasticidad se debe a la presencia de minerales expansivos.

Por otro lado, la propiedad que guarda relación con la plasticidad es la **compactación**, la cual se define por Shaheb, et al. (2021) como el proceso que reduce el espacio vacío entre los granos y aumenta la resistencia del suelo. Para Yue (2021) la compactación reduce los macroporos y la conectividad de los mismos, lo cual se atribuye a la compresión vertical; esta propiedad permite preparar el suelo de la subrasante para que las capas restantes del pavimento puedan ser colocadas. No obstante, según Chirinos (2021), una forma de medir esta propiedad es a través del **ensayo de compactación Proctor**, la cual es la máxima densidad que puede lograr

un suelo para resistir una capacidad de carga específica. Para Alshameri (2020), la compactación es un mecanismo para reorganizar las posiciones de las partículas para lograr una mayor densidad determinando la **densidad máxima seca** (MDS) y contenido **óptimo de humedad** (OCH); dichos valores se pueden obtener a través del ensayo de Proctor Modificado, este ensayo está estipulado en el Manual de Suelos y Pavimentos y Ensayo de Materiales bajo la nomenclatura ASTM D-1577.

Por otro lado, Bharath et al. (2021) indica que la **capacidad de soporte** del suelo está ligada a la compactación de un suelo; este parámetro de resistencia se evalúa a través del coeficiente de carga de California Bearing Ratio (CBR); siendo este valor muy usado por los ingenieros civiles al momento de diseñar una carretera. Según Bharath et al. (2021), el **CBR** es una prueba que ha sido utilizada por varios años, siendo no sólo confiable sino menos costosa que otros ensayos geotécnicos. Para Amakye (2022), el ensayo de CBR implica la compresión de una muestra de suelo en condiciones específicas de densidad y humedad, utilizando un penetrómetro o un penetrómetro modificado diseñado para simular las condiciones de carga que experimentará el suelo en el campo. De acuerdo con Thakur et al., (2021), dicho valor se utiliza para diseñar el espesor del pavimento y de las capas que lo conforman; en pocas palabras, a medida que el valor de CBR es menor, mayor será el espesor del pavimento; este valor se expresa en porcentaje como la relación entre la carga unitaria para penetrar el suelo ensayado y la carga unitaria para penetrar un suelo tipo.

Asimismo, la **estabilización de suelos** según Wang (2022), es esencial para la calidad y durabilidad de carreteras, abordando problemas como la alta plasticidad e inestabilidad volumétrica dado que la estabilidad deficiente afecta a la calidad de carreteras y, en consecuencia, a su vida útil. Según Rezabala (2023), es un problema encontrar suelos con alta plasticidad e inestabilidad volumétrica y por eso es necesario estabilizar a través de la adición o la sustitución parcial del suelo; siendo requerido la estabilización al ser el proceso de mezclar componentes con el suelo natural con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Para Eisa (2023), muchos de esos suelos a estabilizar carecen de cohesión y resistencia, lo cual los hace no aptos para una subrasante u otra estructura siendo una solución rápida la estabilización; no obstante, la estabilización química es la más usada por los ingenieros, incorpora productos que modifican las propiedades del suelo, creando una matriz entre las partículas del suelo y el componente estabilizador. Asimismo,

Rezabala (2023) indica que este tipo de estabilización utiliza componentes estabilizadores industriales como la cal y el cemento, que son utilizados comúnmente para la estabilización de suelos pobres; no obstante, en la actualidad se ha ampliado el buscar materiales reciclables que puedan utilizarse como estabilizadores.

Como parte de la variable independiente es importante definir a la **baritina** en un enfoque conceptual. Según Huañec (2020), la baritina o barita es un mineral derivado de la extracción minera del bario; este mineral se encuentra en forma natural, incrustada con la calcita y el cuarzo, en formaciones rocosas. No obstante, Carter (2020) afirma que puede extraerse también de los lechos marinos debido a oxidación de minerales como bario, hierro y manganeso; el peso específico del sulfato de bario varía de 4.3 a 4.6 g/cm³ y su dureza varía de 2.5 a 3.5 en la escala de Mohs. Asimismo, según Cacho (2021), solo en Perú existen 61 yacimientos de este mineral, el cual es extraído de plantas hidrotermales y volcanes submarinos; dicha producción es exportada a 90% a países europeos, siendo nuestro país con la mayor exportación.

Pires et al. (2021) indican que la baritina se caracteriza por ser un mineral inorgánico ampliamente utilizado en diversas industrias, presenta una serie de características destacadas; esta es químicamente inerte y se encuentra en una variedad de formas, desde barita cruda blanca hasta barita cruda morada, con densidades que pueden variar de acuerdo a su naturaleza inerte y su alta densidad hacen que la baritina sea altamente versátil y valiosa en numerosas aplicaciones industriales. Por otro lado, Mukherjee et al. (2022) establecen los beneficios de la baritina, dado que son significativos dada su capacidad para aumentar la densidad de otros materiales, donde ayuda a controlar la presencia de presiones a prevenir la entrada de fluidos no deseados; además, su capacidad para absorber la radiación la convierte en un componente esencial en la fabricación de materiales aislantes.

Como parte de las dimensiones de la variable, se define **el diseño de pavimento flexible**, el cual se ejecuta a través de la metodología AASHTO 1993. Para Aguib (2021), este método es empírico, el cual permite tener conocimiento sobre las capas según espesor de las cuales formarán parte del pavimento flexible. Asimismo, Ghanizadeh et al. (2022) indica que el método AASHTO 93 se basa en un parámetro llamado Número Estructural (SN), el cual depende de factores como la carga de tráfico, el nivel de serviciabilidad, tipo de pavimento, CBR de subrasante, entre otros. Quintana, et al. (2020) evidencia que recientes investigaciones demuestran que las nuevas versiones de esta metodología pretenden incluir

información climática como la precipitación, humedad y velocidad del viento en el diseño del pavimento.

No obstante, en la aplicación de un nuevo estabilizador es de suma importancia al mejorar las propiedades de la subrasante y optimizar el diseño del pavimento final. Para Souliman (2020), el uso de estabilizadores para mejorar la subrasante permite reducir de cada capa del pavimento su espesor, lo que reduce el costo de su construcción. Asimismo, Sukumar et al. (2023). Indican que este análisis permite determinar el costo de estabilizar una subrasante con los costos de mantenimiento que trae consigo el no mejorar el suelo, siendo esto último el más complicado. Según Huallpa (2020), un costo unitario incluye los costos de materiales, la mano de obra y los costos de equipos y maquinarias de estabilización.

De tal manera, se planteó la siguiente Hipótesis General (HG): La adición de baritina influirá significativamente en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024. Asimismo, las Hipótesis Específicas (HE) se definen como HE-1. La situación actual de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024; HE-2: La adición de baritina influirá significativamente en el CBR para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024; HE-3: La adición de baritina influirá significativamente en el proctor modificado para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024; HE-4: La adición de baritina influirá significativamente en el análisis granulométrico para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024; HE-5: El porcentaje de la adición de baritina que se emplea en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible sería adecuado.

II. METODOLOGÍA

El tipo de Investigación, según Peñafiel et al. (2023), “la investigación aplicada tiene una intención clara de generalización de las personas que forman parte del ambiente donde se encuentra el problema”. (pág. 77). Para el siguiente estudio, la investigación es aplicada ya que se pretende encontrar una solución a razón de alcanzar mejoras en las propiedades de una subrasante utilizando baritina como adición.

El enfoque de Investigación, de acuerdo a Peñafiel et al. (2023), “el estudio se considera cuantitativo al utilizar datos que se puedan cuantificar”. (pág. 47). La siguiente investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que utilizó datos numéricos y cuantificables para demostrar la hipótesis de estudio.

El nivel de Investigación, Según Sucasaire (2022), “una investigación es de carácter explicativa cuando estudia las causas y efectos que tiene una variable con respecto a otra, ya sea de manera directa o correlacional”. (pág. 138). Esta investigación tiene un nivel explicativo debido a que pretende explicar el comportamiento que tiene la adición de baritina al mezclarse con el suelo natural, a razón de alcanzar mejoras sobre sus propiedades físicas y mecánicas.

El diseño de investigación, según Sucasaire (2022), “la característica principal de una investigación experimental es que en el proceso investigativo se manipulan variables para poder evaluar el efecto que tiene una en otra”. (pág. 29). Para esta investigación, se manipuló la variable “adición de baritina” para evaluar el efecto que tiene en la variable “propiedades mecánicas” y físicas” de la subrasante, utilizando parámetros estipulados a través del Manual de Suelos y Pavimentos.

Dentro del grupo de variables se encuentra la variable dependiente, constituido por el pavimento flexible (subrasante), la cual lleva por definición conceptual, para Aguib (2021), el diseño de pavimento flexible es un método netamente empírico, el cual permite el conocimiento de cada espesor de capa que formó parte del pavimento flexible. (pág. 8). Por definición operacional, de acuerdo con Hassani (2020), el diseño del pavimento flexible cumple con los requerimientos de la metodología AASHTO 93 con la adición de baritina. (pág. 2). Dentro de las dimensiones de esta variable se encuentra el estudio de tráfico, la mecánica de suelos y el poder analizar las propiedades mecánicas de la subrasante. Por indicadores se encuentra el IMDA, IMDS y ESALS; las propiedades físicas que son el análisis granulométrico, el índice

de plasticidad (Límite líquido y límite plástico), el CBR, y el ensayo de compactación Proctor. Considerando la razón por escala de medición.

Para la variable independiente se contempla la Baritina, que lleva por definición conceptual; según Huañec (2020), la baritina (barita) o sulfato de bario es un mineral producto de la extracción minera, sus aplicaciones se limitan a recubrimiento en paredes expuestas a rayos X o en perforaciones petroleras. (pág. 20). Por definición operacional, para Carter (2020), la adición de la baritina mejora en la subrasante sus propiedades para la realización del diseño de pavimento flexible. (pág. 23). Por dimensiones comprende la adición de Baritina a las propiedades mecánicas de la subrasante en 10%, 15% y 20%; y el diseño de pavimento flexible. Teniendo por indicadores el ensayo de compactación Proctor con 10%, 15% y 20% (Laboratorio); CBR con 10%, 15% y 20% (Laboratorio) y el valor óptimo de baritina en la Subrasante. Considerando por escala de medición de razón.

La población, para Covinos y Arias (2020), “es la totalidad de los elementos de estudio, el cual se delimita por el investigador según la definición formulada en el estudio”. (pág. 112). Para la presente investigación, la población estuvo conformada por 2 km del distrito de Jicamarca, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

La muestra, para Covinos y Arias (2020), “la importancia de delimitar la muestra nos ayudó a seguir los objetivos y la problemática planteada, asimismo, la muestra se entiende como un subgrupo representativo de la población que se perfila a la problemática”. (pág. 113). Para el presente estudio, la muestra estuvo delimitada por el número de exploraciones o calicatas realizadas en la población. La Av. San Martín, del Distrito de Jicamarca, a nivel de subrasante se considera como una de las carreteras de 3ra Clase, con un IMDA entre 400-201 veh/día. Por lo que el número de exploraciones fueron 2 calicatas por km, siguiendo las delimitaciones del Manual de Suelos y Pavimentos. Sin embargo, se tomó como mínimo realizar 3 calicatas como parte de las limitaciones del investigador. Las calicatas tuvieron una profundidad de 1.50 m a nivel del suelo.

Tabla 1. *Muestra para propiedades mecánicas*

Muestra	Ensayo de Proctor Modificado	Ensayo de CBR	Límites de Plasticidad	Granulometría
C-1	0	0	1	1
C-2	1	1	1	1
C-3	0	0	1	1
C-4	1	1	1	1
Suelo natural +10% de baritina	1	1	1	1
Suelo natural +15% de baritina	1	1	1	1
Suelo natural +20% de baritina	1	1	1	1
Subtotal	5	5	7	7
Total	24			

Nota. En la Tabla 1, se evidencia el total de especímenes de suelo para cada ensayo.

El muestreo, según Sucusaire (2022), “el muestreo permite realizar inferencias de la muestra a través de una prueba de hipótesis”. (pág. 77). Asimismo, según Covinos y Arias (2020), “el muestreo es el paso intermedio entre la población y la muestra”. (pág. 115). Para la investigación, fue un muestreo no probabilístico por conveniencia porque se elige la progresiva de interés para el estudio.

Los criterios de inclusión contemplados en esta investigación, está situada en Jicamarca.

Por criterios de exclusión, fueron las Av. que están paralelas y transversales que no forman parte del estudio.

Dentro de las técnicas e instrumentos de recolección de datos, en primera instancia se toma a las técnicas a razón de ser recolectados los datos, de acuerdo a Urbano (2018), “la recopilación es un requisito para conocer los procedimientos y actividades que el investigador necesita para sustentar su hipótesis”. (pág. 20). Para esta investigación, se utilizaron técnicas como la observación y el análisis documental; la observación fue aplicada a cada ensayo realizado en el laboratorio, así como obtener información importante que sustenten la hipótesis; asimismo, se utilizó esta técnica para calcular el índice de tráfico y seguidamente, el cálculo de espesores del pavimento por medio de la metodología AASHTO 93; el análisis

documental se relaciona con la búsqueda de normativas y manuales en lo cual se sustentan los ensayos y resultados respectivos.

La recolección de datos a través de instrumentos, para Covinos y Arias (2020), “los instrumentos de recolección sirven para identificar las características de la muestra, así como su comportamiento y observaciones que pueden realizarse durante la ejecución de la prueba”. (pág. 106). Los instrumentos que se utilizaron para la investigación son las fichas de laboratorio para cada ensayo correspondiente, brindados por los técnicos del laboratorio donde se ensayaron las muestras; esta información brinda los resultados de cada ensayo, así como las observaciones hechas por el investigador; por otro lado, se utilizó una ficha de estudio de tráfico para determinar el volumen y la cantidad de vehículos para la zona de estudio; asimismo, se utilizó una hoja de Excel para el cálculo de los espesores por medio de la metodología AASHTO 93.

En esta tabla se encuentran los grupos de recolección de datos para cada ensayo.

Tabla 2. *Grupos de recolección de datos*

Anexo	Descripción	
[Ver en anexo 4]	Tablas de recolección de datos para ensayos	Granulométrico Plasticidad Proctor modificado CBR

Como parte del procedimiento de la investigación, se estudió el análisis de la influencia de adición de baritina en el mejoramiento de la subrasante de la Av. San Martín del distrito de Jicamarca a nivel de subrasante. Una vez planteada la muestra, el proceso se expone a continuación en los siguientes puntos:

Primero se realizó la caracterización del suelo natural para las 4 calicatas establecidas a través de los ensayos físicos y mecánicos. Una vez obtenidos los resultados, se efectuó la adición de baritina en las dosificaciones de 10%, 15%, y 20% a razón de ser examinado como repercute en las propiedades físicas y mecánicas con las adiciones. De este ítem se obtuvo cual es la dosificación óptima de baritina.

Segundo, se realizó el estudio de tráfico en Jicamarca. Dicho estudio es realizado por los investigadores en el tiempo que se establece la normativa del Manual de Carreteras.

Luego de obtener los resultados, se realizó el diseño del pavimento flexible con la metodología AASHTO 93, utilizando los valores de CBR y ESAL, junto con otros parámetros.

Posteriormente, se realizó un análisis comparativo entre los costos de estabilizar la subrasante con baritina para los diferentes porcentajes.

Dentro de los métodos para el análisis de datos obtenidos, se evaluó la adición de baritina en todas las dosificaciones en la muestra de suelo, para determinar cuál es la influencia del estabilizador en el mejoramiento de las propiedades mecánicas. Para este ítem, se tuvo en cuenta gráficos y tablas en Excel que permitan mostrar la comparación. Asimismo, los resultados se analizaron de acuerdo a los lineamientos del Manual de Suelos y Pavimentos y el Manual de Ensayos del MTC.

Al contar con los aspectos éticos, el autor del estudio cumple con las pautas éticas del Código de Ética de la Universidad César Vallejo donde se rige por la integridad de cada labor de estudio científico y gestión, la honradez intelectual en todos los aspectos que se implique el estudio, la objetividad e imparcialidad de cómo se relacione laboral como profesional, la veracidad, justicia y responsabilidad por el cual se realice y difunda cada resultado que se llegue a obtener por este medio sea cierto, la transparencia que se sostiene en actuar de ninguna forma confirme de interés al declarar, autonomía donde cada individuo participante del estudio fue libre de su retirada o participación de estos en el momento que lo crean debido. Se cuida y respeta a la naturaleza e integridad humana sin hechos que afecten a ello. De igual forma se respeta intelectualmente los derechos de citación de cada autor nacional e internacional según normativa ISO 690, salvaguardando la información recolectada de manera segura; por último, el estudio fue autónomo garantizando la no existencia de un alto índice de plagio que será corroborada con la herramienta antiplagio Turnitin para verificar autenticidad.

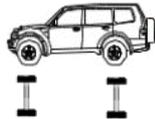
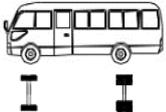
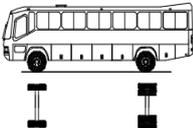
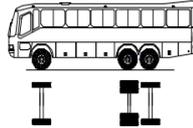
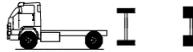
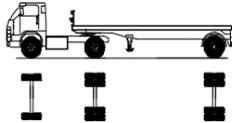
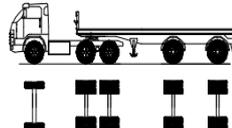
III. RESULTADOS

Del objetivo específico (OE1): Determinar la situación actual de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.

Estudio de tráfico

Respecto al primer objetivo, se realizó el estudio de tráfico a la Av. San Martín, Jicamarca.

Tabla 3. *Conteo vehicular e Índice Medio Diario Semanal*

Cod.	Vehículo Gráfico	Conteo							Total	IMDs	%	
		Dir.	D	L	M	M	J	V				S
VHL1_		Ida	8	19	14	16	13	15	13	98	28	50.00%
		Vue.	9	18	16	15	11	14	12	95		49.22%
VHL2_		Ida	2	3	1	2	1	2	3	14	4	53.85%
		Vue.	1	2	2	1	3	2	1	12		46.15%
B2_		Ida	3	8	7	8	9	6	4	45	13	52.94%
		Vue.	2	7	6	6	8	6	5	40		47.06%
B3_1		Ida	1	2	3	2	3	2	2	14	5	48.28%
		Vue.	1	2	3	3	2	2	2	15		51.72%
_C2		Ida	3	5	4	5	4	5	4	30	8	53.57%
		Vue.	3	4	3	4	5	3	3	26		46.43%
T2S1		Ida	1	0	1	0	1	0	0	3	1	50.00%
		Vue.	1	0	1	0	1	0	0	3		50.00%
T3Se2		Ida	0	0	1	0	0	0	0	0	1	50.00%
		Vue.	0	0	1	0	0	0	0	0		50.00%
Total			35	70	63	62	60	58	49	395	6	

En la tabla se observa el conteo vehicular de 7 días consecutivos en la Av. San Martín iniciando el día domingo y finalizando el sábado, donde los días con mayor presencia de flujo vehicular es el lunes con un conteo de 70 veh/día y que el día con menor flujo vehicular es el sábado con un valor de 49 veh/día.

$$\#EE = 365 * \left(\sum f. IMDA \right) * Fd * Fc * Fca$$

Se determinó el número correspondiente al diseño vial de 441,047 para tener en cuenta a fin de ser calculados los espesores del pavimento flexible. Además, en conformidad al cuadro 12.17 del Manual del MTC se requiere por espesor de Carpeta Asfáltica 5cm y de base granular 15 cm. Dado que, de acuerdo a los EE, podemos determinar que nos encontramos en el rango de tráfico TP₂.

Análisis granulométrico

Se llevaron a cabo pruebas a las muestras extraídas de las C-1, C-2, C-3 y C-4 siguiendo el protocolo especificado en la normativa ASTM D422 y a través del MTCE107. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de tamaño de partículas realizados en el laboratorio.

Tabla 4. Granulometría por tamizado de muestras

Tamiz	Abertura (mm)	C-1 M-1		C-2 M-1		C-3 M-1		C-4 M-1	
		P. Ret. (g)	Pasa (%)						
3"	75.000	--	100.0	--	100.0	--	100.0	--	100.0
2"	50.000	--	100.0	477.9	75.8	207.0	89.7	--	100.0
1 1/2"	37.500	199.9	89.9	91.4	71.2	126.9	83.4	266.2	82.5
1"	25.000	217.3	78.8	104.6	65.9	148.5	76.1	190.5	70.0
3/4"	19.000	117.1	72.9	28.9	64.5	39.5	74.1	80.6	64.7
3/8"	9.500	261.0	59.6	181.8	55.3	354.4	56.5	198.3	51.7
Nº 4	4.750	221.0	48.4	159.6	47.2	332.9	40.0	155.4	41.5
Nº 10	2.000	181.6	39.2	206.9	36.7	221.8	29.0	100.2	34.9
Nº 20	0.850	282.5	24.8	292.0	22.0	173.3	20.4	95.0	28.7
Nº 40	0.425	231.5	13.1	217.9	10.9	119.7	14.5	169.4	17.6
Nº 60	0.250	105.4	7.7	85.4	6.6	81.4	10.5	150.7	7.7

N° 140	0.106	73.3	4.0	75.7	2.8	91.4	5.9	50.4	4.4
N° 200	0.075	11.0	3.4	11.4	2.2	20.8	4.9	10.0	3.7
-200.00		67.8	0.0	44.0	0.0	99.1	0.0	56.5	0.0

Los resultados de estos ensayos revelan que el suelo en la zona de estudio está compuesto principalmente por gravas, con menor presencia de arenas. No obstante, en las muestras obtenidas de la C-3 y 4, se encontró una mayor cantidad de gravas predominantes.

Asimismo, las muestras extraídas de las calicatas fueron sometidas a pruebas para determinar las características correspondientes del suelo.

Tabla 5. *Caracterización de las muestras de subrasante*

Caracterización	C-1	C-2	C-3	C-4
Muestra	M-1	M-2	M-3	M-4
SUCS	GP	GP	GW	GP
AASHTO	A-1-a (0)			
Índice de plasticidad	NP			
% de gravas	51.6	52.8	60.0	58.5
% de arenas	45.0	45.0	35.1	37.8
% de finos	3.4	2.2	4.9	3.7
% de humedad	1.4	2.2	1.6	1.5

La información de la tabla denota que las muestras de suelo analizadas carecen de plasticidad, dado que no tienen un índice de plasticidad, este resultado es consistente con el tipo de suelo predominante en la zona de estudio, que está compuesto mayoritariamente de grava. Una vez establecidas la granulometría y la plasticidad de los suelos, las muestras obtenidas de las C-1, 2, 3 y 4 fueron clasificadas según las normas de la AASHTO y el SUCS. La clasificación de suelos identificados en las muestras fue principalmente grava bien gradada en la calicata 3. Sin embargo, también se encontraron grava pobremente gradada en las C-1, 2 y 4.

Análisis estadístico del contenido humedad

Tabla 6. Prueba de normalidad del contenido de humedad

	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Contenido de humedad (%)	C-1	0,993	3	0,843
	C-2	0,991	3	0,817
	C-3	0,999	3	0,952
	C-4	0,997	3	0,895

Al analizar la Tabla 6, es evidenciado que al aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a las muestras, el valor de significancia supera el umbral crítico de 0.05; esto sugiere que los datos de cada calicata presentan una distribución normal; por ello se empleó la prueba ANOVA para contrastar la hipótesis.

Tabla 7. Prueba ANOVA del contenido de humedad

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,079	3	0,360	21,131	0,000
Dentro de grupos	0,136	8	0,017		
Total	1,215	11			

Al analizar la Tabla 7, es evidenciado que al aplicar la prueba ANOVA a los tratamientos, el valor de significancia es 0.000, lo cual es inferior al umbral de 0.05; indicativo de que existen diferencias significativas entre al menos uno de las calicatas; dado ello es rechazada la hipótesis nula que sostuvo que no hay diferencias significativas en el contenido de humedad entre las calicatas.

CBR y Proctor modificado

Tabla 8. Resultados del ensayo CBR y Proctor Modificado a la muestra de suelo natural

Muestra de suelo natural	MDS	Penetración	CBR	Máxima densidad seca (g/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)

C-2	100%	0.1"	85.78	2.310	6.90
	95%		56.50		
	100%	0.2"	113.33		
	95%		73.00		
C-4	100%	0.1"	90.06	2.334	6.70
	95%		60.0		
	100%	0.2"	116.67		
	95%		77.00		

A través de la tabla se identificó que la muestra más desfavorable es la de la calicata 2, debido a su mayor contenido de humedad, menor densidad seca máxima y bajo valor de CBR. Por este motivo, se decidió llevar a cabo ensayos de análisis granulométrico, Proctor Modificado y CBR, añadiendo baritina en proporciones del 10%, 15% y 20%.

A partir de los resultados presentados en las tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 9 podemos afirmar que la hipótesis **HE1**: La situación actual de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024, no sería la adecuada.

Del objetivo específico (OE2): Determinar la influencia de la incorporación de baritina en el CBR para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.

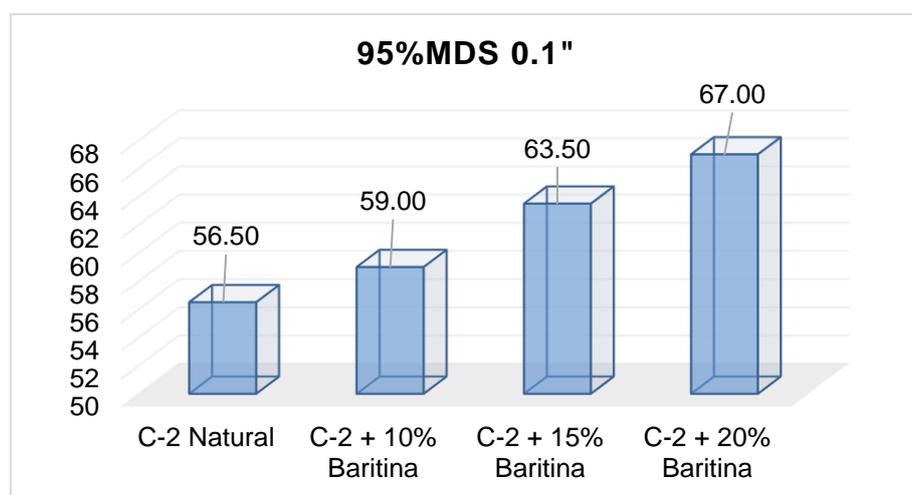


Figura 1. CBR al 95% de MDS (%) 0.1" de suelo natural y con baritina

Se halló el comportamiento más elevado en el ensayo de CBR al 95% MDS 0.1” con la adición de baritina en 20% superando al valor del suelo natural, siendo un material influyente en el CBR del suelo natural.

Análisis estadístico del CBR 95% MDS (%) 0.1”

Tabla 9. *Prueba de normalidad del CBR 95% MDS (%) 0.1”*

CBR 95%	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
MDS (%) 0.1”	C-2 Natural	0,992	3	0,828
	C-2 Natural + 10%Baritina	0,993	3	0,836
	C-2 Natural + 15%Baritina	0,827	3	0,182
	C-2 Natural + 20%Baritina	0,997	3	0,895

Al analizar la Tabla 9, es evidenciado que al aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a las muestras, el valor de significancia supera el umbral crítico de 0.05; esto sugiere que los datos de cada suelo presentan una distribución normal; por ello se empleó la prueba ANOVA para contrastar la hipótesis.

Tabla 10. *Prueba ANOVA del CBR 95% MDS (%) 0.1”*

CBR 95%	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	189,868	3	63,289	3,576	0,066
Dentro de grupos	141,600	8	17,700		
Total	331,469	11			

Al analizar la Tabla 10, es evidenciado que al aplicar la prueba ANOVA a los tratamientos, el valor de significancia es 0.000, lo cual es superior al umbral de 0.05; siendo rechazada la hipótesis alterna de que la baritina genera cambios en la CBR 95% MDS (%) 0.1” del suelo natural de subrasante.

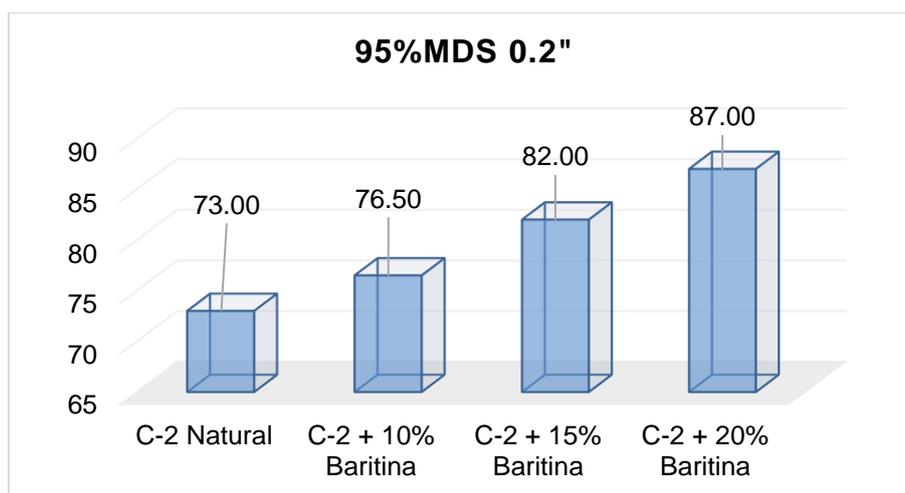


Figura 2. CBR al 95% de MDS (%) 0.2" de suelo natural y con baritina

Se halló el comportamiento más elevado en el ensayo de CBR al 95% MDS 0.2" con la adición de baritina en 20% superando al valor del suelo natural, siendo un material influyente en el CBR del suelo natural.

Análisis estadístico del el CBR 95% MDS (%) 0.2"

Tabla 11. Prueba de normalidad del CBR 95% MDS (%) 0.2"

CBR 95%	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
MDS (%) 0.2"	C-2 Natural	0,985	3	0,767
	C-2 Natural + 10%Baritina	1,000	3	0,992
	C-2 Natural + 15%Baritina	0,954	3	0,587
	C-2 Natural + 20%Baritina	0,997	3	0,895

Al analizar la Tabla 11, es evidenciado que al aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a las muestras, el valor de significancia supera el umbral crítico de 0.05; esto sugiere que los datos de cada suelo presentan una distribución normal; por ello se empleó la prueba ANOVA para contrastar la hipótesis.

Tabla 12. Prueba ANOVA del CBR 95% MDS (%) 0.2"

CBR 95%	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	319,431	3	106,477	3,777	0,059

Dentro de grupos	225,500	8	28,187
Total	544,931	11	

Al analizar la Tabla 12, es evidenciado que al aplicar la prueba ANOVA a los tratamientos, el valor de significancia es 0.000, lo cual es superior al umbral de 0.05; siendo rechazada la hipótesis alterna de que la baritina genera cambios en la CBR 95% MDS (%) 0.2" del suelo natural de subrasante.

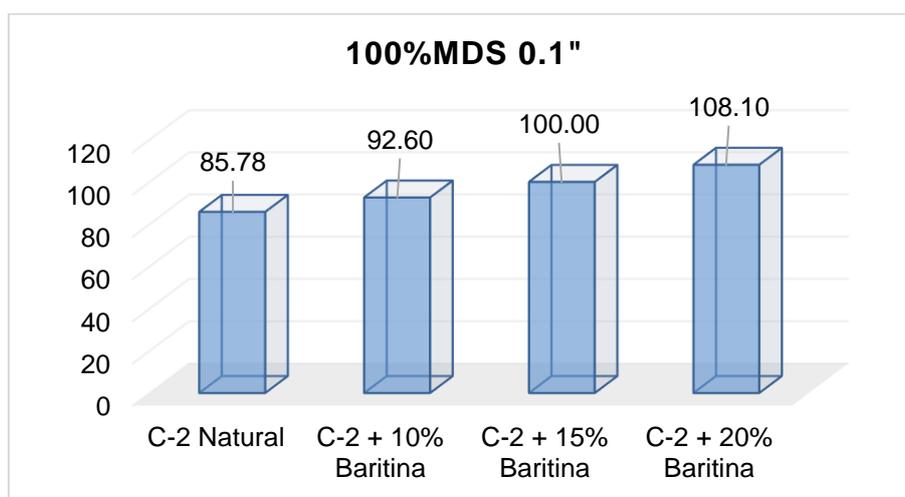


Figura 3. CBR al 100% de MDS (%) 0.1" de suelo natural y con baritina

Se halló el comportamiento más elevado en el ensayo de CBR al 100% MDS 0.1" con la adición de baritina en 20% superando al valor del suelo natural, siendo un material influyente en el CBR del suelo natural.

Análisis estadístico del el CBR 100% MDS (%) 0.1"

Tabla 13. Prueba de normalidad del CBR 100% MDS (%) 0.1"

CBR 100%	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
MDS (%) 0.1"	C-2 Natural	0,960	3	0,615
	C-2 Natural + 10%Baritina	0,992	3	0,829
	C-2 Natural + 15%Baritina	0,969	3	0,664
	C-2 Natural + 20%Baritina	0,997	3	0,895

Al analizar la Tabla 13, es evidenciado que al aplicar la prueba de normalidad de

Shapiro-Wilk a las muestras, el valor de significancia supera el umbral crítico de 0.05; esto sugiere que los datos de cada suelo presentan una distribución normal; por ello se empleó la prueba ANOVA para contrastar la hipótesis.

Tabla 14. Prueba ANOVA del CBR 100% MDS (%) 0.1”

CBR 100%	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	786,866	3	262,289	5,879	0,020
Dentro de grupos	356,896	8	44,612		
Total	1143,762	11			

Al analizar la Tabla 14, es evidenciado que al aplicar la prueba ANOVA a los tratamientos, el valor de significancia es 0.000, lo cual es inferior al umbral de 0.05; indicativo de que existe influencia significativa de la baritina entre al menos uno de las muestras; dado ello es rechazada la hipótesis nula que sostuvo que no hay diferencias significativas en el CBR 100% MDS (%) 0.1” de las muestras de suelo.

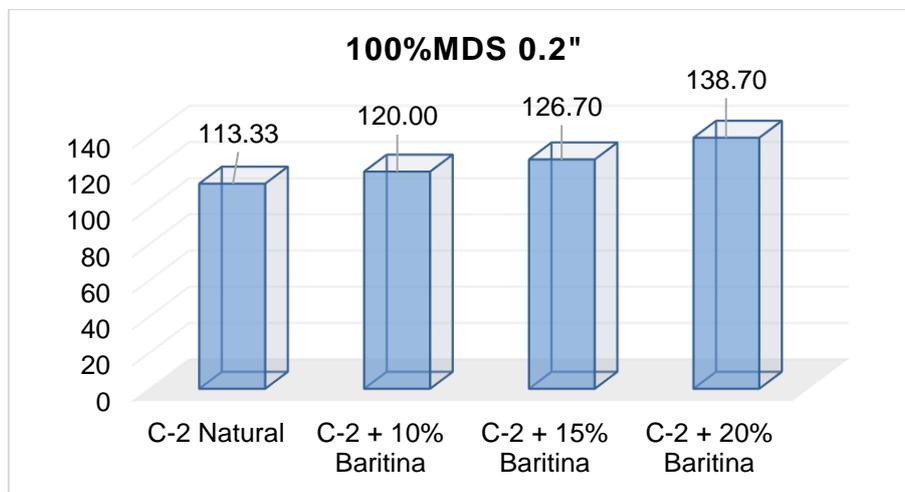


Figura 4. CBR al 100% de MDS (%) 0.2” de suelo natural y con baritina

Se halló el comportamiento más elevado en el ensayo de CBR al 100% MDS 0.2” con la adición de baritina en 20% superando al valor del suelo natural, siendo un material influyente en el CBR del suelo natural.

Análisis estadístico del el CBR 100% MDS (%) 0.2”

Tabla 15. Prueba de normalidad del CBR 100% MDS (%) 0.2”

CBR 100%	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
MDS (%) 0.2”	C-2 Natural	0,972	3	0,678
	C-2 Natural + 10%Baritina	0,999	3	0,949
	C-2 Natural + 15%Baritina	0,853	3	0,248
	C-2 Natural + 20%Baritina	0,997	3	0,895

Al analizar la Tabla 15, es evidenciado que al aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a las muestras, el valor de significancia supera el umbral crítico de 0.05; esto sugiere que los datos de cada suelo presentan una distribución normal; por ello se empleó la prueba ANOVA para contrastar la hipótesis.

Tabla 16. Prueba ANOVA del CBR 100% MDS (%) 0.2”

CBR 100%	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	995,514	3	331,838	5,325	0,026
Dentro de grupos	498,523	8	62,315		
Total	1494,037	11			

Al analizar la Tabla 16, es evidenciado que al aplicar la prueba ANOVA a los tratamientos, el valor de significancia es 0.000, lo cual es inferior al umbral de 0.05; indicativo de que existe influencia significativa de la baritina entre al menos uno de las muestras; dado ello es rechazada la hipótesis nula que sostuvo que no hay diferencias significativas en el CBR 100% MDS (%) 0.1” de las muestras de suelo.

Por los resultados presentados en las figuras 1, 2, 3 y 4, y en las tablas 13, 14, 15 y 16 podemos afirmar la hipótesis **HE2**: La adición de baritina influirá significativamente en el CBR para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.

Del objetivo específico (OE3): Determinar la influencia de la incorporación de baritina en el proctor modificado para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.

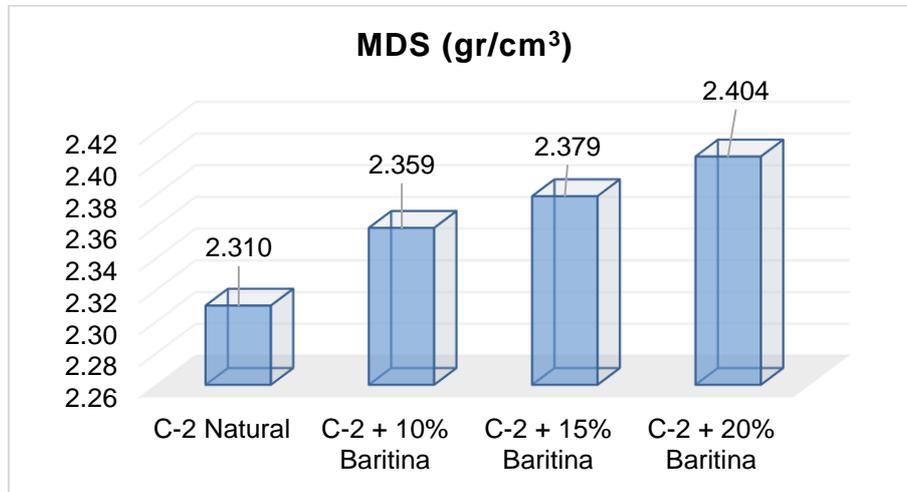


Figura 5. Máxima densidad seca (MDS) de suelo natural y con baritina

Se halló el comportamiento más elevado en el ensayo de Proctor Modificado de la MDS con la adición de baritina en 20% superando al valor del suelo natural, donde el aumento de la MDS es indicativo de características mejoradas de resistencia del suelo.

Análisis estadístico de la MDS

Tabla 17. Prueba de normalidad de la MDS

MDS	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
g/cm ³	C-2 Natural	0,985	3	0,766
	C-2 Natural + 10%Baritina	0,999	3	0,948
	C-2 Natural + 15%Baritina	0,999	3	0,952
	C-2 Natural + 20%Baritina	0,997	3	0,895

Al analizar la Tabla 17, es evidenciado que al aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a las muestras, el valor de significancia supera el umbral crítico de 0.05; esto sugiere que los datos de cada suelo presentan una distribución normal; por ello se empleó la prueba ANOVA para contrastar la hipótesis.

Tabla 18. Prueba ANOVA de la MDS

MDS	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,011	3	0,004	0,128	0,941
Dentro de grupos	0,226	8	0,028		
Total	0,237	11			

Al analizar la Tabla 18, es evidenciado que al aplicar la prueba ANOVA a los tratamientos, el valor de significancia es 0.000, lo cual es superior al umbral de 0.05; siendo rechazada la hipótesis alterna de que la baritina genera cambios en la MDS del suelo natural de subrasante.

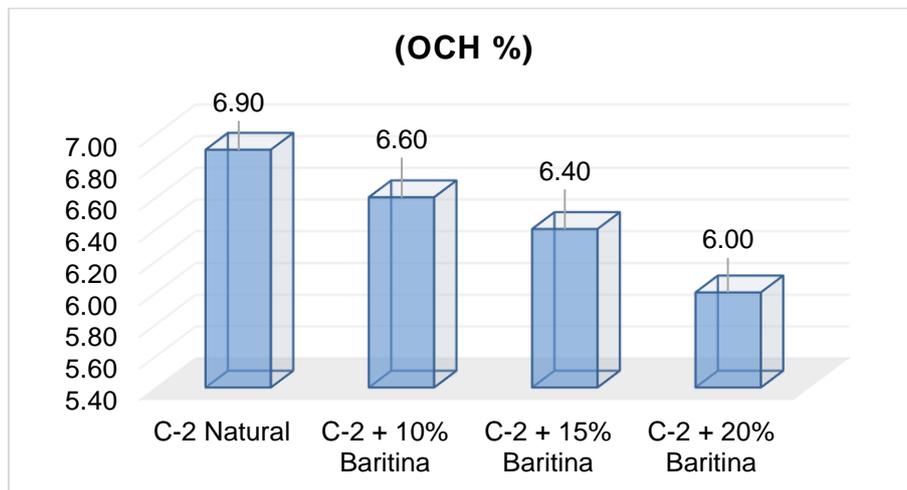


Figura 6. Óptimo contenido de humedad (OCH) de suelo natural y con baritina

Se evidenció un mejor comportamiento en el ensayo de Proctor Modificado del OCH con la adición de baritina en 20% al disminuir el valor del suelo natural, siendo un material influyente en el OCH.

Análisis estadístico de la MDS

Tabla 19. Prueba de normalidad del OCH

OCH	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
(%)	C-2 Natural	0,993	3	0,843
	C-2 Natural + 10%Baritina	0,991	3	0,817

C-2 Natural + 15%Baritina	0,992	3	0,831
C-2 Natural + 20%Baritina	0,997	3	0,895

Al analizar la Tabla 19, es evidenciado que al aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a las muestras, el valor de significancia supera el umbral crítico de 0.05; esto sugiere que los datos de cada suelo presentan una distribución normal; por ello se empleó la prueba ANOVA para contrastar la hipótesis.

Análisis estadístico del OCH

Tabla 20. Prueba ANOVA del OCH

OCH	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,287	3	0,429	1,612	0,262
Dentro de grupos	2,129	8	0,266		
Total	3,417	11			

Al analizar la Tabla 20, es evidenciado que al aplicar la prueba ANOVA a los tratamientos, el valor de significancia es 0.000, lo cual es superior al umbral de 0.05; siendo rechazada la hipótesis alterna de que la baritina genera cambios en el OCH del suelo natural de subrasante.

Por los resultados presentados en las figuras 5 y 6 podemos afirmar la hipótesis **HE3**: La adición de baritina influirá significativamente en el proctor modificado para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.

Del objetivo específico (OE4): Determinar la influencia de la incorporación de baritina en el análisis granulométrico para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.

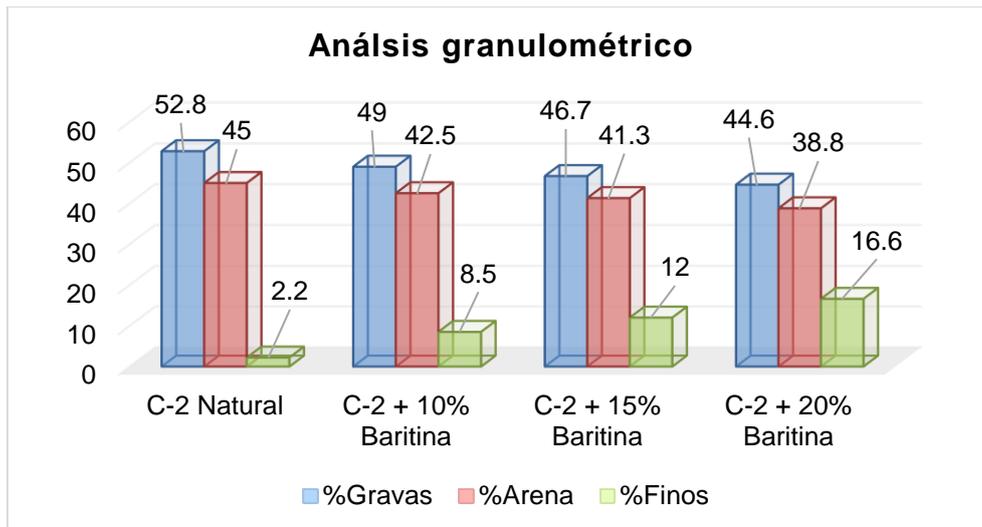


Figura 7. Análisis granulométrico de suelo natural y con baritina

La adición de baritina en 10%, 15% y 20% altera significativamente la composición granulométrica del suelo natural en la C-2, aumentando el contenido de finos y disminuyendo las fracciones de gravas y arena.

Tabla 21. Caracterización de las muestras de suelo natural y con baritina

Caracterización	C-2	C-2+10% de Baritina	C-2+15% de Baritina	C-2+20% de Baritina
SUCS	GP	GP-GM	GP-GM	GM
AASHTO		A-1-a (0)		A-1-b (0)
Índice de plasticidad			NP	
Contenido de humedad (%)	1.4	2.3	2.4	2.4

La adición de baritina en 10%, 15% y 20% altera significativamente las propiedades físicas del suelo natural, especialmente en términos de su clasificación y contenido de humedad, aunque no afecta su plasticidad, caracterizando al suelo de la C-2 como una grava pobremente gradada, al suelo con 10% y 15% de baritina grava pobremente gradada con limo, y al suelo con 20% de baritina una grava limosa.

Análisis estadístico del contenido de gravas

Tabla 22. Prueba de normalidad del contenido de gravas

C-2	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Contenido de gravas (%)	C-2 Natural	0,969	3	0,663
	C-2 Natural + 10%Baritina	0,997	3	0,890
	C-2 Natural + 15%Baritina	0,982	3	0,741
	C-2 Natural + 20%Baritina	0,997	3	0,894

Al analizar la Tabla 22, es evidenciado que al aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a las muestras, el valor de significancia supera el umbral crítico de 0.05; esto sugiere que los datos de cada suelo presentan una distribución normal; por ello se empleó la prueba ANOVA para contrastar la hipótesis.

Tabla 23. Prueba ANOVA del contenido de gravas

C-2	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	119,961	3	39,987	2,789	0,109
Dentro de grupos	114,684	8	14,336		
Total	234,645	11			

Al analizar la Tabla 23, es evidenciado que al aplicar la prueba ANOVA a los tratamientos, el valor de significancia es 0.000, lo cual es superior al umbral de 0.05; siendo rechazada la hipótesis alterna de que la baritina genera cambios en el contenido de gravas del suelo natural de subrasante.

Análisis estadístico del contenido de arenas

Tabla 24. Prueba de normalidad del contenido de arenas

C-2	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Contenido de arenas (%)	C-2 Natural	0,992	3	0,827
	C-2 Natural + 10%Baritina	0,996	3	0,872
	C-2 Natural + 15%Baritina	0,993	3	0,845
	C-2 Natural + 20%Baritina	0,997	3	0,897

Al analizar la Tabla 24, es evidenciado que al aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a las muestras, el valor de significancia supera el umbral crítico de 0.05; esto sugiere que los datos de cada suelo presentan una distribución normal; por ello se empleó la prueba ANOVA para contrastar la hipótesis.

Tabla 25. Prueba ANOVA del contenido de arenas

C-2	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	61,750	3	20,583	1,936	0,202
Dentro de grupos	85,065	8	10,633		
Total	146,814	11			

Al analizar la Tabla 25, es evidenciado que al aplicar la prueba ANOVA a los tratamientos, el valor de significancia es 0.000, lo cual es superior al umbral de 0.05; siendo rechazada la hipótesis alterna de que la baritina genera cambios en el contenido de arenas del suelo natural de subrasante.

Análisis estadístico del contenido de finos

Tabla 26. Prueba de normalidad del contenido de finos

C-2	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Contenido de finos (%)	C-2 Natural	0,876	3	0,312
	C-2 Natural + 10%Baritina	0,990	3	0,811
	C-2 Natural + 15%Baritina	0,950	3	0,571
	C-2 Natural + 20%Baritina	0,997	3	0,896

Al analizar la Tabla 26, es evidenciado que al aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a las muestras, el valor de significancia supera el umbral crítico de 0.05; esto sugiere que los datos de cada suelo presentan una distribución normal; por ello se empleó la prueba ANOVA para contrastar la hipótesis.

Tabla 27. Prueba ANOVA del contenido de finos

C-2	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	337,209	3	112,403	113,875	0,000
Dentro de grupos	7,897	8	0,987		
Total	345,106	11			

Al analizar la Tabla 27, es evidenciado que al aplicar la prueba ANOVA a los tratamientos, el valor de significancia es 0.000, lo cual es inferior al umbral de 0.05; indicativo de que existe influencia significativa de la baritina entre al menos uno de las muestras; dado ello es rechazada la hipótesis nula que sostuvo que no hay diferencias significativas en el contenido de finos de las muestras de suelo.

Por los resultados presentados en la figura 7 y en las tablas 21 y 27 podemos afirmar la hipótesis **HE4**: La adición de baritina influirá significativamente en el análisis granulométrico para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.

Del objetivo específico (OE5): Determinar los porcentajes de adición de baritina que se emplea para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible.

Se ha considerado para el diseño del pavimento por criterios de diseño:

Símbolo	Concepto
n	Periodo de Diseño
R	Nivel de Confiabilidad
ZR	Desviación Standard Normal
So	Error Standard en la Predicción del tráfico y la performance
MR	Módulo de Resiliencia Efectivo de la Subrasante
Po	Índice de Serviciabilidad Inicial
Pt	Índice de Serviciabilidad Final
Δ PSI	Pérdida del Índice de Serviciabilidad
SN	Número Estructural
W18	Número de Repeticiones de Carga del Eje Equivalente (8.2 Tn)

A fin de ser calculado el Módulo de Resiliencia (MR) se empleó por fórmula en relación al CBR:

$$MR = 2555 * CBR^{0.65}$$

Los valores de CBR para los 4 diseños fueron:

Tabla 28. Valores del MR para los 4 diseños

Muestra	CBR	Módulo de Resiliencia
Suelo natural	56.5	35,174.05
Suelo + 10% de Baritina	59.0	36,178.01
Suelo + 15% de Baritina	63.5	37,948.43
Suelo + 20% de Baritina	67.0	39,295.20

De las 4 muestras de suelo, una en estado natural y las otras con el uso de baritina, evidencia un valor superior del MR a diferencia del suelo natural.

Tabla 29. Criterios de diseño del pavimento flexible con suelo sin y con baritina

Criterios	Suelo natural	Suelo + 10% de Baritina	Suelo + 15% de Baritina	Suelo + 20% de Baritina
n (años)	10	10	10	10
ESAL W ₁₈	441047	441047	441047	441047
MR	35,174.05	36,178.01	37,948.43	39,295.20
R (%)	75	75	75	75
Zr	-0.674	-0.674	-0.674	-0.674
So	0.45	0.45	0.45	0.45
Po	3.8	3.8	3.8	3.8
Pt	2.0	2.0	2.0	2.0
ΔPSI	1.8	1.8	1.8	1.8
SN	1.48	1.46	1.44	1.41

En la tabla 29 se evidencian los criterios para el diseño del pavimento flexible, dónde el valor de ESAL del conteo vehicular previo fue 441,047. De igual forma se tomó en consideración valores para el MR anteriormente calculados, la confiabilidad fue del 75% para el diseño, bajo el coeficiente estadístico de -0.674. De igual forma se tomó por valor de desviación estándar recomendado por el manual MTC de 0.45, teniendo por valor de 3.8 para serviciabilidad inicial, 2.0 para la serviciabilidad final y 1.8 para la variación de esta. Asimismo, el valor de número estructural respecto al diseño del pavimento sobre suelo natural fue 1.48, para suelo con baritina en 10% un SN de 1.46, para suelo con baritina en 15% un SN de 1.435, y para suelo con baritina en 20% un SN de 1.41.

Tabla 30. *Espesores del pavimento flexible con suelo sin baritina*

Espesores propuestos (cm)		Coefficiente Estructural	Coefficiente de Drenaje	Número Estructural Real SN			
Carpeta Asfáltica (D ₁)	5.0	(a ₁)	0.170		SN1	0.850	
Base granular (D ₂)	15.0	(a ₂)	0.052	(m ²)	1	SN2	0.780
Sub-Base granular (D ₂)	0.0	(a ₃)	0.047	(m ³)	1	SN3	0.000
Espesor Total		20.0		1.630			

Tabla 31. *Espesores del pavimento flexible con suelo con baritina en 10%*

Espesores propuestos (cm)		Coefficiente Estructural	Coefficiente de Drenaje	Número Estructural Real SN			
Carpeta Asfáltica (D ₁)	5.0	(a ₁)	0.170		SN1	0.850	
Base granular (D ₂)	15.0	(a ₂)	0.052	(m ²)	1	SN2	0.780
Sub-Base granular (D ₂)	0.0	(a ₃)	0.047	(m ³)	1	SN3	0.000
Espesor Total		20.0		1.630			

Tabla 32. *Espesores del pavimento flexible con suelo con baritina en 15%*

Espesores propuestos (cm)		Coefficiente Estructural	Coefficiente de Drenaje	Número Estructural Real SN			
Carpeta Asfáltica (D ₁)	5.0	(a ₁)	0.170		SN1	0.850	
Base granular (D ₂)	15.0	(a ₂)	0.052	(m ²)	1	SN2	0.780
Sub-Base granular (D ₂)	0.0	(a ₃)	0.047	(m ³)	1	SN3	0.000
Espesor Total		20.0		1.630			

Tabla 33. *Espesores del pavimento flexible con suelo con baritina en 20%*

Espesores propuestos (cm)		Coefficiente Estructural	Coefficiente de Drenaje	Número Estructural Real SN			
Carpeta Asfáltica (D ₁)	5.0	(a ₁)	0.170		SN1	0.850	
Base granular (D ₂)	15.0	(a ₂)	0.052	(m ²)	1	SN2	0.780

Sub-Base granular (D ₂)	0.0	(a3)	0.047	(m ³)	1	SN3	0.000
Espesor Total	20.0						1.630

Tabla 34. Resumen de espesores del pavimento flexible

Pavimento asfáltico, periodo 20 años				
Diseño	Carpeta asfáltica (cm)	Base granular (cm)	Subbase granular (cm)	Espesor total de pavimento
Suelo natural	5.0	15.0	0.0	20.0
Suelo + 10% de Baritina	5.0	15.0	0.0	20.0
Suelo + 15% de Baritina	5.0	15.0	0.0	20.0
Suelo + 20% de Baritina	5.0	15.0	0.0	20.0

Después de realizar los 4 diseños del pavimento flexible bajo la metodología AASHTO 93 se determinó que la adición de baritina en diferentes porcentajes al suelo no afecta el diseño de los espesores del pavimento flexible inicial.

Por los resultados presentados en las tablas 31, 32, 33 y 34 podemos rechazar la hipótesis **HE5**: El porcentaje de la adición baritina que se emplea en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible sería adecuado.

Del Objetivo General: Determinar la influencia de la incorporación de baritina en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.

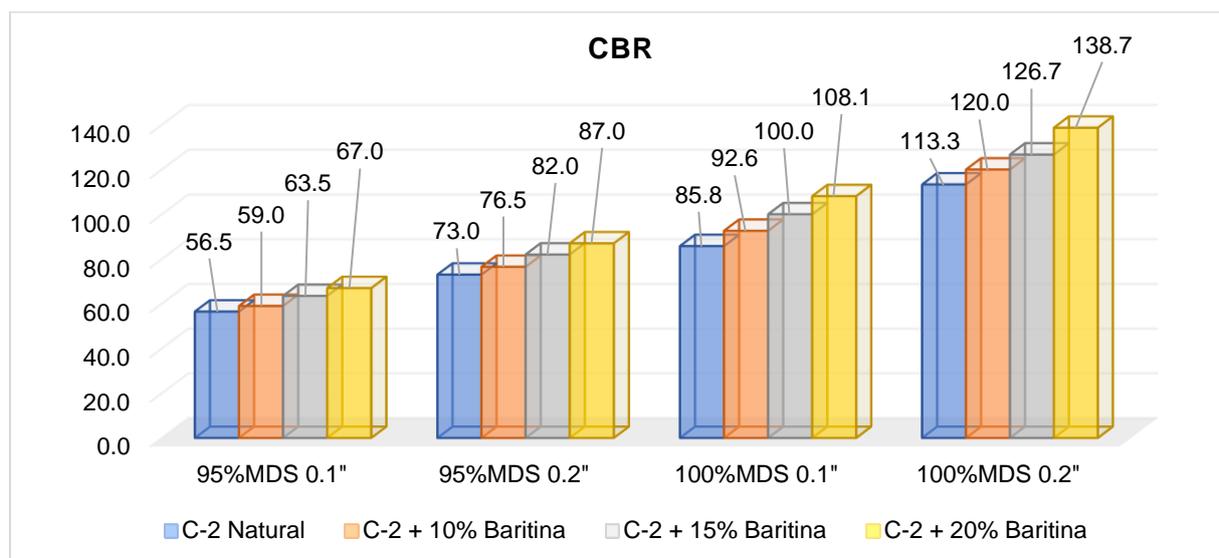


Figura 8. CBR de suelo natural y con baritina

A través de la figura se evidencia que la adición de baritina al suelo C-2 mejoró

significativamente su comportamiento bajo diferentes condiciones de compactación y deformación. Los datos muestran un incremento consistente en los valores de resistencia tanto para el 95% de la MDS como para el 100% de la MDS, y para deformaciones de 0.1" y 0.2"

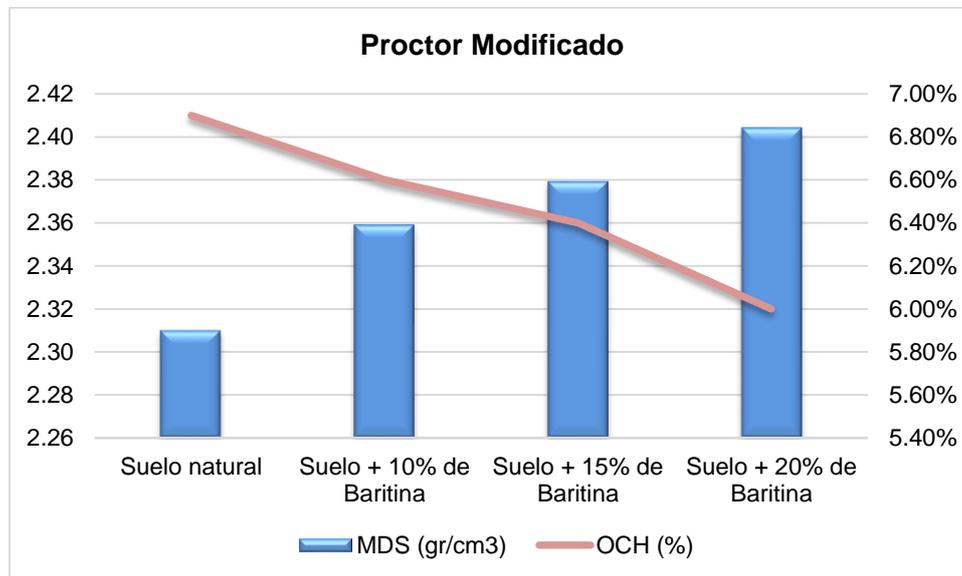


Figura 9. Proctor Modificado de suelo natural y con baritina

En la figura se evidencia que la adición de baritina al suelo no solo incrementa la densidad máxima seca, mejorando su capacidad de carga, sino que también reduce el contenido de humedad óptimo, lo que puede facilitar su compactación y estabilidad en condiciones diversas.

Por los resultados presentados en las figuras 8 y 9 podemos afirmar la hipótesis general **HG**: La adición de baritina influirá significativamente en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.

IV. DISCUSIÓN

Para Loyola y Carruitero (2022) en su investigación evidencia que el suelo natural de subrasante se caracterizó por ser un suelo contenido con grava, arena y finos en 0%, 96.7% y 3.3% respectivamente, no presentando índice de plasticidad y clasificando al suelo según SUCS como SP y según AASHTO como 1-3 denominado arena mal graduada; además presentó un CBR al 100% MDS 0.1" en 8% y CBR al 100% MDS 0.2" en 8.5% con una MDS de 1.585% y OCH en 6.5%. Esto tuvo discrepancia con nuestra investigación, dado que el suelo natural analizado presentó un contenido de grava, arena y finos en 52.8%, 45% y 2.2% respectivamente, no presentando índice de plasticidad y clasificando al suelo según SUCS como GP y según AASHTO como A-1-a (0) denominado GRAVA pobremente graduada; además presentó un CBR al 100% MDS 0.1" en 85.78% y CBR al 100% MDS 0.2" en 113.33% con una MDS de 2.310% y OCH en 6.9%.

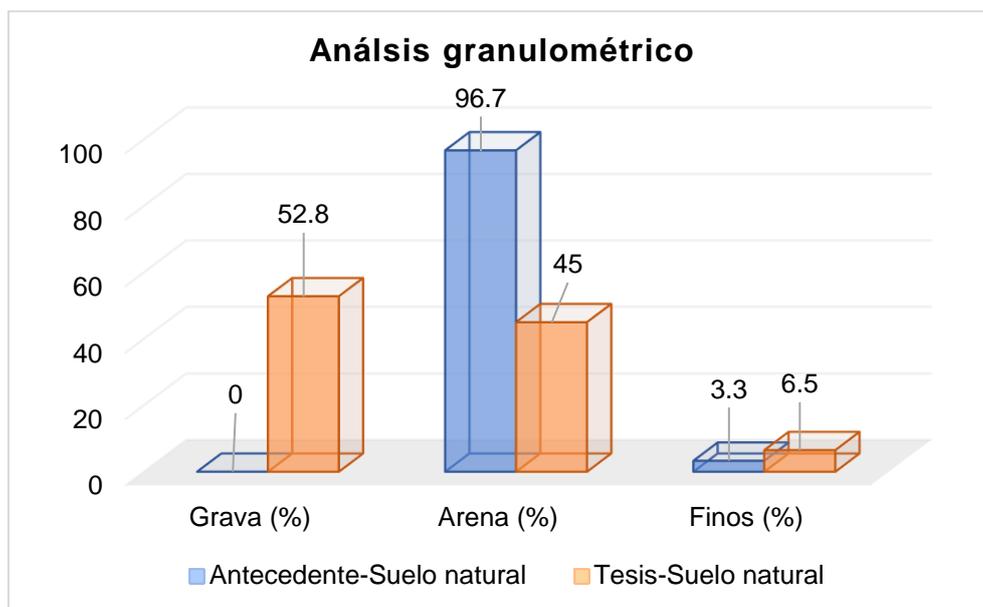


Figura 10. Confrontación de resultados del análisis del suelo natural entre el antecedente y los obtenidos en la investigación

La Figura 10 evidencia que nuestra investigación presenta un suelo conformado por grava y arena con una menor proporción de partículas finas, donde esto difiere con el autor citado, al tener una composición diferente, donde el suelo es predominantemente arenoso con muy pocas partículas finas y ninguna partícula gruesa (grava).

Según Cotrina (2023) en su investigación evidencia que el suelo natural de subrasante con baritina al 5%, 10% y 15% si supera significativamente el valor patrón de CBR, mejorando la calidad de soporte del suelo, donde el autor denota que con los porcentajes añadidos de baritina incrementa el CBR. Esto también guarda relación con nuestra investigación al evidenciar un incremento del CBR del suelo natural con los porcentajes de baritina, evidenciado en las figuras 1, 2, 3 y 4.

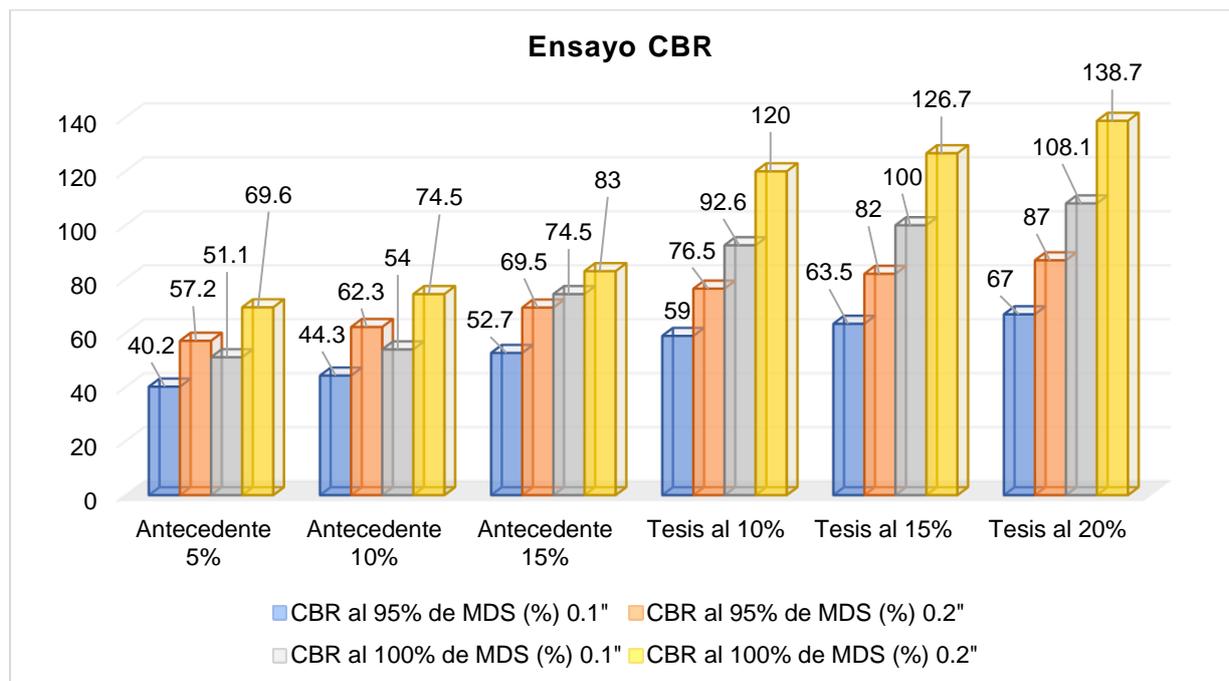


Figura 11. Confrontación de resultados de CBR entre el antecedente y los obtenidos en la investigación

En la Figura 11, de nuestra investigación, podemos observar los hallazgos que hemos adquirido en el laboratorio, lo cual nos ha permitido examinar los datos y representarlos visualmente en gráficos, para contrastar con los resultados mencionados por parte del autor en mención.

Para el autor los resultados alcanzados fueron positivos dado que el CBR alcanzado con el uso del 5%, 10% y 15% de baritina respecto al CBR al 100% de MDS en 0.2" fueron 69.6%, 74.5% y 93%. De acuerdo a los resultados alcanzados por medio de nuestra investigación el uso del 10%, 15% y 20% de baritina incrementa el CBR respecto al suelo natural, logrando valores de 120%, 126.7% y 138.7%, denotando también mejoras en la capacidad de soporte del suelo natural de la subrasante.

Por otro lado, Yin et al. (2022) en su investigación evidencia que el suelo natural de

subrasante con ceniza volcánica al 10%, 15% y 20% aumentó la MDS mientras que disminuyó la OCH, mejorando la resistencia del suelo, donde el autor denota que con los porcentajes añadidos de ceniza volcánica incrementa la MDS. Esto también guarda relación con nuestra investigación al evidenciar un incremento de la MDS del suelo natural y una disminución del OCH con los porcentajes de baritina, evidenciado en las figuras 5 y 6.

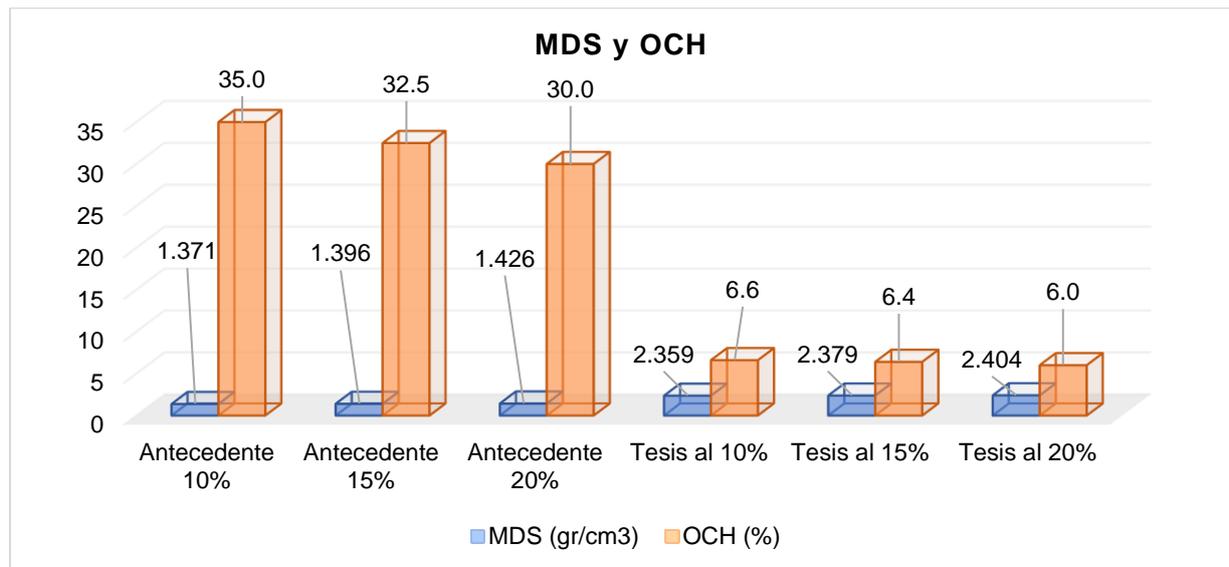


Figura 12. Confrontación de resultados de MDS y OCH entre el antecedente y los obtenidos en la investigación

Nuestra investigación presenta en la Figura 12 los resultados obtenidos en el laboratorio, lo cual ha permitido examinar los datos y graficarlos, para contrastarlos con los resultados del autor citado.

De acuerdo con los autores, el uso de ceniza volcánica en 10%, 15% y 20% aumentó la MDS alcanzando 1.371gr/cm³, 1.396gr/cm³ y 1.3426gr/cm³; mientras que el OCH disminuyó en 35%, 32.5% y 30% respectivamente, donde un aumento gradual de la ceniza de carbón se atribuyó a la menor afinidad de la ceniza por el agua, además, el incremento de la MDS indicó características mejoradas de resistencia del suelo. Esto guardó relación con nuestra investigación, al evidenciar que el uso de baritina en 10%, 15% y 20% incrementó la MDS al evidenciar valores en 2.359gr/cm³, 2.379gr/cm³ y 2.404gr/cm³; a su vez disminuyó el OCH en 6.6%, 6.4% y 6% respectivamente.

Por otro lado, Chavesta y Mora (2022) en su investigación evidencia que el suelo natural de subrasante con ceniza de carbón al 5% y 10%, y ceniza de residuos

agrícolas en 15% no generó variaciones en la clasificación del suelo, ni en su índice de plasticidad, pero si disminuyó el porcentaje de contenido de humedad. Esto también guarda relación con nuestra investigación al evidenciar que con los porcentajes de baritina no se generaron variaciones en la clasificación del suelo, ni en su índice de plasticidad, sin embargo, discrepa con el contenido de humedad, dado que se denotó un incremento a mayor porcentaje de baritina, evidenciado esto en la Tabla 6.

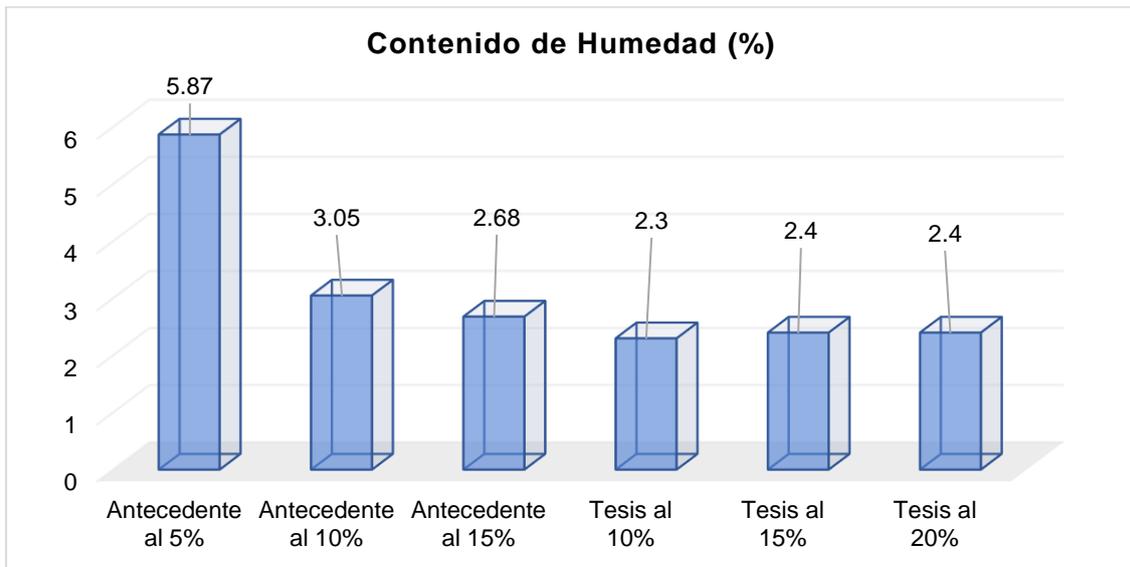


Figura 13. Confrontación de resultados del contenido de humedad entre el antecedente y los obtenidos en la investigación

Nuestra investigación presenta en la Figura 13 los resultados obtenidos en el laboratorio, lo cual ha permitido examinar los datos y graficarlos, para contrastarlos con los resultados del autor citado.

De acuerdo con los autores, el uso de ceniza volcánica en 5%, 10% y 15% disminuyó el contenido de humedad del suelo natural en 5.87%, 3.05% y 2.68% respectivamente. Estos resultados no guardaron relación con nuestra investigación, al evidenciar que el uso de baritina en 10%, 15% y 20% incrementó el contenido de humedad del suelo al evidenciar valores en 2.3%, 2.4% y 2.4% respectivamente.

Blayi et al. (2024) emplearon diferentes proporciones de ceniza de madera, específicamente 8%, 16%, 24% y 32%, revelando por resultados que el diseño del pavimento se benefició al emplear ceniza de madera en una proporción del 8%, lo que requeriría dimensiones específicas para la base y la subbase granular,

establecidas en 150 mm y 170 mm respectivamente, considerando por CBR 12.6%; a comparación del suelo natural que tuvo 150 mm y 325 mm respectivamente, considerando por CBR 3.5%. Esto discrepó con nuestra investigación, dado que según los datos alcanzados, el uso de baritina para la estabilización de la subrasante no requirió ajustes en los espesores del pavimento para mantener el mismo nivel de desempeño estructural, aunque la baritina mejora las propiedades mecánicas del suelo (como se observó en la interpretación previa de los valores de CBR y Módulo de Resiliencia), estos cambios no se reflejaron en modificaciones en el diseño estructural del pavimento flexible, dando por espesor 5.0 cm de carpeta asfáltica y 15.0 de base granular con subrasante con y sin baritina.

V. CONCLUSIONES

Posterior a la realización de la presente investigación, se concluyó con lo siguiente:

- 5.1. Como primera conclusión, se tuvo que el #EE por medio del conteo vehicular fue de 441,047, además la muestra de suelo natural de la C-2 se clasificó por SUCS en GP y AASHTO en A-1-a (0), no evidenciando plasticidad, con un contenido de humedad en 2.2%, un CBR al 100% de MDS en 0.1" igual a 2.310 g/cm³, un CBR al 100% de MDS en 0.1" igual a 85.78%, un CBR al 100% de MDS en 0.2" igual a 113.33%, una MDS en 2.310 g/cm³ y OCH en 6.90%.
- 5.2. Por segunda conclusión se determinó que el suelo natural presentó un CBR del 100% de MDS de 85.78% a 0.1" y 113.33% a 0.2"; al añadir 10% de baritina, el CBR aumentó a 92.60% a 0.1" y 120% a 0.2"; con 15% de baritina, el CBR fue de 126.70% a 0.1" y 113.33% a 0.2"; además, con 20% de baritina, el CBR alcanzó 108.10% a 0.1" y 138.70% a 0.2".
- 5.3. Por tercera conclusión se determinó que el suelo natural presentó una MDS de 2.310 g/cm³ y un OCH de 6.90%; con 10% de baritina, la MDS fue de 2.359 g/cm³ y el OCH de 6.60%; con 15% de baritina, la MDS aumentó a 2.379 g/cm³ y el OCH bajó a 6.40%; además, con 20% de baritina, la MDS alcanzó 2.404 g/cm³ y el OCH disminuyó a 6.00%.
- 5.4. Por cuarta conclusión, el suelo natural tuvo 52.8% de gravas, 45% de arena y 2.2% de finos, con 1.4% de humedad; más 10% de baritina, hubo 49% de gravas, 42.5% de arena y 8.5% de finos, con 2.3% de humedad; más 15% de baritina, los valores fueron 46.7% de gravas, 41.3% de arena y 12% de finos, con 2.4% de humedad; más 20% de baritina, hubo 44.6% de gravas, 38.8% de arena y 16.6% de finos, con 2.4% de humedad. Ninguna muestra mostró plasticidad.
- 5.5. Por quinta conclusión, al aplicar la metodología AASHTO 93 para el diseño de pavimento flexible, se determinó que la adición de baritina en 10%, 15% y 20% al suelo no altera los espesores iniciales propuestos. En los cuatro diseños analizados, se mantuvo una carpeta asfáltica de 5 cm, base granular de 15 cm y subbase granular de 0 cm de espesor.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1. Basado en los resultados, se recomienda el uso de baritina al 10% principalmente por razones de costo-efectividad, dado que el análisis demostró que con un 10% de baritina se logra una mejora significativa en el CBR del suelo, lo cual es suficiente para mejorar la capacidad de carga del pavimento sin incurrir en costos adicionales significativos asociados con un mayor porcentaje de baritina.
- 6.2. Se recomienda que, aunque porcentajes más altos de baritina pueden ofrecer mayores mejoras en la capacidad y resistencia del suelo, el 10% proporciona un balance adecuado entre mejora de rendimiento y control de costos, lo cual es crucial para proyectos con presupuesto limitado.
- 6.3. Se recomienda realizar pruebas adicionales y monitoreo in situ durante la construcción de un pavimento en un suelo natural estabilizado con baritina a fin de asegurar que su construcción cumpla con las expectativas de rendimiento y permita realizar ajustes si es necesario.
- 6.4. Se recomienda a los profesionales y tesisistas dedicados a la investigación realizar estudios sobre el uso de la baritina para la estabilización de la subrasante en porcentajes menores al 10%, dado que actualmente existen pocas investigaciones que exploren las aplicaciones de este material, lo que presenta una oportunidad significativa para ampliar el conocimiento en este campo.
- 6.5. Se recomienda enfocarse en estudios de caso específico o análisis comparativos con otros tipos de suelo para obtener conclusiones más específicas sobre la viabilidad y los beneficios de utilizar baritina en el diseño de pavimentos flexibles según la metodología AASHTO 93.

REFERENCIAS

- A bibliometric review on stability and reinforcement of special soil subgrade based on Citespace. Wang, Haiying, et al. 2022. China : Journal of Traffic and Transportation Engineering 9 (2): 223-243, 2022. ISSN 2095-7564. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.07.005>
- AGUIB, Ashraf. 2021. Flexible pavement design AASHTO 1993 versus Mechanistic-Empirical Pavement Design. Cairo : [Tesis para obtener el grado de máster en Ciencias de la Construcción]. Universidad Americana del Cairo, 2021. Disponible en: https://fount.aucegypt.edu/retro_etds/2470
- ALSHAMERI, Badee. 2020. Maximum dry density of sand-kaolin mixtures predicted by using fine content and specific gravity. Islamabad: Springer Nature 2 (2023): 1-7, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03481-9>
- AN experimental study on influence of grain-size composition on collapsing erosion of granite residual soil. Liu, Weiping, et al. 2023. Nanchang : Catena 223 (2023): 1-10, 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.106949>
- ASSESSMENT and Analysis of Precambrian Basement Soil Deposits Using Grain Size Distribution. Layade, Gideon, et al. 2019. Abeokuta: RMZ - M&G 2020 (66): 245-244, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.2478/rmzmag-2019-0019>
- AZIZ, Mubashir. 2023. Mechanical properties of a high plasticity clay mixed with sand and low-plastic silt. Dhahran : Materials Today: Proceedings, 2023. ISSN 2214-7853. Disponible en: <https://10.1016/j.matpr.2023.08.012>
- BALA, Priyanka. 2022. Determination of Grain Size Distribution (Texture) and Soil Carbon in the Soil of Agricultural Field of Vijaypur. Samba: International Journal of Advances in Engineering and Management 4 (5): 873-879, 2022. ISSN 2395-5252. Disponible en: <https://bitly.ws/34QYd>
- BUDHU, Muni. 2020. Soil Mechanics Fundamentals. Chichester : Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2020. ISBN 978-1-119-01965-7. Disponible en: <https://bitly.ws/34QYE>
- CACHO, Yordi. 2021. Estudio Mineralógico y alteraciones hidrotermales en Compañía Miera San Nicolás S.A. Hualgayoc-Cajamarca, 2017. Cajamarca : [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo]. Universidad Nacional de Cajamarca. Faculta de Ingeniería, 2021. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4399>
- CÁRDENAS, Javier, LUNA, Henry and CELY, Nelson. 2022. Traffic study for the

- design of rigid pavement in the municipality of Arauquita. *Cúcuta : Journal of Language and Linguistic Studies* 18(4): 1128-1134, 2022. 1305-5784. Disponible en: <https://www.jlls.org/index.php/jlls/article/view/5104>
- CARTER, Samantha, PAYTAN, Adina and GRIFFITH, Elizabeth. 2020. Toward an Improved Understanding of the Marine Barium Cycle and the Application of Marine Barite as a Paleoproductivity Proxy. *Ohio : Minerals* 10 (2020): 1-24, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/min10050421>
 - CHAMBA, Luis. 2021. Análisis Comparativo de estabilización para el mejoramiento de subrasante entre el uso de cloruro de sodio y el sistema consolid en zonas urbanas no pavimentadas de la Urbanización El Parral del distrito de la Victoria, 2020. Chiclayo : [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil Ambiental]. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Facultad de Ingeniería, 2021. Disponible en: <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3913>
 - CHAVESTA, Danitssa and MORA, Jean. 2022. Influencia de las cenizas de carbón y residuos agrícolas en la estabilización de la subrasante, Centro Poblado El Cerezo-Lambayeque 2022. Lima : [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2022. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110258>
 - COTRINA, Edwin. 2023. Influencia de la baritina en la estabilización de suelos húmedos a nivel de subrasante, Comas, Lima. Lima : [Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil]. Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería, 2023. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/34145>
 - COVINOS, Mitsuo and ARIAS, José Luis. 2020. Diseño y Metodología de la Investigación. Arequipa : Enfoques Consulting EIRL, 2020. ISBN 978-612-48444-2-3. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12390/2260>
 - CURING mechanisms of Polymeric Nano-Copolymer Subgrade. Shi, Shuang, et al. 2023. *Beijing : Materials* 2023 (16): 1-18, 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma16124316>
 - EFFECT of Fly Ash and Cement on the Engineering Characteristic of Stabilized Soil: An Experimental Study. Rai, Partab, et al. 2021. *Jamshoro : Hindawi: Geofluids* 2021, 2021. 1368194. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2021/1368194>
 - EFFECTS of Lime Content on Road Performance of Low Liquid Limit Clay.

- Zhang, Jinli, et al. 2023. Changsha : Applied Sciences 13 (2023): 1-13, 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app13148377>
- EISA, M.S, BASIOUNY, jM.E and MIRA, M. 2022. Improving Weak Subgrade Soil Using Different Additives. Benha : Materials 15: 1-19, 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma15134462>
 - ELECTRONIC structure, phonons and optical properties of baryte type scintillators TIXO₄ (X = Cl, Br). Mukherjee, Supratik [et al]. 2022. Journal of Physics: Condensed Matter, 34(11): 1-8, 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1361-648X/ac4347>
 - ESTABILIZACIÓN de la subrasante con ceniza de quinua y cal en la Carretera Lago Sagrado, Puno, Perú. Mamani, Griselda [et al]. 2023. Infraestructura Vial, 25(44), 1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.53569>
 - GEOTECHNICAL characteristics of fine-grained soil with wood ash. Blayi, Rizgar [et al]. 2024. Cleaner Engineering and Technology, 18: 1-13, 2024. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100726>
 - GHANIZADEH, Ali and NASERALAVI, Seyed. 2022. An explicit formulation for estimation of structural number (SN) of flexible pavements in 1993 AASHTO Design Guide using response surface methodology (RSM). Kherman : Journal of Soft Computing in Civil Engineering 6(2): 35-50, 2022. 2588-2872. Disponible en: <https://doi.org/10.22115/SCCE.2022.306425.1372>
 - HABASHNEH, M. 2021. Special reinforcement solutions of railway permanent ways' soil substructures. Hungary : Acta Technica Jaurinensis 14(3): 339-363, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.14513/actatechjaur.00612>
 - HALIM, Hasmar, FATTAH, Abdul and SAING, Zubair. 2022. The effect of gypsum treated clay as a road subgrade material. Makassar : International Journal of GEOMATE 23 (96): 137-144, 2022. ISSSN 2186-2982. Disponible en: <https://geomatejournal.com/geomate/article/view/3409>
 - HASSANI, Abolfazl, MOHAMMAD, Taghipoor and MOHAMMAD, Karimi,. 2020. A state of art of semi-flexible pavements: introduction, design, and performance. Modares : Construction and Building Materials 253: 1-25, 2020. 0950-0618. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119196>
 - HUALLPA, Frank and MENDOZA, Tatiana. 2020. Costo unitario del servicio del proceso de Reencauche de la medida de llanta 12*20 en la empresa reencauchadora Yusayo SAC de la ciudad de Juliaca, 2020. Juliaca : [Trabajo

- para obtener el grado de Bachiller en Contabilidad]. Universidad Peruana Unión. Facultad de Ciencias Empresariales, 2020. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3642>
- HUAÑEC, Fiorella. 2020. Eficacia del concreto y baritina como atenuadores de rayos X: Una revisión de la literatura. Lima : [Tesis para optar el título de Segunda Especialidad en Radiología Bucal y Maxilofacial]. Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias de la Salud, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.21142/te.2021.1971>
 - IMPACTS of soil compaction and historical soybean variety growth on soil macropore structure. Yue, Longkai, et al. 2021. Beijing : Soil&Tillage Research 214 (2021): 1-11, 2021. ISSN 0167-1987. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105166>
 - INFLUENCE and correlation of maximum dry density on soaked & unsoaked CBR of soil. Bharath, A, et al. 2021. Karnataka : Materials Today: Proceedings 47 (2021): 3998-4002, 2021. ISSN 2214-7853. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.232>
 - INFLUENCE of pavement structure, traffic, and weather on urban flexible pavement deterioration. Castello, David, et al. 2020. Valencia : Sustainability 12: 1-20, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12229717>
 - INVESTIGACIÓN acción. Peñafiel, Gonzalo, et al. 2023. Quito : Colloquium, 2023. ISBN 978-9942-600-45-5. Disponible en: <https://colloquiumbiblioteca.com/index.php/web/article/download/144/129>
 - JAVED, Syed and CHAKRABORTY, Sudipta. 2020. Effects of waste glass powder on subgrade soil improvement. Bangladesh : World Scientific News 144: 30-42, 2020. pp. 30-42. ISSN 2392-2192. Disponible en: <https://bitly.ws/34R62>
 - LI, Zechuang and ZHANG, Hao. 2023. Influence of particle-size distribution on shear characteristics of slip zone and its mesoscopic mechanism. Beijing : Alexandria Engineering Journal 2023 (67): 375-396, 2023. ISSN 1110-0168. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2021/9269652>
 - LOYOLA, Diego and CARRUITERO, Kevin. 2022. Análisis del comportamiento de la subrasante arenosa con el cloruro de sodio de un camino vecinal de bajo volumen de tránsito, Viru 2022. Trujillo : [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería, 2022. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31999>

- MOSA, Ahmed, SALEM, Lubna and BANYHUSSAN, Qais. 2022. Chemical influence of magnesium oxide on the engineering properties of clayey soils as road subgrade. Baghdad : Journal of Engineering Science and Technology 17 (4): 2615-2630, 2022. Disponible en: https://jestec.taylors.edu.my/Vol%2017%20Issue%204%20August%202022/17_4_25.pdf
- MECHANICAL Properties of Basalt Fiber Reinforced Cemented Silty Sand: Laboratory Tests, Statistical Analysis and Microscopic Mechanism. Sun, Shuang, et al. 2023. Changchun : Applied Sciences 2023 (13): 1-16, 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app13063493>
- MÉTODOS de estabilización de suelos arcillosos para merar el CBR con fines de pavimentación. Chirinos, Enrique [et al.]. 2021. Pimentel : Universidad Señor de Sipán, 1-16, 2021. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8234912>
- MORENO, José, AZCÁRATE, Jacinto and O'KELLY, Brendan. 2020. Review and critical examination of fine grained soil classification systems based on plasticity. Castilla: Applied Clay Science 200 (2021): 1-13, 2020. ISSN 0169-1317. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2020.105955>
- MOUSAVI, Fatemeh, ABDI, Ehsan and BORZ, Stelian Alexandrou. 2023. Forest Road Subgrade Improvement by Lime and Sodium Nanoalginate Used as Stabilizers for Clay Soils. Tehran: Forest 2023 (14): 1-17, 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/f14071332>
- NATURALLY occurring radioactive materials in offshore infrastructure: Understanding formation and characteristics of baryte scale during decommissioning planning. MacIntosh, Amy [et al.]. 2024. Journal of Hazardous Materials, 465: 1-12, 2024. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.133506>
- NIYOMUKIZA, J B, WARDANI, S P R and SETIADJI, B H. 2020. Recent advances in the stabilization of expansive soils using waste materials: A review. Indonesia: INCRID 623, 2020. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/623/1/012099/meta>
- NORIEGA, Yeimi, VIVES, Junior and MUÑOZ, Sócrates. 2022. Use of stabilizers: a review of the impact on cutting and settlement. Pimentel: AVANCES: Investigación en Ingeniería 18 (2), 2022. 2619-6581. Disponible en:

<https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.6856>

- PANERU, Harish. 2020. Cement stabilization of soft soil subgrade. Lalitpur : [Tesis para grado de maestría en Ingeniería Geotecnia]. Institute of Engineering Pulchowk Camus, 2020. Disponible en: <https://elibrary.tucl.edu.np/bitstream/123456789/8032/1/Harish%20Paneru%20.pdf>
- PERFORMANCE evaluation of calcium sulfoaluminate as an alternative stabilizer for treatment of weaker subgrades. Pooni, J, et al. 2021. Australia: Transportation Geotechnics 21: 1-14, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100462>
- PREDICTION of the resilient modulus of compacted subgrade soils using ensemble machine learning methods. Kardani, Navid, et al. 2022. Australia: Transportation Geotechnics 36 : 1-14, 2022. ISSN 2214-3912. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2022.100827>
- QUINTANA, Hugo, BASTIDAS, Juan and CHAVEZ, Saieth. 2020. Sensitivity analysis of flexible pavemente dimesioning with AASHTO (1993) method. Part I: Effect of subjective variables. Colombia: International Journal of Engineering Research and Technology 13 (5): 879-885, 2020. 0974-3154. Disponible en: <https://doi.org/10.37624/IJERT/13.5.2020.879-885>
- REQUEJO, Ricardo. 2020. Estabilización de suelos arenosos utilizando Oryza Sativa (arroz), Pueblo Joven Las Dunas, Lambayeque - Perú, 2019. Pimentel: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Señor de Sipán. Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/7706>
- RESEARCH progress on ecological protection technology of highway slope:status and challenges. Hongyuan, Fu, et al. 2020. Changsha: Transportation Safety and Environment, 2 (1): 1-8, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/tse/tdaa006>
- REZABALA, Diego and ORTIZ, Eduardo. 2023. Proposal for stabilization with lime and cement for a subgrade with the presence of clayey soils located on the Tosagua-Chone road. Manabí: Revista Científica 9 (3): 1918-1935, 2023. ISSN 2477-8818.
- ROAD pavement defect investigation using treated and untreated expansive road subgrade materials with varying plasticity index. AMAKYE, Samuel [et al.].

2022. s.l. : Transportation Engineering, 9, 1-16, 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.treng.2022.100123>
- SAFI, Wahidullah and SINGH, Sandeep. 2022. Efficient & effective improvement and stabilization of clay soil with waste materials. Materialstoday: Proceedings 21 (1): 947-955, 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.333>
 - SEDLÁČKOVÁ, Kateřina and ŠEVELOVÁ, Lenka. 2021. Comparison of laser diffraction method and hydrometer method for soil particle size distribution analysis. Berno : Acta hort reglotec 24 (1): 49-55, 2021. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2478/ahr-2021-0023>
 - SHAHEB, Rayhan, VENKATESH, Ramarao and SHEARER, Scott. 2021. A Review on the Effect of Soil Compaction and its Management for Sustainable Crop Production. Ohio: Journal of Biosystems Engineering 46 (2021): 417-439, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42853-021-00117-7>
 - SHARMA, Tarun and SINGH, Sandeep. 2021. Traffic study and analysis of highway (NH5) from Balongi to Kharar. Mohali: Earth and Environmental Science 889: 1-11, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/889/1/012054>
 - SOULIMAN, Mena, BASTOLA, Nitish and ZEIADA, Waleed. 2020. Mechanistic and Cost-Effectiveness analysis of cement treated bases in flexible pavement. Lisboa : Congress on Civil, Structural and Environmental Engineering 157: 1-9, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.11159/icgre20.157>
 - SUCASAIRE, Jorge. 2022. Orientaciones para la selección y el cálculo del tamaño de la muestra en investigación. Lima: Biblioteca Nacional del Perú, 2022. ISBN 978-612-00-7547-0. Disponible en: https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/3096/1/Orientaciones_para_seleccion_y_calculo_del_tama%C3%B1o_de_muestra_de_investigacion.pdf
 - SUSTAINABLE cost optimisation measures for the lifecycle of tolled highway projects in Malaysia. Sukumar, Sukhadeva, et al. 2023. Malaysia: Jurnal Kejuruteraan 35(2): 475-484, 2023. Disponible en: [https://doi.org/10.17576/jkukm-2023-35\(2\)-19](https://doi.org/10.17576/jkukm-2023-35(2)-19)
 - THAKUR, Ramjiram and TEGAR, J.P. 2021. Improvement in CBR value of soil reinforced with nonwoven geotextile sheets. Gurgaon: International Journal of Geo-Engineering 12 (2021): 1-10, 2021. Disponible en:

<https://doi.org/10.1186/s40703-020-00138-9>

- UTILIZAÇÃO de sulfato de bário como constituinte de concreto para blindagem de salas de radiologia. Pires, Maikon [et al]. 2021. *Matéria*, 26(4): 1-13, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210004.1303>
- VALORISATION of baryte tailings for radiation shielding in plastics and nuclear waste disposal. Kinnunen, Päivi [et al]. 2024. *Heliyon*, 10(3): 1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25719>
- YANGALI, Eduardo. 2022. Sulfato de calcio para el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante. Huancayo: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Peruana de los Andes. Facultad de Ingeniería, 2022. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/4127>
- YIN, Zihong, LEKALPURE, Raymond and MARAKA, Kevin. 2022. Experimental study of black cotton soil stabilization with natural lime and pozzolans in pavement subgrade. *China: Coatings* 12(1): 1-11, 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/coatings12010103>

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de Operacionalización de variables

Influencia de la incorporación de baritina en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.					
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESC. DE MEDICIÓN
Estabilización de la subrasante	Para Aguib (2021 p. 8), el diseño de pavimento flexible es un método netamente empírico, el cual permite determinar los espesores de las capas que formarán parte del pavimento flexible.	Para Hassani (2020, p. 2), el diseño del pavimento flexible cumple con los requerimientos de la metodología AASHTO 93 con la adición de baritina.	Estudio de tráfico	IMDS y ESALS	Razón
			Mecánica de suelos	Propiedades físicas: Análisis granulométrico Índice de plasticidad (Límite líquido y límite plástico)	
			Análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante	CBR Ensayo de compactación Proctor	
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESC. DE MEDICIÓN
Baritina	Según Huañec (2020 p. 20), la baritina (barita) o sulfato de bario es un mineral producto de la extracción minera. Sus aplicaciones se limitan a recubrimientos en paredes expuestas a rayos X o en perforaciones petroleras.	La adición de la baritina mejora las propiedades de la subrasante para la realización del diseño de pavimento flexible (Carter, 2022, p. 23).	Adición de Baritina a las propiedades mecánicas de la subrasante 10%, 15% y 20%	Ensayo de compactación Proctor con 10%, 15% y 20% Laboratorio	Razón
				CBR 10%, 15% y 20% Laboratorio	Razón
			Diseño de Pavimento Flexible	Valor óptimo de baritina en la Subrasante	Razón

Nota. Detallado de la matriz de operacionalización de variables.

Anexo 2. Matriz de consistencia objeto de estudio baritina aplicada a la subrasante

Influencia de la incorporación de baritina en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.								
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	MÉTODO
¿De qué manera influirá la incorporación de baritina en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en la Av. San Martín del Distrito de Jicamarca, 2024?	Determinar la influencia de la incorporación de baritina en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.	La adición de baritina influirá significativamente en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.	--	--	--			
PE1: ¿Cuál es la situación actual de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024?	OE1: Determinar la situación actual de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.	HE1: La situación actual de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024, no sería la adecuada.	VD: Estabilización de la subrasante (suelo natural)	Diseño de pavimento flexible a nivel subrasante. (patrón)	<ul style="list-style-type: none"> Estudio de tráfico, IMDS Proctor modificado CBR Clasificación de suelos (SUCS) Análisis granulométrico Método Aashto 93 	Mecánicas de suelos Laboratorio	Manual de carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos	Tipo de Inv: Aplicada Enfoque de Inv: Cuantitativa Diseño de la Inv: Experimental Nivel de Inv Explicativo
PE2: ¿De qué manera influirá la incorporación de baritina en el CBR para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024?	OE2: Determinar la influencia de la incorporación de baritina en el CBR para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.	HE2: La adición de baritina influirá significativamente en el CBR para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.		CBR	<ul style="list-style-type: none"> Valor de porcentaje al 95% y 100% 			
PE3: ¿De qué manera influirá la incorporación de baritina en el proctor modificado para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024?	OE3: Determinar la influencia de la incorporación de baritina en el proctor modificado para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.	HE3: La adición de baritina influirá significativamente en el proctor modificado para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.		Proctor modificado	<ul style="list-style-type: none"> Óptimo contenido de humedad Máxima densidad seca 			
PE4: ¿De qué manera influirá la incorporación de baritina en el análisis granulométrico para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024?	OE4: Determinar la influencia de la incorporación de baritina en el análisis granulométrico para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.	HE4: La adición de baritina influirá significativamente en el análisis granulométrico para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible en Jicamarca, 2024.		Análisis granulométrico	<ul style="list-style-type: none"> Límite plástico Contenido de humedad Índice plástico 			
PE5: ¿Cuáles serán los porcentajes de adición de baritina que se empleara para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible?	OE5: Determinar los porcentajes de adición de baritina que se empleara para la estabilización de la subrasante del pavimento flexible.	HE5: El porcentaje de la adición de baritina que se empleara en la estabilización de la subrasante del pavimento flexible sería adecuado.		VI: Baritina (Mineral natural que será adicionado)	Adición de la Baritina			

Nota: Detallado de matriz de consistencia

Tabla 35. Recolección de datos para el análisis granulométrico

Muestra	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
C1		
C2		
C3		

Nota. La tabla N°35 muestra la caracterización del material en base a su granulometría.

Tabla 36. Recolección de datos para el ensayo de Límite de Plasticidad

Propiedad Física	Muestras				
	Suelo Natural (SN)	SN+ 4% BR	SN + 8% BR	SN+ 12% BR	SN + 16% BR
Límite Líquido (LL)					
Límite Plástico (LP)					
Índice de Plasticidad (IP)					

Nota. La tabla N°36 determina los límites de plasticidad de la muestra patrón y experimental. Asimismo, se muestra el índice de plasticidad de cada uno de ellas.

Tabla 37. Recolección de datos para el ensayo de Proctor Modificado

Propiedades mecánicas	Espécimen	Muestras				
		Suelo Natural (SN)	SN+ 4% BR	SN + 8% BR	SN+ 12% BR	SN + 16% BR
Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	C1					
	C2					
	C3					
Óptimo Contenido de Humedad (%)	C1					
	C2					
	C3					

Nota. La tabla N°37 muestra el valor de máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la muestra patrón y experimental.

Tabla 38. Recolección de datos para el ensayo de CBR

Propiedades mecánicas	Espécimen	Muestras				
		Suelo Natural (SN)	SN+ 4% BR	SN + 8% BR	SN+ 12% BR	SN + 16% BR
CBR 0.1" (%)	C1					
	C2					
	C3					
CBR 0.2" (%)	C1					
	C2					
	C3					

Nota. En la tabla N°38 se muestra los valores de CBR al 0.1" y 0.2" respectivamente. Asimismo, se realizó para la muestra patrón y experimental.

Anexo 4. Fichas de validación de instrumentos para la recolección de datos



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

INVESTIGACION	ANÁLISIS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON ADICIÓN DE BARITINA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA SIMÓN BOLÍVAR, JICAMARCA					
ELABORACION	Suclupe Cosco, Omar Gabriel; Diaz Cruz, Robin Adrián.					
UBICACIÓN	Av. Simón Bolívar					
DISTRITO	Huachichilco					
PROVINCIA	Lima					
REGION	Lima					
LUGAR	Avenida Simón Bolívar, Jicamarca.					
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Eficiente 81-100%
1. Claridad	Está formado con lenguaje apropiado					✓
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables					✓
3. Actualidad	Tema innovador adecuado					✓
4. Matriz de operacionalización y consistencia	Presenta problemática, objetivos, hipótesis, dimensiones y conceptos					✓
5. Laboratorio	Fichas técnicas adecuadas para los resultados de la mezclas					✓
6. Intencionalidad	Presenta antecedentes internacionales y nacionales y de bases de datos confiables					✓
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos científicos de la ingeniería civil					✓
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					✓
9. Metodología	Las técnicas responde a los objetivos propuestos					✓
APELLIDOS Y NOMBRES	Benites Zuñiga Juan Carlos					
PROFESION	Ing. Civil					
REGISTRO CIP N°	107016					
EMAIL	juancobenites80@gmail.com					
TELEFONO	964871660					
VALIDEZ						
						<p>FIRMA Y SELLO</p>

- CONSIDERAR GLOBALIZACIÓN, COMPETITIVIDAD y TECNOLOGÍA
- VERIFICAR VARIABLES - DIMENSIONES -
- CONSIDERAR ENSAYOS LAB.

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

INVESTIGACION	ANALISIS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON ADICIÓN DE BARITINA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA SIMÓN BOLÍVAR, JICAMARCA					
ELABORACION	Suclupe Cosco, Omar Gabriel; Diaz Cruz, Robin Adrián.					
UBICACIÓN	Av. Simón Bolívar					
DISTRITO	Huarocharí					
PROVINCIA	Lima					
REGION	Lima					
LUGAR	Avenida Simón Bolívar, Jicamarca.					
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Eficiente 81-100%
1. Claridad	Está formado con lenguaje apropiado					✓
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables					✓
3. Actualidad	Tema innovador adecuado					✓
4. Matriz de operacionalización y consistencia	Presenta problemática, objetivos, hipótesis, dimensiones y conceptos					✓
5. Laboratorio	Fichas técnicas adecuadas para los resultados de la mezclas					✓
6. Intencionalidad	Presenta antecedentes internacionales y nacionales y de bases de datos confiables					✓
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos científicos de la ingeniería civil					✓
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					✓
9. Metodología	Las técnicas responde a los objetivos propuestos					✓
APELLIDOS Y NOMBRES	LEYVA GARCILAZO HERNAN					 HERNAN DAVID LEYVA GARCILAZO INGENIERO CIVIL Reg. del Colegio de Ingenieros N° 75307  FIRMA Y SELLO
PROFESION	ING. CIVIL					
REGISTRO CIP N°	75307					
EMAIL	HGARCILAZO@GMAIL.					
TELEFONO	937514804					
VALIDEZ						

Anexo 5. Resultados de laboratorio del estudio de mecánica de suelos

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3
		Fecha : 24/03/23
		Página : 1-3

N° INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra:
Cantera / Ubicación : -
Calicata : C-1
Muestra : M-1
Prof. (m) : 0.00-1.50
Cota (msnm) : -
Coordenadas : -
Fecha de Recepción : 25/04/2024
Fecha de Ejecución : 03/05/2024
Fecha de Emisión : 08/05/2024

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 1969.4

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g)	RET. (%)	PASA (%)
3"	75.000	-	-	100.0
2"	50.000	-	-	100.0
1 1/2"	37.500	199.9	10.2	89.9
1"	25.000	217.3	11.0	78.8
3/4"	19.000	117.1	5.9	72.9
3/8"	9.500	261.0	13.3	59.6
N° 4	4.750	221.0	11.2	48.4
N° 10	2.000	181.6	9.2	39.2
N° 20	0.850	282.5	14.3	24.8
N° 40	0.425	231.5	11.8	13.1
N° 60	0.250	105.4	5.4	7.7
N° 140	0.106	73.3	3.7	4.0
N° 200	0.075	11.0	0.6	3.4
-200.00		67.8	3.4	0.0

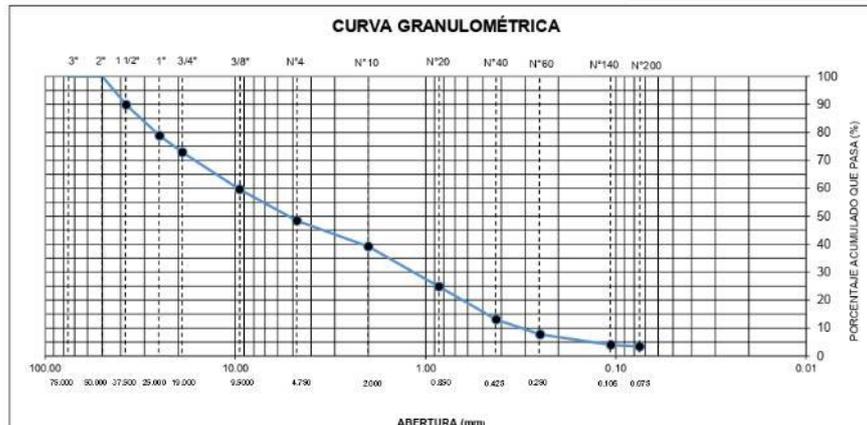
% Grava [N° 4 < f < 3"]	51.6
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	45.0
% Finos [< N° 200]	3.4

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	—
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

Contenido de Humedad ASTM D 2216-05	
Humedad (%)	1.4

CLASIFICACIÓN	
CLASIFICACIÓN SUCS ASTM D 2487-05	GP
CLASIFICACIÓN AASHTO ASTM D 3282-04	A-1-a(0)

Descripción de la muestra :	GRAVA POBREMENTE GRADADA
-----------------------------	--------------------------



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Copa Casagrande	ELC-003

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

N° INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : 'ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARTINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024'
UBICACIÓN : 'AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA'

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera / Ubicación : -
Calicata : C-1
Muestra : M-1
Prof. (m) : 0.00-1.50
Cota (msnm) : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 25/04/2024
Fecha de Ejecución : 03/05/2024
Fecha de Emisión : 08/05/2024

Recipiente N°	1	2
Masa de suelo humedo + recipiente g	872.3	455.3
Masa de suelo seco + recipiente g	861.3	449.8
Masa de recipiente g	68.7	50.4
Masa de agua g	11.0	5.5
Masa de suelo seco g	792.6	399.4
Contenido de agua %	1.4	1.4
Contenido de Humedad (%)	1.4	

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Horno	HOR-001

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 3-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

Nº INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra
Cantera / Ubicación : -
Calicata : C-1
Muestra : M-1
Prof. (m) : 0.00-1.50
Cota (msnm) : -
Coordenadas : -
Fecha de Recepción : 25/04/2024
Fecha de Ejecución : 03/05/2024
Fecha de Emisión : 08/05/2024

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO N°		
NÚMERO DE GOLPES		
MASA DE RECIPIENTE (g)		
MASA DE RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	NP	NP
MASA DE RECIPIENTE + SUELO SECO (g)		
MASA DE AGUA (g)		
MASA DE SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	---
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Copa Casagrande	ELC-003
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Vidrio esmerilado	---

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3
		Fecha : 24/03/23
		Página : 1-3

N° INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra:
Cantera / Ubicación : -
Calicata : C-2
Muestra : M-1
Prof. (m) : 0,00-1,50
Cota (msnm) : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 25/04/2024
Fecha de Ejecución : 03/05/2024
Fecha de Emisión : 08/05/2024

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 1977.5

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g)	RET. (%)	PASA (%)
3"	75.000	-	-	100.0
2"	50.000	477.9	24.2	75.8
1 1/2"	37.500	91.4	4.6	71.2
1"	25.000	104.6	5.3	65.9
3/4"	19.000	28.9	1.5	64.5
3/8"	9.500	181.8	9.2	55.3
N° 4	4.750	159.6	8.1	47.2
N° 10	2.000	206.9	10.5	36.7
N° 20	0.850	292.0	14.8	22.0
N° 40	0.425	217.9	11.0	10.9
N° 60	0.250	85.4	4.3	6.6
N° 140	0.106	75.7	3.8	2.8
N° 200	0.075	11.4	0.6	2.2
-200.00		44.0	2.2	0.0

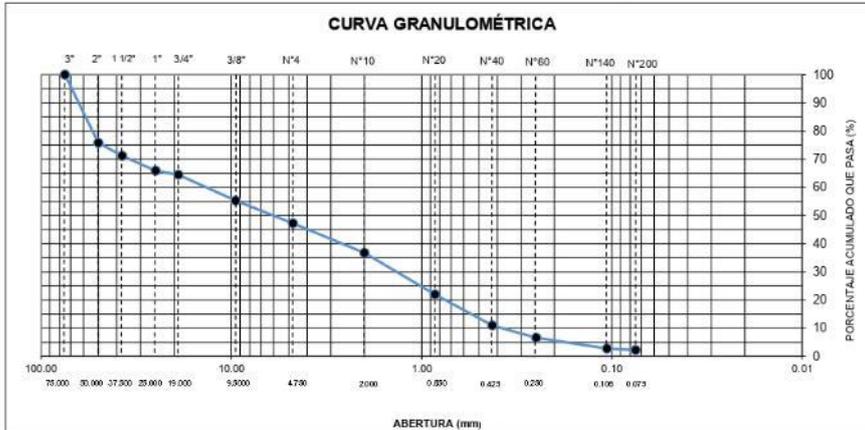
% Grava [N° 4 < f < 3"]	52.8
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	45.0
% Finos [< N° 200]	2.2

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	—
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	2.2

CLASIFICACIÓN	
CLASIFICACIÓN SUCS ASTM D 2487-05	GP
CLASIFICACIÓN AASHTO ASTM D 3282-04	A-1-a(0)

Descripción de la muestra :	GRAVA POBREMENTE GRADADA
-----------------------------	--------------------------



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
 Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Copa Casagrande	ELC-003

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

N° INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : 'ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : 'AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera / Ubicación : -
Calicata : C-2
Muestra : M-1
Prof. (m) : 0.00-1.50
Cota (msnm) : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 25/04/2024
Fecha de Ejecución : 03/05/2024
Fecha de Emisión : 08/05/2024

Recipiente N°	1	2
Masa de suelo humedo + recipiente g	870.7	556.3
Masa de suelo seco + recipiente g	853.6	545.5
Masa de recipiente g	69.6	63.4
Masa de agua g	17.1	10.8
Masa de suelo seco g	784.0	482.1
Contenido de agua %	2.2	2.2
Contenido de Humedad (%)	2.2	

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Horno	HOR-001

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 3-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

Nº INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra
Cantera / Ubicación : -
Calicata : C-2
Muestra : M-1
Prof. (m) : 0.00-1.50
Cota (msnm) : -
Coordenadas : -
Fecha de Recepción : 25/04/2024
Fecha de Ejecución : 03/05/2024
Fecha de Emisión : 08/05/2024

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO N°		
NÚMERO DE GOLPES		
MASA DE RECIPIENTE (g)		
MASA DE RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	NP	NP
MASA DE RECIPIENTE + SUELO SECO (g)		
MASA DE AGUA (g)		
MASA DE SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	---
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Copa Casagrande	ELC-003
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Vidrio esmerilado	---

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3
		Fecha : 24/03/23
		Página : 1-3

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra:
 Cantera / Ubicación : -
 Calicata : C-3
 Muestra : M-1
 Prof. (m) : 0,00-1,50
 Cota (msnm) : -
 Coordenadas : -
 Fecha de Recepción : 25/04/2024
 Fecha de Ejecución : 03/05/2024
 Fecha de Emisión : 08/05/2024

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 2016.7

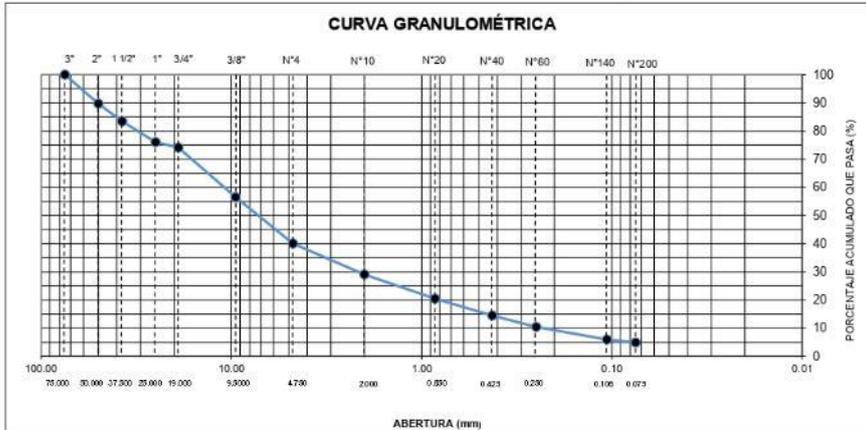
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g)	RET. (%)	PASA (%)
3"	75.000	-	-	100.0
2"	50.000	207.0	10.3	89.7
1 1/2"	37.500	126.9	6.3	83.4
1"	25.000	148.5	7.4	76.1
3/4"	19.000	39.5	2.0	74.1
3/8"	9.500	354.4	17.6	56.5
N° 4	4.750	332.9	16.5	40.0
N° 10	2.000	221.8	11.0	29.0
N° 20	0.850	173.3	8.6	20.4
N° 40	0.425	119.7	5.9	14.5
N° 60	0.250	81.4	4.0	10.5
N° 140	0.106	91.4	4.5	5.9
N° 200	0.075	20.8	1.0	4.9
-200.00		99.1	4.9	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	60.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	35.1
% Finos [< N° 200]	4.9

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	—
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	1.6

CLASIFICACIÓN	
CLASIFICACIÓN SUCS ASTM D 2487-05	GW
CLASIFICACIÓN AASHTO ASTM D 3282-04	A-1-a(0)
Descripción de la muestra :	GRAVA BIEN GRADADA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
 Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Copa Casagrande	ELC-003

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera / Ubicación : -
 Calicata : C-3
 Muestra : M-1
 Prof. (m) : 0.00-1.50
 Cota (msnm) : -
 Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 25/04/2024
 Fecha de Ejecución : 03/05/2024
 Fecha de Emisión : 08/05/2024

Recipiente N°	1	2
Masa de suelo humedo + recipiente g	805.4	488.3
Masa de suelo seco + recipiente g	793.5	481.6
Masa de recipiente g	69.5	66.0
Masa de agua g	11.9	6.7
Masa de suelo seco g	724.0	415.6
Contenido de agua %	1.6	1.6
Contenido de Humedad (%)	1.6	

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
 Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Horno	HOR-001

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 3-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

Nº INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra
Cantera / Ubicación : -
Calicata : C-3
Muestra : M-1
Prof. (m) : 0.00-1.50
Cota (msnm) : -
Coordenadas : -
Fecha de Recepción : 25/04/2024
Fecha de Ejecución : 03/05/2024
Fecha de Emisión : 08/05/2024

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO N°		
NÚMERO DE GOLPES		
MASA DE RECIPIENTE (g)		
MASA DE RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	NP	NP
MASA DE RECIPIENTE + SUELO SECO (g)		
MASA DE AGUA (g)		
MASA DE SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	---
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Copa Casagrande	ELC-003
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Vidrio esmerilado	---

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3
		Fecha : 24/03/23
		Página : 1-3

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra:
 Cantera / Ubicación : -
 Calicata : C-4
 Muestra : M-1
 Prof. (m) : 0,00-1,50
 Cota (msnm) : -
 Coordenadas : -
 Fecha de Recepción : 25/04/2024
 Fecha de Ejecución : 03/05/2024
 Fecha de Emisión : 08/05/2024

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 1523.2

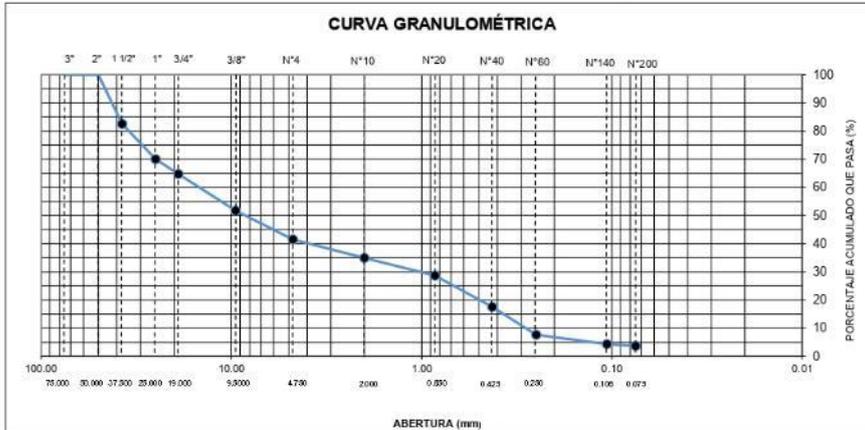
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g)	RET. (%)	PASA (%)
3"	75.000	-	-	100.0
2"	50.000	-	-	100.0
1 1/2"	37.500	266.2	17.5	82.5
1"	25.000	190.5	12.5	70.0
3/4"	19.000	80.6	5.3	64.7
3/8"	9.500	198.3	13.0	51.7
N° 4	4.750	155.4	10.2	41.5
N° 10	2.000	100.2	6.6	34.9
N° 20	0.850	95.0	6.2	28.7
N° 40	0.425	169.4	11.1	17.6
N° 60	0.250	150.7	9.9	7.7
N° 140	0.106	50.4	3.3	4.4
N° 200	0.075	10.0	0.7	3.7
-200.00		56.5	3.7	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	58.5
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	37.8
% Finos [< N° 200]	3.7

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	—
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	1.5

CLASIFICACIÓN	
CLASIFICACIÓN SUCS ASTM D 2487-05	GP
CLASIFICACIÓN AASHTO ASTM D 3282-04	A-1-a(0)
Descripción de la muestra :	GRAVA POBREMENTE GRADADA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
 Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Copa Casagrande	ELC-003

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

N° INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera / Ubicación : -
Calicata : C-4
Muestra : M-1
Prof. (m) : 0.00-1.50
Cota (msnm) : -
Coordenadas : -
Fecha de Recepción : 25/04/2024
Fecha de Ejecución : 03/05/2024
Fecha de Emisión : 08/05/2024

Recipiente N°	1	2
Masa de suelo humedo + recipiente g	664.8	902.5
Masa de suelo seco + recipiente g	656.5	890.3
Masa de recipiente g	105.4	98.4
Masa de agua g	8.3	12.2
Masa de suelo seco g	551.1	791.9
Contenido de agua %	1.5	1.5
Contenido de Humedad (%)	1.5	

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Horno	HOR-001

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 3-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

Nº INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra

Cantera / Ubicación : -
 Calicata : C-4
 Muestra : M-1
 Prof. (m) : 0.00-1.50
 Cota (msnm) : -
 Coordenadas : -
 Fecha de Recepción : 25/04/2024
 Fecha de Ejecución : 03/05/2024
 Fecha de Emisión : 08/05/2024

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO N°		
NÚMERO DE GOLPES		
MASA DE RECIPIENTE (g)	NP	NP
MASA DE RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)		
MASA DE RECIPIENTE + SUELO SECO (g)		
MASA DE AGUA (g)		
MASA DE SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	---
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
 Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Copa Casagrande	ELC-003
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Vidrio esmerilado	---

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3
		Fecha : 24/03/23
		Página : 1-3

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE BARITINA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra:
 Cantera / Ubicación : -
 Calicata : C-2
 Muestra : M-1 + 10% BARITINA
 Prof. (m) : 0.00-1.50
 Cota (msnm) : -
 Coordenadas : -
 Fecha de Recepción : 25/04/2024
 Fecha de Ejecución : 19/06/2024
 Fecha de Emisión : 22/06/2024

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 2149.4

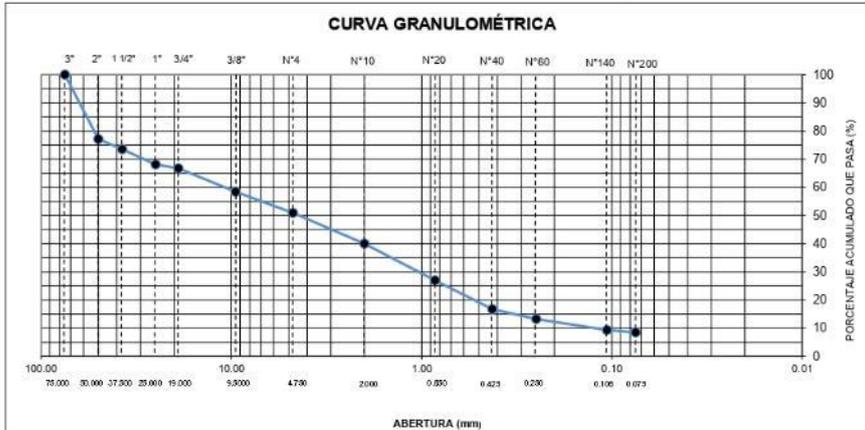
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g)	RET. (%)	PASA (%)
3"	75.000	-	-	100.0
2"	50.000	490.1	22.8	77.2
1 1/2"	37.500	78.9	3.7	73.5
1"	25.000	115.5	5.4	68.2
3/4"	19.000	30.1	1.4	66.8
3/8"	9.500	178.6	8.3	58.4
N° 4	4.750	160.8	7.5	51.0
N° 10	2.000	235.1	10.9	40.0
N° 20	0.850	280.4	13.0	27.0
N° 40	0.425	220.0	10.2	16.7
N° 60	0.250	74.5	3.5	13.3
N° 140	0.106	84.9	4.0	9.3
N° 200	0.075	18.5	0.9	8.5
-200.00		182.0	8.5	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	49.0
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	42.5
% Finos [< N° 200]	8.5

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	—
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	2.3

CLASIFICACIÓN	
CLASIFICACIÓN SUCS ASTM D 2487-05	GP-GM
CLASIFICACIÓN AASHTO ASTM D 3282-04	A-1-a(0)
Descripción de la muestra :	GRAVA POBREMENTE GRADADA CON LIMO



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Copa Casagrande	ELC-003

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE BARITINA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera / Ubicación : -
 Calicata : C-2
 Muestra : M-1 + 10% BARITINA
 Prof. (m) : 0.00-1.50
 Cota (msnm) : -
 Coordenadas : -
 Fecha de Recepción : 25/04/2024
 Fecha de Ejecución : 19/06/2024
 Fecha de Emisión : 22/06/2024

Recipiente N°	1	2
Masa de suelo humedo + recipiente g	653.3	488.2
Masa de suelo seco + recipiente g	640.8	479.4
Masa de recipiente g	102.1	98.5
Masa de agua g	12.5	8.8
Masa de suelo seco g	538.7	380.9
Contenido de agua %	2.3	2.3
Contenido de Humedad (%)	2.3	

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
 Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Horno	HOR-001

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 3-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

Nº INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE BARITINA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra
Cantera / Ubicación : -
Calicata : C-2
Muestra : M-1 + 10% BARITINA
Prof. (m) : 0.00-1.50
Cota (msnm) : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 25/04/2024
Fecha de Ejecución : 19/06/2024
Fecha de Emisión : 22/06/2024

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO N°		
NÚMERO DE GOLPES		
MASA DE RECIPIENTE (g)	NP	NP
MASA DE RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)		
MASA DE RECIPIENTE + SUELO SECO (g)		
MASA DE AGUA (g)		
MASA DE SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	---
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Copa Casagrande	ELC-003
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Vidrio esmerilado	---

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3
		Fecha : 24/03/23
		Página : 1-3

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE BARITINA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra:
 Cantera / Ubicación : -
 Calicata : C-2
 Muestra : M-1 + 15% BARITINA
 Prof. (m) : 0.00-1.50
 Cota (msnm) : -
 Coordenadas : -
 Fecha de Recepción : 25/04/2024
 Fecha de Ejecución : 19/06/2024
 Fecha de Emisión : 22/06/2024

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 2190.4

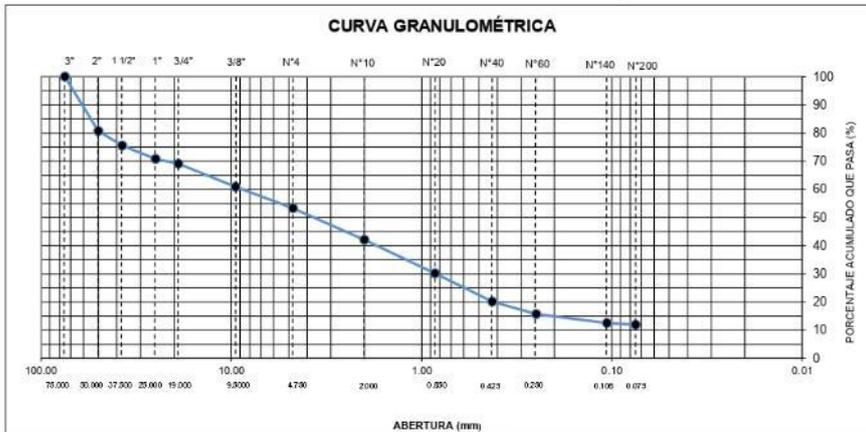
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g)	RET. (%)	PASA (%)
3"	75.000	-	-	100.0
2"	50.000	423.3	19.3	80.7
1 1/2"	37.500	112.1	5.1	75.6
1"	25.000	105.1	4.8	70.8
3/4"	19.000	36.3	1.7	69.1
3/8"	9.500	180.2	8.2	60.9
N° 4	4.750	165.9	7.6	53.3
N° 10	2.000	246.2	11.2	42.1
N° 20	0.850	260.4	11.9	30.2
N° 40	0.425	220.1	10.0	20.1
N° 60	0.250	96.2	4.4	15.7
N° 140	0.106	69.7	3.2	12.6
N° 200	0.075	13.1	0.6	12.0
-200.00		261.8	12.0	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	46.7
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	41.3
% Finos [< N° 200]	12.0

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	—
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	2.4

CLASIFICACIÓN	
CLASIFICACIÓN SUCS ASTM D 2487-05	GP-GM
CLASIFICACIÓN AASHTO ASTM D 3282-04	A-1-a(0)
Descripción de la muestra :	GRAVA POBREMENTE GRADADA CON LIMO



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
 Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Copa Casagrande	ELC-003

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE BARITINA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera / Ubicación : -
 Calicata : C-2
 Muestra : M-1 + 15% BARITINA
 Prof. (m) : 0.00-1.50
 Cota (msnm) : -
 Coordenadas : -
 Fecha de Recepción : 25/04/2024
 Fecha de Ejecución : 19/06/2024
 Fecha de Emisión : 22/06/2024

Recipiente N°	1	2
Masa de suelo humedo + recipiente g	452.6	563.3
Masa de suelo seco + recipiente g	444.3	552.6
Masa de recipiente g	85.4	110.1
Masa de agua g	8.3	10.7
Masa de suelo seco g	358.9	442.5
Contenido de agua %	2.3	2.4
Contenido de Humedad (%)	2.4	

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
 Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Horno	HOR-001

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 3-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

Nº INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE BARITINA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra
Cantera / Ubicación : -
Calicata : C-2
Muestra : M-1 + 15% BARITINA
Prof. (m) : 0.00-1.50
Cota (msnm) : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 25/04/2024
Fecha de Ejecución : 19/06/2024
Fecha de Emisión : 22/06/2024

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO N°		
NÚMERO DE GOLPES		
MASA DE RECIPIENTE (g)	NP	NP
MASA DE RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)		
MASA DE RECIPIENTE + SUELO SECO (g)		
MASA DE AGUA (g)		
MASA DE SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	---
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Copa Casagrande	ELC-003
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Vidrio esmerilado	---

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3
		Fecha : 24/03/23
		Página : 1-3

N° INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE BARITINA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra:
Cantera / Ubicación : -
Calicata : C-2
Muestra : M-1 + 20% BARITINA
Prof. (m) : 0.00-1.50
Cota (msnm) : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 25/04/2024
Fecha de Ejecución : 19/06/2024
Fecha de Emisión : 22/06/2024

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 2191.4

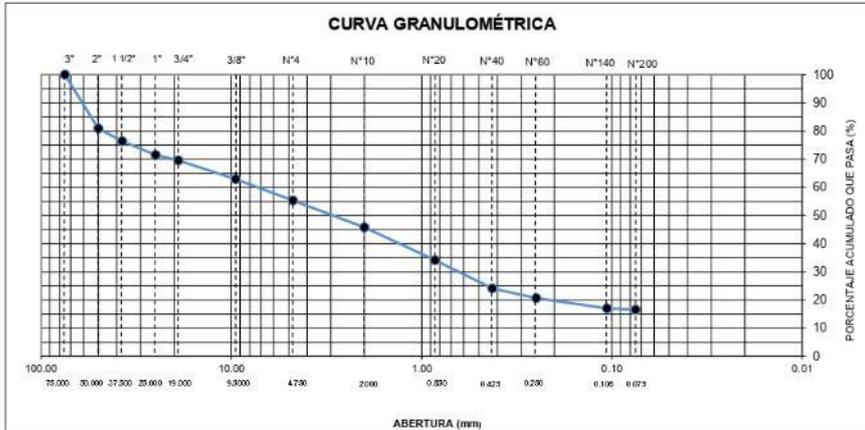
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g)	RET. (%)	PASA (%)
3"	75.000	-	-	100.0
2"	50.000	419.2	19.1	80.9
1 1/2"	37.500	96.6	4.5	76.4
1"	25.000	106.9	4.9	71.5
3/4"	19.000	42.1	1.9	69.6
3/8"	9.500	145.2	6.6	62.9
N° 4	4.750	165.9	7.6	55.4
N° 10	2.000	210.1	9.6	45.8
N° 20	0.850	255.1	11.6	34.1
N° 40	0.425	219.2	10.0	24.1
N° 60	0.250	76.1	3.5	20.7
N° 140	0.106	80.0	3.7	17.0
N° 200	0.075	10.1	0.5	16.6
-200.00		362.9	16.6	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	44.6
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	38.8
% Finos [< N° 200]	16.6

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	—
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	2.4

CLASIFICACIÓN	
CLASIFICACIÓN SUCS ASTM D 2487-05	GM
CLASIFICACIÓN AASHTO ASTM D 3282-04	A-1-b(0)
Descripción de la muestra :	GRAVA LIMOSA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Copa Casagrande	ELC-003

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE BARITINA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera / Ubicación : -
 Calicata : C-2
 Muestra : M-1 + 20% BARITINA
 Prof. (m) : 0.00-1.50
 Cota (msnm) : -
 Coordenadas : -
 Fecha de Recepción : 25/04/2024
 Fecha de Ejecución : 19/06/2024
 Fecha de Emisión : 22/06/2024

Recipiente N°	1	2
Masa de suelo humedo + recipiente g	508.3	325.5
Masa de suelo seco + recipiente g	499.2	320.0
Masa de recipiente g	123.5	90.4
Masa de agua g	9.1	5.5
Masa de suelo seco g	375.7	229.6
Contenido de agua %	2.4	2.4
Contenido de Humedad (%)	2.4	

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
 Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Balanza	BAL-005
Horno	HOR-001

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 3 Fecha : 24/03/23 Página : 3-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

Nº INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE BARITINA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA

Datos de la Muestra

Cantera / Ubicación : -
Calicata : C-2
Muestra : M-1 + 20% BARITINA
Prof. (m) : 0.00-1.50
Cota (msnm) : -
Coordenadas : -
Fecha de Recepción : 25/04/2024
Fecha de Ejecución : 19/06/2024
Fecha de Emisión : 22/06/2024

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO N°		
NÚMERO DE GOLPES		
MASA DE RECIPIENTE (g)	NP	NP
MASA DE RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)		
MASA DE RECIPIENTE + SUELO SECO (g)		
MASA DE AGUA (g)		
MASA DE SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	---
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
Realizado por : Tec. B.L.H

Equipos	Código
Copa Casagrande	ELC-003
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-001
Vidrio esmerilado	---



FORMULARIO

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Código : D-19
 Revisión : 2
 Fecha : 01/03/23
 Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
 NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
 FECHA : JUNIO DEL 2024
 Fecha de Recepción : 25/04/24
 Fecha de Ejecución : 15/06/24

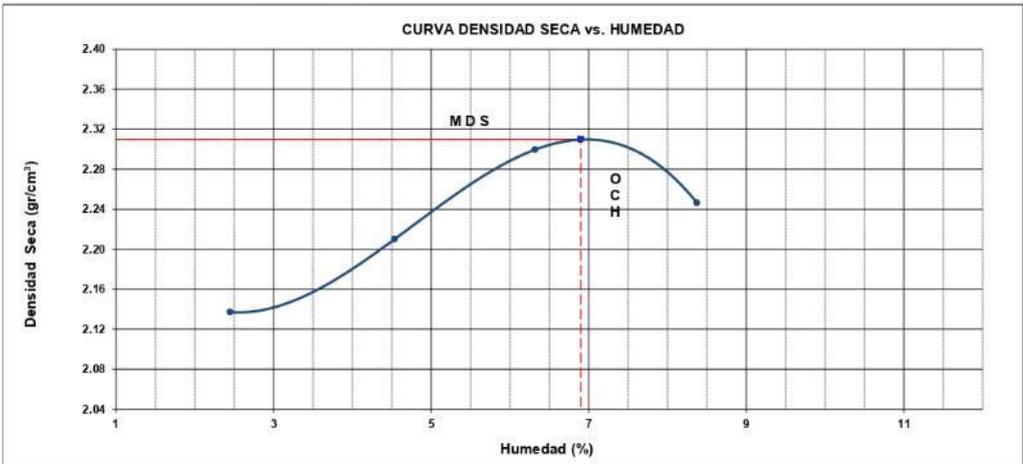
Calicata : C-2
 Muestra : Natural
 Prof.(m) : -
 Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -
 Clasificación SUCS : GP
 Clasificación AASHTO : A-1-a(0)

Peso específico : -
 Metodo : C

COMPACTACIÓN					
Prueba N°	1	2	3	4	
Masa del molde + Suelo compacto (g)	11055	11312	11598	11576	
Masa del Molde (g)	6400	6400	6400	6400	
Masa suelo compacto (g)	4655	4912	5198	5176	
Volumen del Molde (cm ³)	2126.1	2126.1	2126.1	2126.1	
Densidad Humeda (g/cm ³)	2.189	2.310	2.445	2.435	
Densidad seca (g/cm ³)	2.137	2.210	2.300	2.246	

HUMEDAD					
Recipiente N°	1	2	3	4	
Recipiente + suelo humedo (g)	480.7	450.7	464.6	481.8	
Recipiente + suelo seco (g)	470.9	434.2	441.1	450.0	
Masa del agua (g)	9.8	16.5	23.5	31.8	
Masa de tara (g)	70.5	70.5	69.2	70.3	
Masa suelo seco (g)	400.4	363.7	371.9	379.7	
Contenido de humedad(%)	2.4	4.5	6.3	8.4	

Maxima Densidad Seca : 2.310 (g/cm³)
 Optimo Contenido Humedad : 6.9 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.CH.

Equipos usados	Codigo
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-001

	FORMULARIO	Código : D-20
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 2
		Fecha : 01/03/23
		Página : 2 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
 FECHA : JUNIO DEL 2024

Fecha de Recepción : 25/04/24
 Fecha de Ejecución : 15/06/24

Calicata : C-2
 Muestra : Natural
 Prof.(m) : -
 MDS (gr/cm3) : 2.310
 OCH (%) : 6.9

Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -

Clasificación SUCTO : GP
 Clasificación AASHTO : A-1-a(0)

COMPACTACIÓN

N° molde	I		II		III	
	56		25		10	
N° de golpes por capa						
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	saturado
Peso del molde + Suelo compacto (g)	12980	13061	13142	13281	13194	13358
Peso del Molde (g)	7696	7696	8138	8138	8402	8402
Peso suelo compacto (g)	5284	5365	5004	5143	4792	4956
Volumen del suelo (cm3)	2144	2144	2117	2117	2126	2126
Densidad Humeda (g/cm3)	2.465	2.503	2.363	2.429	2.254	2.331
Densidad seca (g/cm3)	2.309	2.327	2.211	2.239	2.108	2.131

HUMEDAD

Recipiente N°	1	2	3	4	5	6
Recipiente + suelo humedo (g)	382.7	845.6	386.3	529.3	385.8	528.0
Recipiente + suelo seco (g)	363.0	791.1	365.8	492.2	365.6	488.2
Masa del agua (g)	19.7	54.5	20.5	37.1	20.2	39.8
Masa de recipiente (g)	71.3	69.1	69.0	65.9	73.2	63.6
Masa suelo seco (g)	291.7	722.0	296.8	436.3	292.4	424.6
Contenido de humedad(%)	6.8	7.5	6.9	8.5	6.9	9.4

EXPANSIÓN

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
15/06/2024	0	8:06:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
16/06/2024	24	8:07:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
17/06/2024	48	8:05:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
18/06/2024	72	8:06:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
19/06/2024	96	8:04:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE CARGA Lb/pulg2	I		MOLDE CARGA Lb/pulg2	II		MOLDE CARGA Lb/pulg2	III	
			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN	
			Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)
0.000		0			0			0		
0.025		82.2			26.4			14.0		
0.050		198.3			114.6			86.7		
0.075		402.4			266.6			174.0		
0.100	1000	611.0	857.8	85.8	411.2	606.1	60.6	260.7	357.0	35.7
0.125		831.3			569.8			352.5		
0.150		1044.2			726.3			439.1		
0.175		1308.6			876.8			511.1		
0.200	1500	1468.7	1700.0	113.3	1028.8	1180.0	78.7	587.5	700.0	46.7
0.300		2001.1			1386.4			823.9		
0.400		2292.6			1582.5			970.8		
0.500		2512.9			1705.1			970.8		

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Sé aplico una carga de asiento de 4.54 kg y luego se taro.
 Realizado por Tec. J.CH.

Equipo usados	Codigo
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-001
Prensa CBR	SPE-002

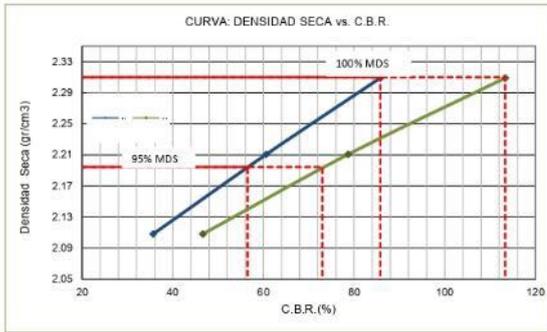
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883

N° INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024

Fecha de Recepción : 25/04/24
Fecha de Ejecución : 15/06/24

UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
FECHA : JUNIO DEL 2024

Calicata : C-2
Muestra : Natural
Prof.(m) : -
Cantera : -
Progresiva : -
Coordenadas : -
Clasificación SUCS : GP
Clasificación AASHTO : A-1-a(0)

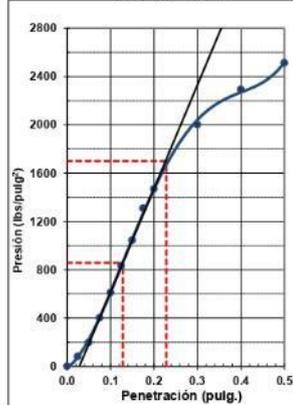


MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.310
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.9
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.195

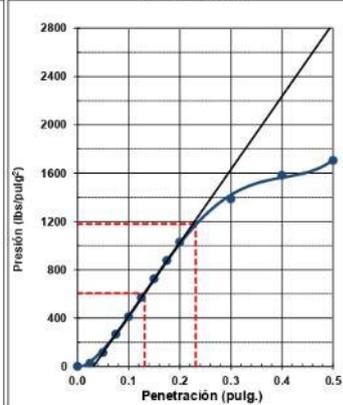
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	85.8	0.2"	113.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	56.5	0.2"	73.0

RESULTADOS:
C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 85.8
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 56.5
C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 113.3
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 73.0

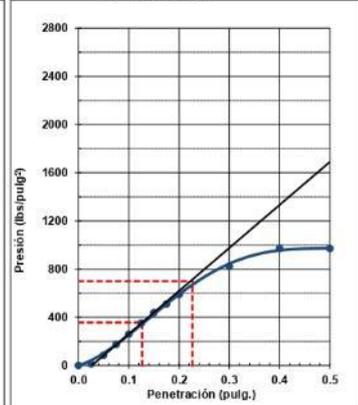
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados	Codigo
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-001
Prensa CBR	SPE-002



FORMULARIO

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Código : D-19
 Revisión : 2
 Fecha : 01/03/23
 Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
 NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
 FECHA : JUNIO DEL 2024
 Fecha de Recepción : 25/04/24
 Fecha de Ejecución : 15/06/24

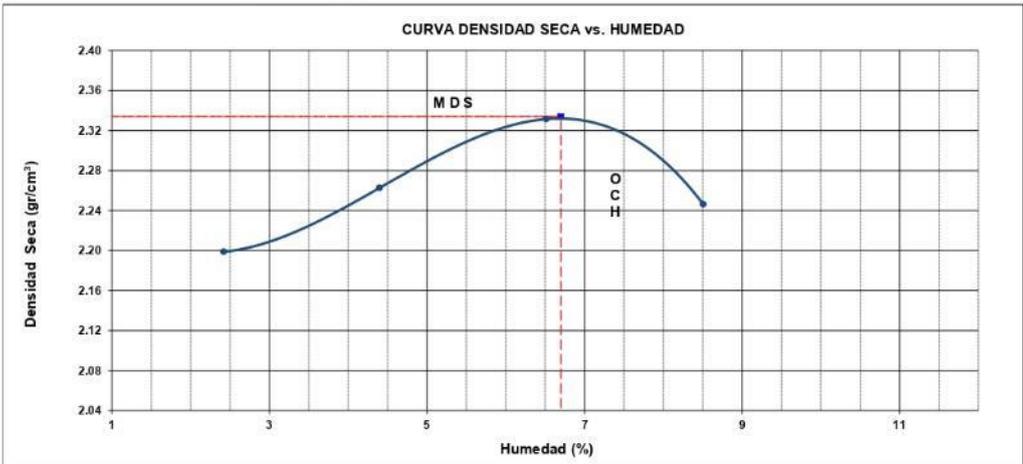
Calicata : C-4
 Muestra : Natural
 Prof.(m) : -
 Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -
 Clasificación SUCS : GP
 Clasificación AASHTO : A-1-a(0)

Peso específico : -
 Metodo : C

COMPACTACIÓN					
Prueba N°	1	2	3	4	
Masa del molde + Suelo compacto (g)	11188	11422	11680	11582	
Masa del Molde (g)	6400	6400	6400	6400	
Masa suelo compacto (g)	4788	5022	5280	5182	
Volumen del Molde (cm ³)	2126.1	2126.1	2126.1	2126.1	
Densidad Humeda (g/cm ³)	2.252	2.362	2.483	2.437	
Densidad seca (g/cm ³)	2.199	2.263	2.331	2.246	

HUMEDAD					
Recipiente N°	1	2	3	4	
Recipiente + suelo humedo (g)	512.5	555.6	495.5	488.2	
Recipiente + suelo seco (g)	502.2	535.0	469.6	455.5	
Masa del agua (g)	10.3	20.6	25.9	32.7	
Masa de tara (g)	76.6	66.6	72.2	71.2	
Masa suelo seco (g)	425.6	468.4	397.4	384.3	
Contenido de humedad(%)	2.4	4.4	6.5	8.5	

Maxima Densidad Seca : 2.334 (g/cm³)
 Optimo Contenido Humedad : 6.7 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.CH.

Equipos usados	Codigo
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-001

	FORMULARIO	Código : D-20
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 2
		Fecha : 01/03/23
		Página : 2 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 24-078	Fecha de Recepción : 25/04/24	
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL	Fecha de Ejecución : 15/06/24	
ENTIDAD : -		
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024		
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA		
FECHA : JUNIO DEL 2024		
Calicata : C-4	Cantera : -	Clasificación SUCTO : GP
Muestra : Natural	Progresiva : -	Clasificación AASHTO : A-1-a(0)
Prof.(m) : -		
MDS (gr/cm3) : 2.334	Coordenadas : -	
OCH (%) : 6.7		

COMPACTACIÓN

N° molde	I		II		III	
	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	saturado
N° de golpes por capa	56		25		10	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	saturado
Peso del molde + Suelo compacto (g)	13018	13102	13005	13152	12802	13002
Peso del Molde (g)	7700	7700	7906	7906	7880	7880
Peso suelo compacto (g)	5318	5402	5099	5246	4922	5122
Volumen del suelo (cm3)	2136	2136	2129	2129	2134	2134
Densidad Humeda (g/cm3)	2.489	2.529	2.395	2.464	2.306	2.400
Densidad seca (g/cm3)	2.334	2.352	2.246	2.271	2.161	2.188

HUMEDAD

Recipiente N°	1	2	3	4	5	6
Recipiente + suelo humedo (g)	422.5	512.5	429.5	602.5	512.6	529.6
Recipiente + suelo seco (g)	400.8	482.0	407.2	560.3	484.8	488.2
Masa del agua (g)	21.7	30.5	22.3	42.2	27.8	41.4
Masa de recipiente (g)	75.5	76.6	72.5	63.6	69.9	60.5
Masa suelo seco (g)	325.3	405.4	334.7	496.7	414.9	427.7
Contenido de humedad(%)	6.7	7.5	6.7	8.5	6.7	9.7

EXPANSIÓN

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
15/06/2024	0	8:06:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
16/06/2024	24	8:07:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
17/06/2024	48	8:05:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
18/06/2024	72	8:06:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
19/06/2024	96	8:04:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE CARGA Lb/pulg2	I		MOLDE CARGA Lb/pulg2	II		MOLDE CARGA Lb/pulg2	III	
			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN	
			Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)
0.000		0			0			0		
0.025		86.4			30.0			17.4		
0.050		208.2			129.9			108.3		
0.075		422.5			302.3			217.6		
0.100	1000	641.5	900.6	90.1	466.3	687.8	68.8	325.9	425.7	42.6
0.125		872.8			646.2			440.7		
0.150		1096.4			823.6			549.0		
0.175		1374.0			994.3			639.0		
0.200	1500	1542.1	1750.0	116.7	1166.7	1330.0	88.7	734.5	840.0	56.0
0.300		2101.1			1572.2			1030.1		
0.400		2407.2			1794.5			1213.7		
0.500		2537.1			1912.9			1311.6		

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.	Equipo usados	Codigo
Realizado por : Tec. J.CH.	Balanza	BAL-005
	Balanza	BAL-003
	Horno	HOR-001
	Prensa CBR	SPE-002

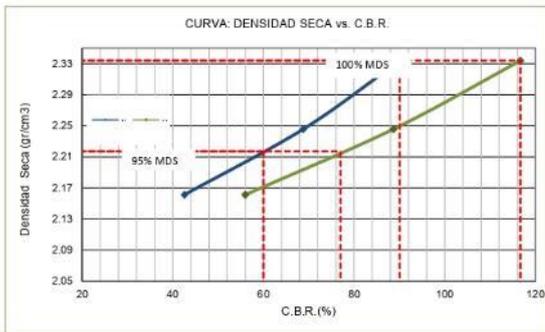
**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024

Fecha de Recepción : 25/04/24
Fecha de Ejecución : 15/06/24

UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
FECHA : JUNIO DEL 2024

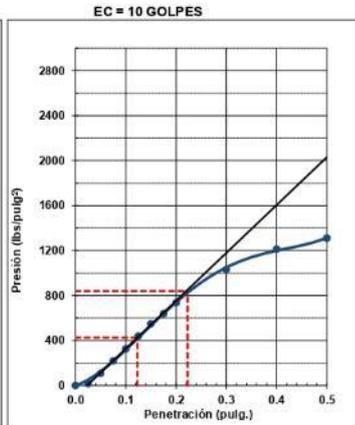
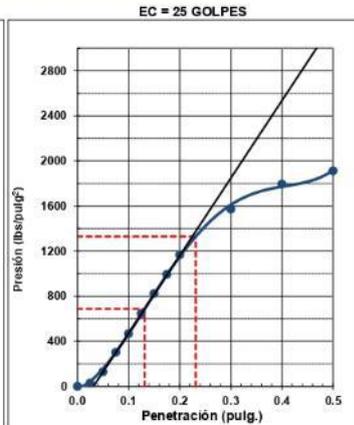
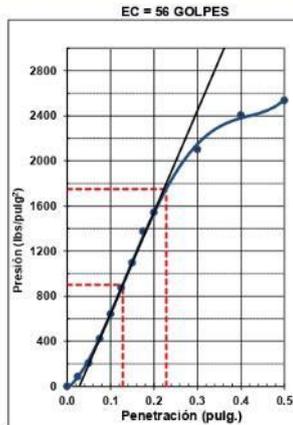
Calicata : C-4
Muestra : Natural
Prof.(m) : -
Cantera : -
Progresiva : -
Coordenadas : -
Clasificación SUCS : GP
Clasificación AASHTO : A-1-a(0)



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.334
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.7
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.217

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	90.1	0.2"	116.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	60.0	0.2"	77.0

RESULTADOS:
C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 90.1
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 60.0
C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 116.7
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 77.0



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados	Codigo
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-001
Prensa CBR	SPE-002



FORMULARIO

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Código : D-19
 Revisión : 2
 Fecha : 01/03/23
 Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
 NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
 FECHA : JUNIO DEL 2024
 Fecha de Recepción : 25/04/24
 Fecha de Ejecución : 15/06/24

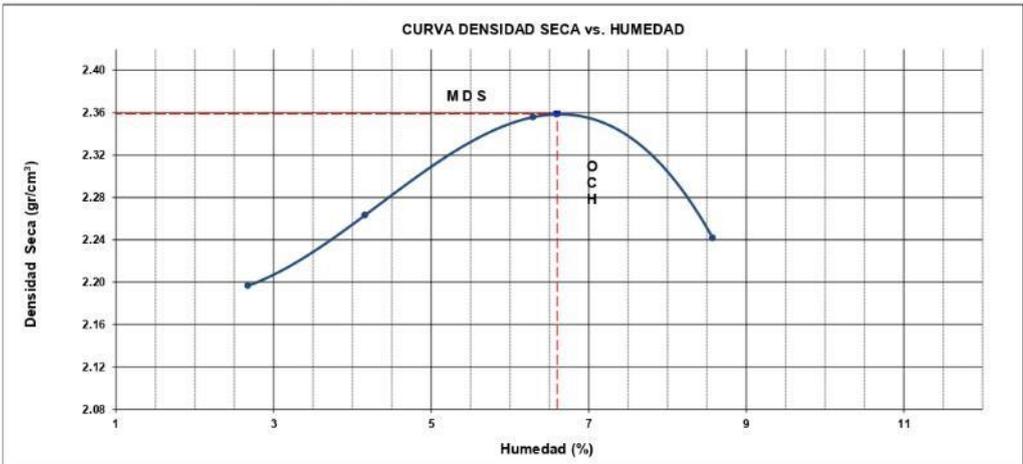
Calicata : C-2
 Muestra : Baritina 10%
 Prof.(m) : -
 Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -
 Clasificación SUCS : GP
 Clasificación AASHTO : A-1-a(0)

Peso específico : -
 Metodo : C

COMPACTACIÓN					
Prueba N°	1	2	3	4	
Masa del molde + Suelo compacto (g)	11195	11412	11724	11575	
Masa del Molde (g)	6400	6400	6400	6400	
Masa suelo compacto (g)	4795	5012	5324	5175	
Volumen del Molde (cm ³)	2126.1	2126.1	2126.1	2126.1	
Densidad Humeda (g/cm ³)	2.255	2.357	2.504	2.434	
Densidad seca (g/cm ³)	2.197	2.263	2.356	2.242	

HUMEDAD					
Recipiente N°	1	2	3	4	
Recipiente + suelo humedo (g)	466.2	468.6	448.6	468.8	
Recipiente + suelo seco (g)	458.8	452.5	425.9	436.8	
Masa del agua (g)	10.4	16.1	22.7	32.0	
Masa de tara (g)	66.5	65.5	65.3	63.6	
Masa suelo seco (g)	389.3	387.0	360.6	373.2	
Contenido de humedad(%)	2.7	4.2	6.3	8.6	

Maxima Densidad Seca : 2.359 (g/cm³)
 Optimo Contenido Humedad : 6.6 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.CH.

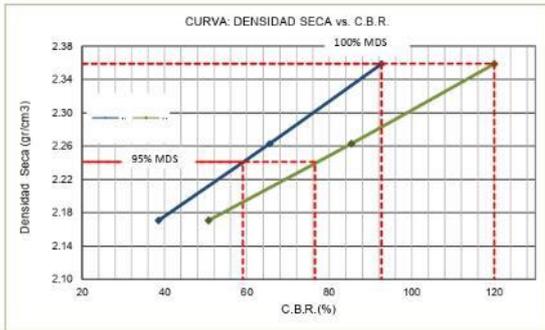
Equipos usados	Codigo
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-001

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
FECHA : JUNIO DEL 2024

Fecha de Recepción : 25/04/24
Fecha de Ejecución : 15/06/24

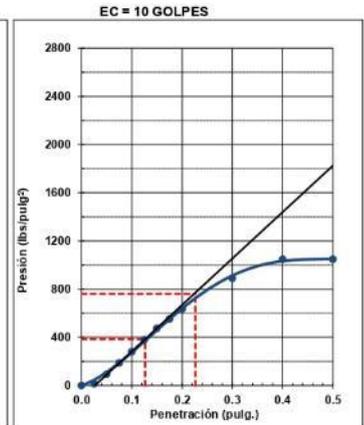
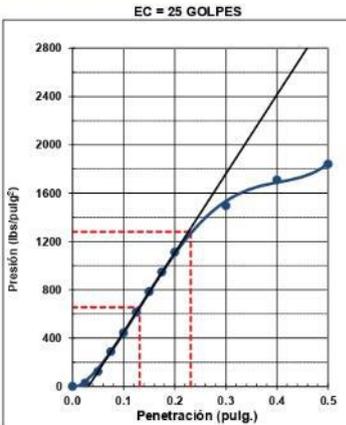
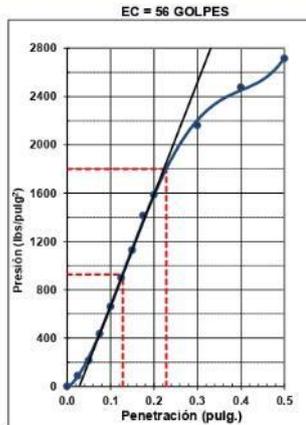
Calicata : C-2
Muestra : Baritina 10%
Prof.(m) : -
Cantera : -
Progresiva : -
Coordenadas : -
Clasificación SUCS : GP
Clasificación AASHTO : A-1-a(0)



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.359
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.6
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.241

C.B.R. al 100% de M.D.S. (% 0.1" :	92.6	0.2":	120.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (% 0.1" :	59.0	0.2":	76.5

RESULTADOS:
C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 92.6
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 59.0
C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 120.0
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 76.5



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados	Codigo
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-001
Prensa CBR	SPE-002



FORMULARIO

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Código : D-19
 Revisión : 2
 Fecha : 01/03/23
 Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
 NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 24-078
 SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
 UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
 FECHA : JUNIO DEL 2024
 Fecha de Recepción : 25/04/24
 Fecha de Ejecución : 15/06/24

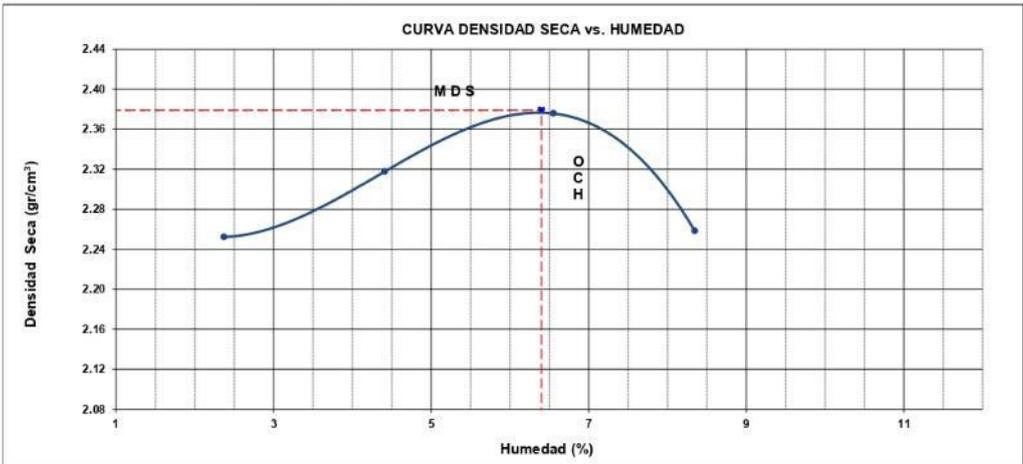
Calicata : C-2
 Muestra : Baritina 15%
 Prof.(m) : -
 Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -
 Clasificación SUCS : GP
 Clasificación AASHTO : A-1-a(0)

Peso específico : -
 Metodo : C COMPACTACIÓN

Prueba N°	1	2	3	4
Masa del molde + Suelo compacto (g)	11302	11545	11782	11602
Masa del Molde (g)	6400	6400	6400	6400
Masa suelo compacto (g)	4902	5145	5382	5202
Volumen del Molde (cm ³)	2126.1	2126.1	2126.1	2126.1
Densidad Humeda (g/cm ³)	2.306	2.420	2.531	2.447
Densidad seca (g/cm ³)	2.252	2.318	2.376	2.258

Recipiente N°	1	2	3	4
Recipiente + suelo humedo (g)	441.2	441.6	450.6	455.9
Recipiente + suelo seco (g)	432.5	425.5	426.8	425.9
Masa del agua (g)	8.7	16.1	23.8	30.0
Masa de tara (g)	65.5	60.5	63.6	66.5
Masa suelo seco (g)	367.0	365.0	363.2	359.4
Contenido de humedad(%)	2.4	4.4	6.6	8.3

Maxima Densidad Seca : 2.379 (g/cm³)
 Optimo Contenido Humedad : 6.4 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.CH.
 Equipos usados : Balanza BAL-005, Balanza BAL-003, Horno HOR-001

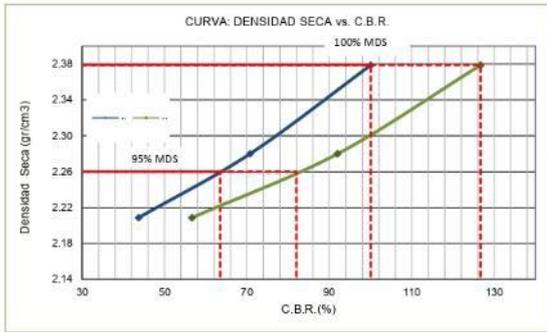
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883

N° INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
FECHA : JUNIO DEL 2024

Fecha de Recepción : 25/04/24
Fecha de Ejecución : 15/06/24

Calicata : C-2
Muestra : Baritina 15%
Prof.(m) : -
Cantera : -
Progresiva : -
Coordenadas : -
Clasificación SUCS : GP
Clasificación AASHTO : A-1-a(0)

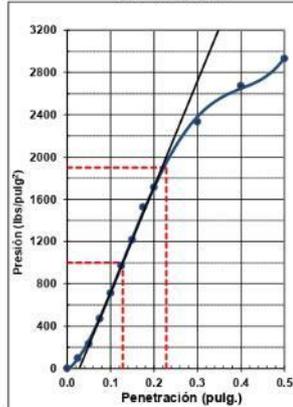


MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.379
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.4
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.260

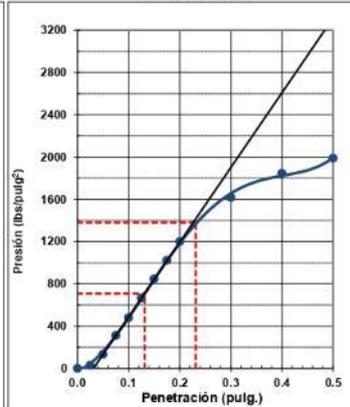
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	100.0	0.2"	126.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	63.5	0.2"	82.0

RESULTADOS:
C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 100.0
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 63.5
C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 126.7
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 82.0

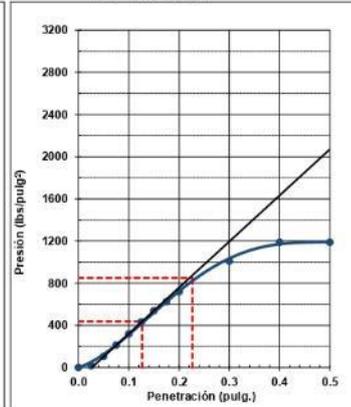
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados	Codigo
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-001
Prensa CBR	SPE-002



FORMULARIO
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Código : D-19
Revisión : 2
Fecha : 01/03/23
Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
FECHA : JUNIO DEL 2024

Fecha de Recepción : 25/04/24
Fecha de Ejecución : 15/06/24

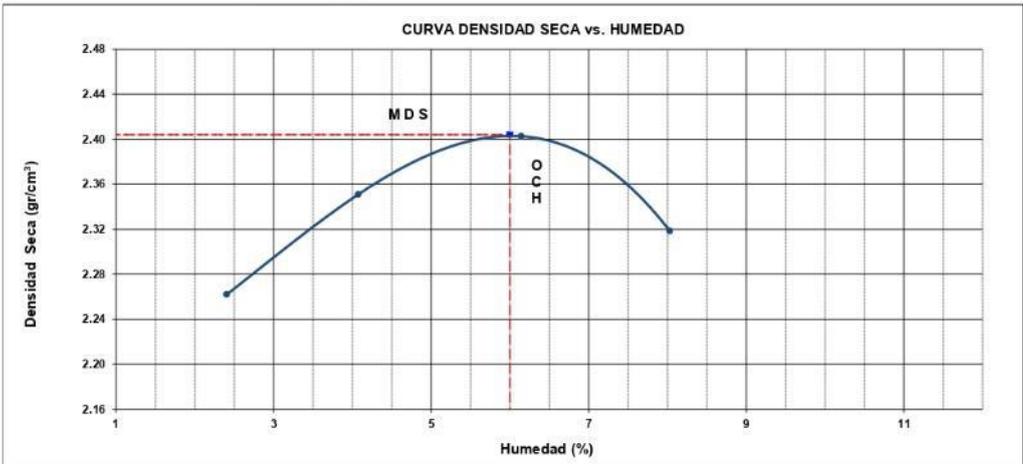
Calicata : C-2
Muestra : Baritina 20%
Prof.(m) : -
Cantera : -
Progresiva : -
Coordenadas : -
Clasificación SUCS : GP
Clasificación AASHTO : A-1-a(0)

Peso específico : -
Metodo : C

COMPACTACIÓN					
Prueba N°	1	2	3	4	
Masa del molde + Suelo compacto (g)	11325	11602	11822	11725	
Masa del Molde (g)	6400	6400	6400	6400	
Masa suelo compacto (g)	4925	5202	5422	5325	
Volumen del Molde (cm ³)	2126.1	2126.1	2126.1	2126.1	
Densidad Humeda (g/cm ³)	2.316	2.447	2.550	2.505	
Densidad seca (g/cm ³)	2.262	2.351	2.403	2.318	

HUMEDAD					
Recipiente N°	1	2	3	4	
Recipiente + suelo humedo (g)	480.7	450.7	464.6	481.8	
Recipiente + suelo seco (g)	470.9	435.5	441.5	451.1	
Masa del agua (g)	9.8	15.2	23.1	30.7	
Masa de tara (g)	63.6	62.5	65.5	68.8	
Masa suelo seco (g)	407.3	373.0	376.0	382.3	
Contenido de humedad(%)	2.4	4.1	6.1	8.0	

Maxima Densidad Seca : 2.404 (g/cm³)
Optimo Contenido Humedad : 6.0 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
Realizado por : Tec. J.CH.

Equipos usados	Codigo
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-001

	FORMULARIO	Código : D-20
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 2
		Fecha : 01/03/23
		Página : 2 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 24-078	Fecha de Recepción : 25/04/24
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL	Fecha de Ejecución : 15/06/24
ENTIDAD : -	
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024	
UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA	
FECHA : JUNIO DEL 2024	
Calicata : C-2	Cantera : -
Muestra : Baritina 20%	Progresiva : -
Prof.(m) : -	Coordenadas : -
MDS (gr/cm3) : 2.404	Clasificación SUCTO : GP
OCH (%) : 6.0	Clasificación AASHTO : A-1-a(0)

COMPACTACIÓN

N° molde	I		II		III	
	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	saturado
Nº de golpes por capa	56		25		10	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	saturado
Peso del molde + Suelo compacto (g)	13937	14091	13704	13865	12763	12946
Peso del Molde (g)	8515	8515	8491	8491	7755	7755
Peso suelo compacto (g)	5422	5576	5213	5374	5008	5191
Volumen del suelo (cm3)	2127	2127	2126	2126	2126	2126
Densidad Humeda (g/cm3)	2.549	2.622	2.452	2.528	2.356	2.442
Densidad seca (g/cm3)	2.404	2.435	2.314	2.330	2.223	2.228

HUMEDAD

Recipiente N°	1	2	3	4	5	6
Recipiente + suelo humedo (g)	815.7	904.1	727.2	685.5	374.5	669.5
Recipiente + suelo seco (g)	778.2	844.6	690.1	636.9	357.4	616.6
Masa del agua (g)	37.5	59.5	37.1	48.6	17.1	52.9
Masa de recipiente (g)	156.3	69.5	69.5	63.6	71.9	65.5
Masa suelo seco (g)	621.9	776.1	620.6	573.3	285.5	551.1
Contenido de humedad(%)	6.0	7.7	6.0	8.5	6.0	9.6

EXPANSIÓN

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
15/06/2024	0	8:06:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
16/06/2024	24	8:07:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
17/06/2024	48	8:05:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
18/06/2024	72	8:06:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
19/06/2024	96	8:04:00 a. m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE CARGA Lb/pulg2	I		MOLDE CARGA Lb/pulg2	II		MOLDE CARGA Lb/pulg2	III	
			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN	
			Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)
0.000		0			0			0		
0.025		103.6			33.3			18.5		
0.050		249.8			144.3			114.6		
0.075		506.9			335.8			230.2		
0.100	1000	769.6	1080.6	108.1	518.0	764.0	76.4	344.8	467.8	46.8
0.125		1047.2			717.8			466.2		
0.150		1315.4			914.9			580.8		
0.175		1648.4			1104.5			676.0		
0.200	1500	1850.1	2080.0	138.7	1296.0	1480.0	98.7	777.0	950.0	63.3
0.300		2520.8			1746.5			1089.8		
0.400		2955.7			2023.1			1284.1		
0.500		3084.2			2148.0			1284.1		

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.	Equipo usados	Código
Realizado por : Tec. J.CH.	Balanza	BAL-005
	Balanza	BAL-003
	Horno	HOR-001
	Prensa CBR	SPE-002

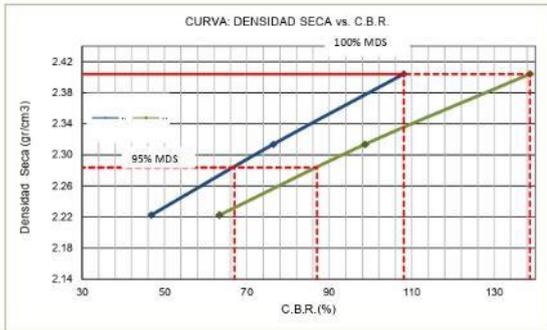
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883

N° INFORME : JCH 24-078
SOLICITANTE : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
ENTIDAD : -
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024

Fecha de Recepción : 25/04/24
Fecha de Ejecución : 15/06/24

UBICACIÓN : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
FECHA : JUNIO DEL 2024

Calicata : C-2
Muestra : Baritina 20%
Prof.(m) : -
Cantera : -
Progresiva : -
Coordenadas : -
Clasificación SUCS : GP
Clasificación AASHTO : A-1-a(0)



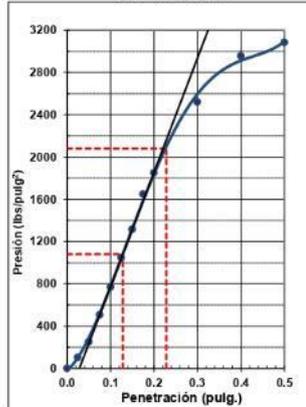
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.404
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.0
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.284

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	108.1	0.2"	138.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	67.0	0.2"	87.0

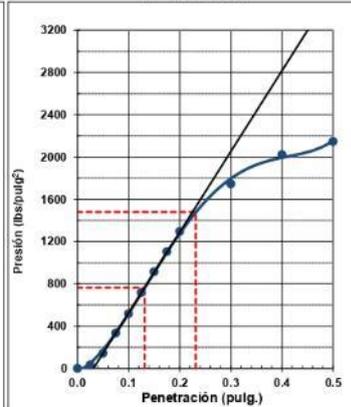
RESULTADOS:

C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 108.1
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 67.0
C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 138.7
C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 87.0

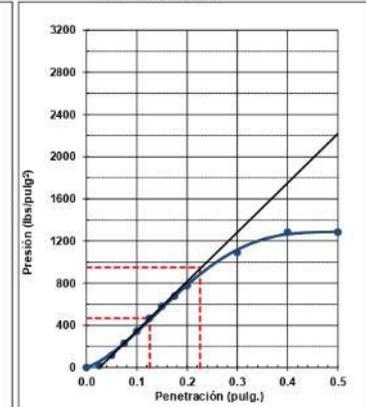
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados	Codigo
Balanza	BAL-005
Balanza	BAL-003
Horno	HOR-001
Prensa CBR	SPE-002

Anexo 6. Resultados del diseño del pavimento flexible sin y con baritina

- 2) Las características de la sub rasante sobre las que se asienta el pavimento, están definidas en seis (06) categorías de sub rasante, en base a su capacidad de soporte CBR.

Cuadro 12.4
Categorías de Sub rasante

CATEGORÍAS DE SUB RASANTE	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Elaboración propia

CBR 95% = 56.5

S₅: Sub Rasante Excelente

- a) Caminos de 75,000 hasta 1'000,000 EE, en el carril y período de diseño.

Cuadro 12.1
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2 t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P0}	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T _{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T _{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T _{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T _{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

Nota: T_{PX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

PX = Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3, 4)

De acuerdo a los EE, podemos determinar que nos encontramos en el rango de T_{P2}

e) Desviación Estándar Combinada (So)

La Desviación Estándar Combinada (So), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de So comprendidos entre 0.40 y 0.50, en el presente Manual se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45.

Cuadro 12.6
Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño
(10 o 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T _{P15}		>30'000,000	95%

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

De acuerdo al cuadro anterior establecemos como **NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)** de la vía a diseñar en un 75%.

Cuadro 12.8
Coefficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z_R)
Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años)
Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T _{P15}		>30'000,000	-1.645

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

De acuerdo al cuadro anterior establecemos como **DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Z_R)** de la vía a diseñar en un -0.674.

Cuadro 12.10
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,00	150,000	3.80
	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750 001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.00
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.00
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.00
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.20
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.20
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.20
	TP15		>30'000,000	4.20

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

De acuerdo al cuadro anterior establecemos como **ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL** de la vía a diseñar en un 3.80.

Cuadro 12.11
Índice de Serviabilidad Final (Pt) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	2.00
	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750,001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001	10'000,000	2.50
	TP10	10'000,001	12'500,000	2.50
	TP11	12'500,001	15'000,000	2.50
	TP12	15'000,001	20'000,000	3.00
	TP13	20'000,001	25'000,000	3.00
	TP14	25'000,001	30'000,000	3.00
	TP15		>30'000,000	3.00

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

De acuerdo al cuadro anterior establecemos como **ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL** de la vía a diseñar en un 2.00.

Cuadro 12.17
Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa Superficial y Base Granular

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL	BASE GRANULAR
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{F1}	150,001	300,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío:	150 mm
	T _{F2}	300,001	500,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío:	150 mm
	T _{F3}	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
	T _{F4}	750,001	1,000,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
Resto de Caminos	T _{F5}	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
	T _{F6}	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T _{F7}	3,000,001	5,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T _{F8}	5,000,001	7,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm	250 mm
	T _{F9}	7,500,001	10'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm	250 mm
	T _{F10}	10'000,001	12'500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm	250 mm
	T _{F11}	12'500,001	15'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm	250 mm
	T _{F12}	15'000,001	20'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm	250 mm
	T _{F13}	20'000,001	25'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm
	T _{F14}	25'000,001	30'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO '93

Se requiere de acuerdo al cuadro anterior un espesor de Carpeta Asfáltica de 5cm y 15 cm de base granular.

Datos	
W ₁₈	: 441047
R%	: 75
Z _r	: -0.674
S _o	: 0.45
PSI _i	: 3.8
PSI _f	: 2
ΔPSI	: 1.8
CBR-95%	: 56.5
MR (MTC)	: 35174.05
SN ₀	: 2.1
Variación	: 0.005
M _R = 2555x CBR ^{0.46}	
MR	: 35174.0515
M _R = 1500x CBR	
MR	: 84750
K1-K3	: 3.67054891

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + (SN + 1)^{5.19}} + 2.32 * \log_{10}(MR) - 8.07$$

$$K_1 = \log_{10}[W_{18}] - Z_r * S_o + 0.20 + 8.07 \quad \mathbf{14.21778487}$$

$$K_2 = \log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right] \quad \mathbf{-0.17609126}$$

$$K_3 = 2.32 * \log_{10}(MR) \quad \mathbf{10.54723596}$$

$$J_1 = 9.36 * \log_{10}(SN + 1)$$

$$J_2 = \frac{K_2}{0.40 + (SN + 1)^{5.19}}$$

R%	Z _r	Sel-R%	Sel-Z _r
50	0	75	-0.674
60	-0.253		
70	-0.524		
75	-0.674		
80	-0.841		
85	-1.036		
90	-1.282		
91	-1.34		
92	-1.405		
93	-1.476		
94	-1.555		
95	-1.645		
96	-1.751		
97	-1.881		
98	-2.054		
99	-3.09		
99.99	-3.75		

Tabla 7.6: Desviación estándar, Z_r

Confiability R, %	Desviación Estándar Normal Z _r
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-3.090
99.99	-3.750

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Iteracion	SN	J1	J2	(K1-K3)-(J1+J2)
1	1.45	3.64259455	-0.01622496	0.04417933
2	1.455	3.65088201	-0.01639113	0.03605804
3	1.46	3.6591526	-0.01655858	0.02795489
4	1.465	3.66740641	-0.01672733	0.01986984
5	1.47	3.67564348	-0.01689739	0.01180282
6	1.475	3.6838639	-0.01706876	0.00375377
7	1.48	3.69206773	-0.01724144	-0.00427737
8	1.485	3.70025504	-0.01741545	-0.01229068
9	1.49	3.70842589	-0.01759078	-0.02028619
10	1.495	3.71658035	-0.01776745	-0.02826398
11	1.5	3.72471848	-0.01794546	-0.03622411
12	1.505	3.73284035	-0.01812481	-0.04416663
13	1.51	3.74094603	-0.01830552	-0.0520916
14	1.515	3.74903558	-0.01848759	-0.05999908
15	1.52	3.75710906	-0.01867101	-0.06788913
16	1.525	3.76516654	-0.01885581	-0.07576181
17	1.53	3.77320808	-0.01904199	-0.08361718

ESAL	441047	4.41E+05
SN-Total	1.48	
SN-Diseño	1.6300	
Coeficiente de Drenaje		
m2=	1	
m3=	1	
INGRESAR VALORES		
SN1*=	0.88	
SN2*=	1.3	
SN3*=	1.48	

$$SN = a1 * D1 + a2 * D2^2 + a3 * D3^3 * m3$$

Fecha
29/06/2024

a1	0.170
a2	0.052
a3	0.047

$$D1 = SN1^* / a1$$

$$D2 = (SN2 - SN1) / a2 * m2$$

$$D3 = (SN3^* - (SN1 + SN2)) / (a3 * m3)$$

	D-cm	D-pulg	SN	
D1	5	2	0.8500	SN1
D2	15	5.9	0.7800	SN2
D3	0	0	0.0000	SN3

Espesores Finales	Pulg.	cm
Carpeta Asfáltica	2	5
Base Granular	5.9	15
Sub-Base Granular	0	0

SN-Diseño	SN-Requerido
1.6300	1.48
Diseño Ok	

DISEÑO DE PAVIMENTOS - METODO AASHTO 1993

Solicitante : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
Proyecto : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
Ubicación : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
Fecha : Junio 2024

Diseño: DisPAv - Asfalto T_p - 2

Pavimento : Flexible

n= 10 Años

CBR_{Subrasante}= 56.5

TRANSITO W18	R (%)	ZR	So	MR	Po	Pt	DPSI	SN
441047	75	-0.674	0.45	35174.05	3.8	2	1.8	1.48

$$Log_{10}(W_{18}) = Zr * So + 9.36 * Log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{Log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * Log_{10}(MR) - 8.07$$

Donde:

- n : Periodo de Diseño
- R : Nivel de Confiabilidad
- ZR : Desviación Standard Normal
- So : Error Standard en la Predicción del tráfico y la performance
- MR : Modulo de Resiliencia Efectivo de la Subrasante
- Po : Índice de Serviciabilidad Inicial
- Pt : Índice de Serviciabilidad Final
- DPSI : Pérdida del Índice de Serviciabilidad
- SN : Número Estructural
- W₁₈ : Número de Repeticiones de Carga del Eje Equivalente (8.2 Tn)

CAPA	ESPESOR Di		Coeficiente Estructural	Coeficiente de Drenaje	Número Estructural SN
	Pulg.	Cm.			
CA	2.0	5	0.170		0.850
BG	5.9	15	0.052	1	0.780
SBG	0.0	0	0.047	1	0.000

Total	7.9	20.0			1.630
-------	-----	------	--	--	-------

CA: CARPETA ASFALTICA
 BG: BASE GRANULAR
 SBG: SUB BASE GRANULAR

Datos	
W _{1a}	: 441047
R%	: 75
Z _r	: -0.674
S _o	: 0.45
PSI _i	: 3.8
PSI _f	: 2
ΔPSI	: 1.8
CBR-95%	: 59
MR (MTC)	: 36178.01
SN ₀	: 2.1
Variación	: 0.005
M _R = 2555 × CBR ^{0.65}	
MR	: 36178.0131
M _R = 1500 × CBR	
MR	: 88500
K1-K3	: 3.64219314

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(MR) - 8.07$$

$$K_1 = \log_{10}(W_{18}) - Z_r * S_o + 0.20 + 8.07 = 14.21778487$$

$$K_2 = \log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right] = -0.17609126$$

$$K_3 = 2.32 * \log_{10}(MR) = 10.57559173$$

$$J_1 = 9.36 * \log_{10}(SN + 1)$$

$$J_2 = \frac{K_2}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}}$$

R%	Z _r	Sel-R%	Sel-Z _r
50	0	75	-0.674
60	-0.253		
70	-0.524		
75	-0.674		
80	-0.841		
85	-1.036		
90	-1.282		
91	-1.34		
92	-1.405		
93	-1.476		
94	-1.555		
95	-1.645		
96	-1.751		
97	-1.881		
98	-2.054		
99	-2.327		
99.9	-3.09		
99.99	-3.75		

Tabla 7.6: Desviación estándar, Z_e

Confiabilidad R, %	Desviación Estándar Normal, Z _e
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Iteración	SN	J1	J2	(K1-K3)-(J1+J2)
1	1.45	3.64259455	-0.01622496	0.01582356
2	1.455	3.65088201	-0.01639113	0.00770226
3	1.46	3.6591526	-0.01655858	-0.00040088
4	1.465	3.66740641	-0.01672733	-0.00848593
5	1.47	3.67564348	-0.01689739	-0.01655295
6	1.475	3.6838639	-0.01706876	-0.024602
7	1.48	3.69206773	-0.01724144	-0.03263315
8	1.485	3.70025504	-0.01741545	-0.04064645
9	1.49	3.70842589	-0.01759078	-0.04864197
10	1.495	3.71658035	-0.01776745	-0.05661976
11	1.5	3.72471848	-0.01794546	-0.06457988
12	1.505	3.73284035	-0.01812481	-0.0725224
13	1.51	3.74094603	-0.01830552	-0.08044737
14	1.515	3.74903558	-0.01848759	-0.08835485
15	1.52	3.75710906	-0.01867101	-0.09624491
16	1.525	3.76516654	-0.01885581	-0.10411759

0	ESAL
0	441047
0	4.41E+05
1	SN-Total
0	1.46
0	SN-Diseño
0	1.6300
0	Coefficiente de Drenaje
0	m2= 1
0	m3= 1
0	INGRESAR VALORES
0	SN 1*= 0.88
0	SN 2*= 1.3
0	SN 3*= 1.46

SN=a1*D1+a2*D2+m2+a3*D3*m3

Fecha: 29/06/2024

a1	D1=SN1*/a1
0.170	
a2	D2=(SN2-SN1)/a2*m2
0.052	
a3	D3=(SN3*-(SN1+SN2))/(a3*m3)
0.047	

	D1	D2	D3	D-cm	D-pulg	SN	
	5	2	0	0.8500	SN1		
	15	5.9	0	0.7800	SN2		
	0	0	0	0.0000	SN3		

Esposes Finales	Pulg.	cm
Carpeta Asfáltica	2	5
Base Granular	5.9	15
Sub-Base Granular	0	0

SN-Diseño	SN-Requerido
1.6300	1.46

Diseño Ok

DISEÑO DE PAVIMENTOS - METODO AASHTO 1993

Solicitante : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
Proyecto : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
Ubicación : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
Fecha : Junio 2024

Diseño: DisPAv - Asfalto T_p - 2

Pavimento : Flexible+10%Baritina

n= 10 Años

CBR_{Subrasante}= 59

TRANSITO W18	R (%)	ZR	So	MR	Po	Pt	DPSI	SN
441047	75	-0.674	0.45	36178.01	3.8	2	1.8	1.46

$$Log_{10}(W_{18}) = Zr * So + 9.36 * Log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{Log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{1094} \right]}{0.4 + \frac{1}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * Log_{10}(MR) - 8.07$$

Donde:

- n : Periodo de Diseño
- R : Nivel de Confiabilidad
- ZR : Desviación Standard Normal
- So : Error Standard en la Predicción del tráfico y la performance
- MR : Modulo de Resiliencia Efectivo de la Subrasante
- Po : Índice de Serviciabilidad Inicial
- Pt : Índice de Serviciabilidad Final
- DPSI : Pérdida del Índice de Serviciabilidad
- SN : Número Estructural
- W₁₈ : Número de Repeticiones de Carga del Eje Equivalente (8.2 Tn)

CAPA	ESPESOR Di		Coeficiente Estructural	Coeficiente de Drenaje	Número Estructural SN
	Pulg.	Cm.			
CA	2.0	5	0.170		0.850
BG	5.9	15	0.052	1	0.780
SBG	0.0	0	0.047	1	0.000
Total	7.9	20.0			1.630

CA: CARPETA ASFALTICA
 BG: BASE GRANULAR
 SBG: SUB BASE GRANULAR

Datos	
W ₁₈	: 441047
R%	: 75
Z _r	: -0.674
S _o	: 0.45
PSI _i	: 3.8
PSI _f	: 2
ΔPSI	: 1.8
CBR-95%	: 63.5
MR (MTC)	: 37948.43
SN _o	: 2.1
Variación	: 0.005
M _R = 2555 × CBR ^{0.65}	
MR	: 37948.4311
M _R = 1500 × CBR	
MR	: 95250
K1-K3	: 3.5940552

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \cdot S_o + 9.36 \cdot \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{1094} + 2.32 \cdot \log_{10}(MR) - 8.07$$

$$K_1 = \log_{10}[W_{18}] - Z_r \cdot S_o + 0.20 + 8.07 \quad 14.21778487$$

$$K_2 = \log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right] \quad -0.17609126$$

$$K_3 = 2.32 \cdot \log_{10}[MR] \quad 10.62372968$$

$$J_1 = 9.36 \cdot \log_{10}(SN + 1)$$

$$J_2 = \frac{K_2}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}}$$

R%	Z _r	Sel-R%	Sel-Z _r
50	0	75	-0.674
60	-0.253		
70	-0.524		
75	-0.674		
80	-0.841		
85	-1.036		
90	-1.282		
91	-1.34		
92	-1.405		
93	-1.476		
94	-1.555		
95	-1.645		
96	-1.751		
97	-1.881		
98	-2.054		
99	-2.327		
99.9	-3.09		
99.99	-3.75		

Tabla 7.6: Desviación estándar, Z_z

Confabilidad R, %	Desviación Estándar Normal, Z _z
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Iteración	SN	J1	J2	(K1-K3)-(J1+J2)
1	1.4	3.55877722	-0.01463308	0.04991105
2	1.405	3.56723716	-0.01478665	0.04160469
3	1.41	3.57567952	-0.01494146	0.03331713
4	1.415	3.58410438	-0.0150975	0.02504831
5	1.42	3.59251183	-0.01525479	0.01679816
6	1.425	3.60090191	-0.01541332	0.00856661
7	1.43	3.60927472	-0.01557312	0.00035359
8	1.435	3.61763032	-0.01573417	-0.00784095
9	1.44	3.62596877	-0.01589649	-0.01601709
10	1.445	3.63429016	-0.01606009	-0.02417488
11	1.45	3.64259455	-0.01622496	-0.03231439
12	1.455	3.65088201	-0.01639113	-0.04043568
13	1.46	3.6591526	-0.01655858	-0.04853882
14	1.465	3.66740641	-0.01672733	-0.05662387
15	1.47	3.67564348	-0.01689739	-0.06469089
16	1.475	3.6838639	-0.01706876	-0.07273995

0	ESAL	
0	441047	4.41E+05
0	SN-Total	
0	1.435	
0	SN-Diseño	
0	1.6300	
1	Coefficiente de Drenaje	
0	m2=	1
0	m3=	1
0	INGRESAR VALORES	
0	SN1*=	0.88
0	SN2*=	1.3
0	SN3*=	1.435

$$SN = a1 \cdot D1 + a2 \cdot D2^2 + a3 \cdot D3^3 \cdot m3$$

Fecha
29/06/2024

	D1	D2	D3	D-cm	D-pulg	SN	
a1	0.170						
a2	0.052						
a3	0.047						
D1	5	2	0	0.8500	SN1		
D2	15	5.9	0	0.7800	SN2		
D3	0	0	0	0.0000	SN3		

Espesores Finales	Pulg.	cm
Carpeta Asfáltica	2	5
Base Granular	5.9	15
Sub-Base Granular	0	0

SN-Diseño	SN-Requerido
1.6300	1.435
Diseño Ok	

DISEÑO DE PAVIMENTOS - METODO AASHTO 1993

Solicitante : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
Proyecto : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
Ubicación : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
Fecha : Junio 2024

Diseño: DisPAv - Asfalto T_p - 2

Pavimento : Flexible+15%Baritina

n= 10 Años

CBR_{Subrasante}= 63.5

TRANSITO W18	R (%)	ZR	So	MR	Po	Pt	DPSI	SN
441047	75	-0.674	0.45	37948.43	3.8	2	1.8	1.435

$$\log_{10}(W_{18}) = Zr * So + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(MR) - 8.07$$

Donde:

- n : Periodo de Diseño
- R : Nivel de Confiabilidad
- ZR : Desviación Standard Normal
- So : Error Standard en la Predicción del tráfico y la performance
- MR : Modulo de Resiliencia Efectivo de la Subrasante
- Po : Índice de Serviciabilidad Inicial
- Pt : Índice de Serviciabilidad Final
- DPSI : Pérdida del Índice de Serviciabilidad
- SN : Número Estructural
- W₁₈ : Número de Repeticiones de Carga del Eje Equivalente (8.2 Tn)

CAPA	ESPESOR Di		Coeficiente Estructural	Coeficiente de Drenaje	Número Estructural SN
	Pulg.	Cm.			
CA	2.0	5	0.170		0.850
BG	5.9	15	0.052	1	0.780
SBG	0.0	0	0.047	1	0.000
Total	7.9	20.0			1.630

CA: CARPETA ASFALTICA
 BG: BASE GRANULAR
 SBG: SUB BASE GRANULAR

Datos	
W ₁₈	441047
R%	75
Z _r	-0.674
S _o	0.45
PSI _i	3.8
PSI _f	2
ΔPSI	1.8
CBR-95%	67
MR (MTC)	39295.20
S _{N0}	2.1
Variación	0.005
M _R = 2555x CBR ^{0.65}	
MR	39295.2021
M _R = 1500x CBR	
MR	100500
K1 K3	3.55891717

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(MR) - 8.07$$

$$K_1 = \log_{10}(W_{18}) - Z_r * S_o + 0.20 + 8.07 = 14.21778487$$

$$K_2 = \log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right] = -0.17609126$$

$$K_3 = 2.32 * \log_{10}(MR) = 10.6588677$$

$$J_1 = 9.36 * \log_{10}(SN + 1)$$

$$J_2 = \frac{K_2}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}}$$

R%	Z _r	Sel-R%	Sel-Z _r
50	0	75	-0.674
60	-0.253		
70	-0.524		
75	-0.674		
80	-0.841		
85	-1.036		
90	-1.282		
91	-1.34		
92	-1.405		
93	-1.476		
94	-1.555		
95	-1.645		
96	-1.751		
97	-1.881		
98	-2.054		
99	-2.327		
99.9	-3.09		
99.99	-3.75		

Tabla 7.8: Desviación estándar, Z_a

Confianza R, %	Desviación Estándar Normal, Z _a
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Iteracion	SN	J1	J2	(K1-K3)·(J1+J2)
1	1.4	3.55877722	-0.01463308	0.01477302
2	1.405	3.56723716	-0.01478665	0.00646667
3	1.41	3.5767952	-0.01494146	-0.00182089
4	1.415	3.58410438	-0.0150975	-0.01008971
5	1.42	3.59251183	-0.01525479	-0.01833987
6	1.425	3.60090191	-0.01541332	-0.02657142
7	1.43	3.60927472	-0.01557312	-0.03478443
8	1.435	3.61763032	-0.01573417	-0.04297898
9	1.44	3.62596877	-0.01589649	-0.05115511
10	1.445	3.63429016	-0.01606009	-0.0593129
11	1.45	3.64259455	-0.01622496	-0.06745241
12	1.455	3.65088201	-0.01639113	-0.07557371
13	1.46	3.6591526	-0.01655858	-0.08367685
14	1.465	3.66740641	-0.01672733	-0.0917619
15	1.47	3.67564348	-0.01689739	-0.09982892
16	1.475	3.6838639	-0.01706876	-0.10787797

0	ESAL	
0		441047 4.41E+05
1	SN-Total	
0		1.41
0	SN-Diseño	
0		1.6300
0	Coefficiente de Drenaje	
0	m2=	1
0	m3=	1
0	INGRESAR VALORES	
0	SN1*=	0.88
0	SN2*=	1.3
0	SN3*=	1.41

$$SN = a1 * D1 + a2 * D2 * m2 + a3 * D3 * m3$$

Fecha
29/06/2024

a1	D1=SN1*/a1
0.170	D2=(SN2-SN1)/a2*m2
a2	D3=(SN3*-(SN1+SN2))/(a3*m3)
0.052	
a3	
0.047	

	D-cm	D-pulg	SN	
D1	5	2	0.8500	SN1
D2	15	5.9	0.7800	SN2
D3	0	0	0.0000	SN3

Espesores Finales	Pulg.	cm
Carpeta Asfáltica	2	5
Base Granular	5.9	15
Sub-Base Granular	0	0

SN-Diseño	SN-Requerido
1.6300	1.41
Diseño Ok	

DISEÑO DE PAVIMENTOS - METODO AASHTO 1993

Solicitante : DIAZ CRUZ ROBIN ADRIAN, SUCLUPE COSCO OMAR GABRIEL
Proyecto : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA ADICIÓN DE BARITINA, AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA, 2024
Ubicación : AVENIDA SAN MARTÍN, JICAMARCA
Fecha : Junio 2024

Diseño: DisPAv - Asfalto T_p - 2

Pavimento : Flexible+20%Baritina

n= 10 Años

CBR_{Subrasante}= 67

TRANSITO W18	R (%)	ZR	So	MR	Po	Pt	DPSI	SN
441047	75	-0.674	0.45	39295.20	3.8	2	1.8	1.41

$$Log_{10}(W_{18}) = Zr * So + 9.36 * Log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{Log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{1094} \right]}{0.4 + \frac{1}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * Log_{10}(MR) - 8.07$$

Donde:

- n : Periodo de Diseño
- R : Nivel de Confiabilidad
- ZR : Desviación Standard Normal
- So : Error Standard en la Predicción del tráfico y la performance
- MR : Modulo de Resiliencia Efectivo de la Subrasante
- Po : Índice de Serviciabilidad Inicial
- Pt : Índice de Serviciabilidad Final
- DPSI : Pérdida del Índice de Serviciabilidad
- SN : Número Estructural
- W₁₈ : Número de Repeticiones de Carga del Eje Equivalente (8.2 Tn)

CAPA	ESPESOR Di		Coeficiente Estructural	Coeficiente de Drenaje	Número Estructural SN
	Pulg.	Cm.			
CA	2.0	5	0.170		0.850
BG	5.9	15	0.052	1	0.780
SBG	0.0	0	0.047	1	0.000
Total	7.9	20.0			1.630

CA: CARPETA ASFALTICA
 BG: BASE GRANULAR
 SBG: SUB BASE GRANULAR

Anexo 7. Certificado de calibración de los instrumentos de laboratorio

 <p>Laboratorio PP</p>	<p>Punto de Precisión SAC LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033</p>	 <p>INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado Registro N° LC - 033</p>
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-809-2024		
Página: 1 de 3		
Expediente	: 273-2024	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
Fecha de Emisión	: 2024-06-18	
1. Solicitante	: LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes. PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Dirección	: AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2232 URB. SAN HILARION ET. UNO - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA	
2. Instrumento de Medición	: BALANZA	
Marca	: OHAUS	
Modelo	: R31P30	
Número de Serie	: 8339530264	
Alcance de Indicación	: 30 000 g	
División de Escala de Verificación (e)	: 1 g	
División de Escala Real (d)	: 1 g	
Procedencia	: CHINA	
Identificación	: BAL-006	
Tipo	: ELECTRÓNICA	
Ubicación	: LABORATORIO	
Fecha de Calibración	: 2024-06-17	
3. Método de Calibración	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y Clase II del SNM-INDECOPI.	
4. Lugar de Calibración	LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C. AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2232 URB. SAN HILARION ET. UNO - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA	
 <p>PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02</p>	 <p>Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631</p>	
Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.		



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

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



Registro INLC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-809-2024

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	19,6	19,7
Humedad Relativa	77,0	77,0

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE23-C-0134-2023
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0778-2023
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-257-2023
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-254-2023

7. Observaciones

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

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

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

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

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 17 °C a 24 °C.

El laboratorio no se hace responsable por la información suministrada por el cliente.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	19,6			19,7		
	Carga L1= 15 000,0 g					
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Carga L2= 30 000,0 g		
1	15 000	0,5	0,0	29 999	0,3	-0,8
2	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
3	15 000	0,6	-0,1	29 999	0,4	-0,9
4	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,8	-0,3
5	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
6	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,7	-0,2
7	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0
8	15 000	0,5	0,0	29 999	0,2	-0,7
9	15 000	0,7	-0,2	29 999	0,4	-0,9
10	15 000	0,8	-0,3	29 999	0,3	-0,8
Diferencia Máxima			0,3			
Error máximo permitido ±			2 g	± 3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

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



Laboratorio PP

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



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-809-2024

Página: 3 de 3

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temp. (°C)	Inicial	Final
	19,7	19,7

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10,0	10	0,5	0,0	10 000,0	10 000	0,6	-0,1	-0,1
2		10	0,8	-0,3		10 000	0,8	-0,3	0,0
3		10	0,6	-0,1		9 999	0,4	-0,9	-0,8
4		10	0,7	-0,2		10 000	0,8	-0,3	-0,1
5		10	0,5	0,0		10 001	0,9	0,6	0,6

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 2 g

ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C)	Inicial	Final
	19,7	19,7

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10	0,5	0,0						
50,0	50	0,8	-0,3	-0,3	50	0,6	-0,1	-0,1	1
500,0	500	0,6	-0,1	-0,1	500	0,7	-0,2	-0,2	1
2 000,0	2 000	0,7	-0,2	-0,2	2 000	0,5	0,0	0,0	1
5 000,0	5 000	0,5	0,0	0,0	5 000	0,8	-0,3	-0,3	1
7 000,0	7 000	0,8	-0,3	-0,3	7 000	0,5	0,0	0,0	2
10 000,0	10 000	0,9	-0,4	-0,4	10 000	0,7	-0,2	-0,2	2
15 000,0	15 000	0,6	-0,1	-0,1	15 000	0,9	-0,4	-0,4	2
20 000,0	20 000	0,8	-0,3	-0,3	20 000	0,6	-0,1	-0,1	2
25 000,0	25 000	0,5	0,0	0,0	25 000	0,8	-0,3	-0,3	3
30 000,0	30 000	0,7	-0,2	-0,2	30 000	0,7	-0,2	-0,2	3

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 1,82 \times 10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{2,99 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 9,18 \times 10^{-10} \times R^2}$$

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

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

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



Laboratorio PP

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



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-807-2024

Página: 1 de 3

Expediente : 273-2024
Fecha de Emisión : 2024-06-18

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO.
2232 URB. SAN HILARION ET. UNO - SAN JUAN DE
LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : **BALANZA**

Marca : OHAUS

Modelo : TAJ4001

Número de Serie : 8339450266

Alcance de Indicación : 4 000 g

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

División de Escala Real (d) : 0,1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : BAL-008

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2024-06-17

3. Método de Calibración

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

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2232 URB. SAN HILARION ET. UNO - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

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

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

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

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



PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

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



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

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



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-807-2024

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	19,7	19,7
Humedad Relativa	77,0	77,0

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE23-C-0134-2023

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 3 999,2 g para una carga de 4 000,0 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

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

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

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

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 17 °C a 24 °C.

El laboratorio no se hace responsable por la información suministrada por el cliente.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 2 000,00 g			Carga L2= 4 000,01 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,05	-0,01
2	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,07	-0,03
3	2 000,0	0,07	-0,02	4 000,1	0,09	0,05
4	2 000,1	0,09	0,06	4 000,1	0,07	0,07
5	2 000,0	0,05	0,00	4 000,0	0,06	-0,02
6	2 000,1	0,08	0,07	4 000,2	0,09	0,15
7	2 000,1	0,07	0,08	4 000,0	0,05	-0,01
8	2 000,0	0,05	0,00	4 000,1	0,08	0,06
9	2 000,0	0,07	-0,02	4 000,0	0,06	-0,02
10	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,07	-0,03
Diferencia Máxima			0,11	0,18		
Error máximo permitido ±			0,3 g	± 0,3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

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



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



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-807-2024
 Página: 3 de 3

2	1	5
3		4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	19,7	19,7

Posición de la Carga	Determinación de E _s				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	E _o (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1,00	1,0	0,07	-0,02	1 300,00	1 300,1	0,09	0,06	0,08
2		1,0	0,06	-0,01		1 300,0	0,05	0,00	0,01
3		1,0	0,08	-0,03		1 300,1	0,08	0,07	0,10
4		1,0	0,05	0,00		1 300,0	0,06	-0,01	-0,01
5		1,0	0,09	-0,04		1 300,0	0,07	-0,02	0,02
6		1,0	0,08	-0,03		1 300,0	0,06	-0,01	-0,01
Error máximo permitido: ±									0,2 g

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	19,7	19,7

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1,00	1,0	0,07	-0,02						
5,00	5,0	0,05	0,00	0,02	5,0	0,06	-0,01	0,01	0,1
50,00	50,0	0,08	-0,03	-0,01	50,0	0,05	0,00	0,02	0,1
100,00	100,0	0,06	-0,01	0,01	100,0	0,07	-0,02	0,00	0,1
500,00	500,0	0,09	-0,04	-0,02	500,1	0,09	0,06	0,08	0,1
700,00	700,0	0,05	0,00	0,02	700,1	0,06	0,09	0,11	0,2
1 000,00	1 000,0	0,07	-0,02	0,00	1 000,0	0,05	0,00	0,02	0,2
1 500,00	1 500,0	0,06	-0,01	0,01	1 500,0	0,07	-0,02	0,00	0,2
2 000,00	2 000,0	0,05	0,00	0,02	2 000,2	0,09	0,16	0,18	0,2
3 000,00	3 000,1	0,07	0,08	0,10	3 000,2	0,08	0,17	0,19	0,3
4 000,01	4 000,3	0,09	0,25	0,27	4 000,3	0,09	0,25	0,27	0,3

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 3,06 \times 10^{-6} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{7,34 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 9,93 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



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

PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

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



METROSYSTEMS S.R.L.

Informe de Verificación

MS - 0227 - 2024

FM014-062-2024

Página : 1 de 2

Solicitante LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección Av. Próceres de la Independencia N° 2232, Urb. San Hilarion Et. Uno, San Juan de Lurigancho - Lima.

Instrumento de medición: COPA CASAGRANDE

Marca FORNEY

Modelo LA-3700

Serie NO INDICA

Identificación ELC-003 (*)

Procedencia NO INDICA

Material BRONCE

El resultados del presente certificado, es válido únicamente para el objeto verificado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, le corresponde al solicitante definir la frecuencia de verificación en función de uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

Fecha de verificación 2024-06-11

La verificación se efectuó en: **LABORATORIO DE METROSYSTEMS SRL**
Av. Próceres de la Independencia Mz. A Lt. 20 Urb. Los Pinos - S.J.L. - Lima

Método de verificación

Referencia ASTM D-4318

Patrón de verificación

Pie de rey con Certificado de Calibración MS-0224-2023.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,8 °C
Humedad Relativa	57 %	58 %



Ing. Luis Peñaherrera Rebaza

CIP: 128840

METROSYSTEMS SRL

Fecha de emisión: 2024-06-11

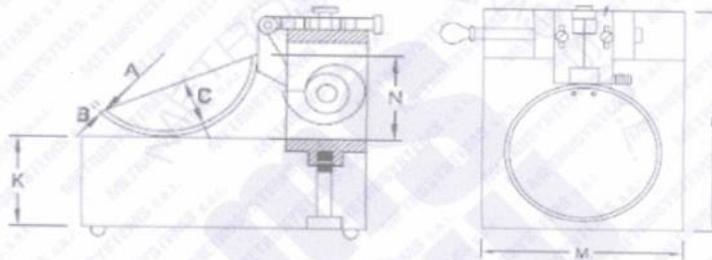
Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta adhesiva que indica el estado "VERIFICADO" METROSYSTEMS SRL

El valor obtenido es el promedio de 3 mediciones realizadas.

(*) Dato indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

Dimensiones de la copa casagrande



	Descripción	Valor obtenido mm	Especificación mm
A	Radio de la copa	54,4	54 ± 0,5
B	Espesor de la copa	1,77	2,0 ± 0,1
C	Profundidad de la copa	26,92	27 ± 0,5
N	Copa desde la guía	46,75	47 ± 1
K	Espesor de la base	50,70	50 ± 2
L	Largo de la base	124,8	125 ± 2
M	Ancho de la base	150,01	150 ± 2



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 059



Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration

N° M-CLC-0980-001-24



Cliente:

Customer

LABORATORIO DE SUELOS JCH S. A. C

Dirección:

Address

AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2232 URB. SAN HILARION ET. UNO LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Teléfono:

Phone Number

976331849

Persona de Contacto:

Contact Person

Jean Carlos Chavez Rodriguez

Objeto:

Item

HORNO



Escanee este QR y encuentre:
Etiqueta electrónica
Certificados originales en pdf
Histórico de Intervenciones
Documentos relevantes, manuales, fotografías

Marca:

Manufacturer

BIOBASE

Modelo:

Model

BOV-V230F

No. de Serie:

Serial Number

24013346

Identificación:

Identification

HOR-004

Ubicación del Objeto⁽¹⁾:

Item Location

ÁREA ESTÁNDAR

Fecha de Recepción:

Date of Receipt

2024-06-03

Fecha de Calibración:

Calibration Date

2024-06-03

Próxima Fecha de Calibración:

Due Date

-

Técnico Responsable:

Responsible Technician

Richard Díaz

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

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)

In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión:

Person authorizing / Date of Issue

Ing. Savino Pineda / 2024-06-11

Gerente General

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=090623155159, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2024-06-11 10:52:58



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 059



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° M-CLC-0980-001-24



Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom-Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.

The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.

Incertidumbre de medida

Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k , que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor k , which for a t (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95.45%.

Equipamiento Utilizado

Equipment Used

Identificación ID Number	Nombre Name	Marca Manufacturer	Modelo Model	No. de Serie Serial Number	Vence Cal. Due Date	N° Certificado N° Certificate
ELP.PT.152	TERMÓMETRO DIGITAL	CENTER	521	200110808	2024-09-12	CGC-5710-006-23
ELP.PT.153	TERMÓMETRO DIGITAL	CENTER	521	200110818	2024-09-12	CGC-5710-005-23
ELP.PT.154	TERMÓMETRO DIGITAL	CENTER	521	200110917	2024-09-12	CGC-5710-004-23
ELP.PT.041	FLEXÓMETRO	TRUPER	FH-5M	NO ESPECIFICA	2024-07-04	CC-3886-004-23
ELP.PT.102	TERMOHIGRÓMETRO	ELC	TH-0510	NO ESPECIFICA	2025-02-28	CLC-0180-022-24



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 059



Registro N° LC - 059

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration

N° M-CLC-0980-001-24



Calibración - Determinación de Estabilidad y Uniformidad para 9 Locaciones de Medida (Volumen Útil)

Calibration - Determination of Temporal Stability and Spatial Inhomogeneity for 9 Measuring Locations (Useful Volume)

Unidad de Medida: <i>Unit of Measurement</i>	°C				
Resolución: <i>Resolution</i>	0,1 °C				
Intervalo de Medición: <i>Measurement Range</i>	NO ESPECIFICA				
Lugar de Calibración ⁽¹⁾ : <i>Calibration Site</i>	Área Estandar				
Método de Calibración: <i>Calibration Method</i>	Medición Y Comparación Directa Con Registradores De Temperatura				
Documento de Referencia: <i>Reference Document</i>	DKD-R 5-7, Edition 07/2004 (English Translation 02/2009), Método A				
Procedimiento de Calibración: <i>Calibration Procedure</i>	PEC.EL.35				
Condiciones Ambientales: <i>Environmental Conditions</i>	<table><tr><td>Temperatura del Aire <i>Air Temperature</i></td><td>23,6 °C ± 0,4 °C</td></tr><tr><td>Humedad Relativa del Aire <i>Air Relative Humidity</i></td><td>48,0 %hr ± 0,5 %hr</td></tr></table>	Temperatura del Aire <i>Air Temperature</i>	23,6 °C ± 0,4 °C	Humedad Relativa del Aire <i>Air Relative Humidity</i>	48,0 %hr ± 0,5 %hr
Temperatura del Aire <i>Air Temperature</i>	23,6 °C ± 0,4 °C				
Humedad Relativa del Aire <i>Air Relative Humidity</i>	48,0 %hr ± 0,5 %hr				

Observaciones

Observations

- ⁽¹⁾ Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.
⁽²⁾ Información tomada de las especificaciones del objeto de calibración (proporcionada por el fabricante).

⁽¹⁾ Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.
⁽²⁾ Information taken from the specifications of the calibration item (provided by the manufacturer).

Declaración de Trazabilidad Metrológica

Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Alemania), CENAM (Centro Nacional de Metrología - México) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the international system of units (SI) through an unbroken chain of calibrations through the PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Germany), CENAM (Centro Nacional de Metrología - México) or other National Metrology Institutes (NMIs).



Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° M-CLC-0980-001-24



Características Técnicas

Technical Features

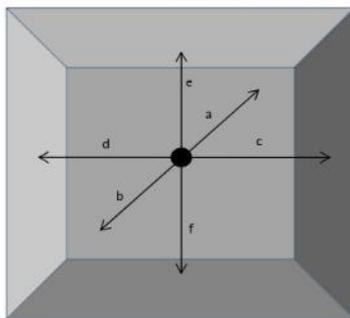
Tipo de Regulación del Aire: <i>Air Regulation Type</i>	VENTILACIÓN NATURAL	Ubicación del Sensor de Referencia: <i>Reference Sensor Location</i>	Centro Geométrico
No. de Puertos: <i>Number of Ventilation Holes</i>	2	Sobre escalón No.: <i>On Step Number</i>	2
Posición de los puertos: <i>Ventilation Holes Position</i>	Semiabierto	Carga: <i>Loading</i>	Carga

Resultados de la Calibración

Calibration Results

Posición del Sensor de Referencia

Reference Sensor Position



Tramo	Section
a= 25,0 cm	
b= 25,0 cm	
c= 29,0 cm	
d= 29,0 cm	
e= 37,5 cm	
f= 37,5 cm	

● sensor de referencia
reference sensor

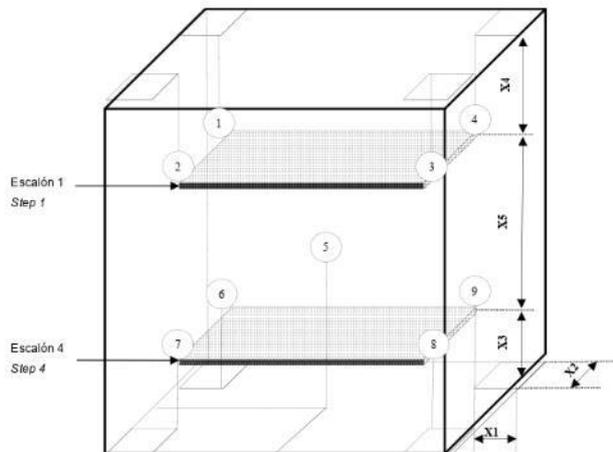
Fotografía de los 8 Sensores y el Sensor de Referencia

8 and Reference Sensors Photography



Ubicación Esquemática de los 8 Sensores y el Sensor de Referencia

Sketch for 8 Sensors and Reference Sensor



Medidas de ubicación de sensores en las 8 esquinas	Sensor location measurements in the 8 corners
x1= 5,0 cm	
x2= 5,0 cm	
x3= 5,0 cm	
x4= 5,0 cm	
x5= 65,0 cm	



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 059



Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° M-CLC-0980-001-24



Primer Punto de Calibración

First Calibration Point

Valor de prueba Test value	60 °C
-------------------------------	-------

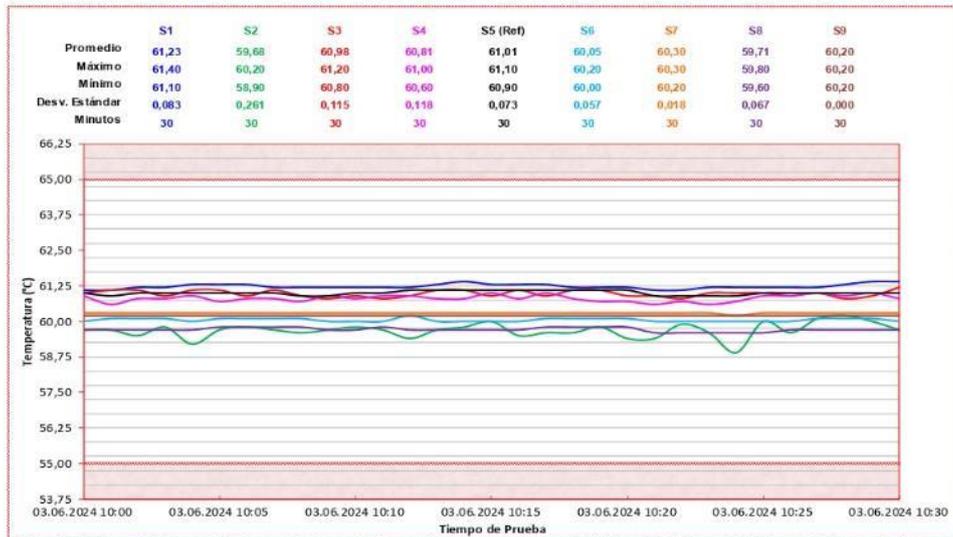
Indicación de temperatura durante la calibración: Lecturas en el indicador del equipo bajo prueba. Temperature indication during calibration: Readings on the indicator of the equipment under test.							
Minutos → Minutes	0	5	10	15	20	25	30
Valor → Value	60,0 °C						

Temperatura media de los 8 Sensores (ubicados en las esquinas del Volumen Útil) Mean temperature of the 8 Sensors (located in the corners of the Useful Volume)								
Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9	
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
61,2	59,7	61,0	60,8	60,1	60,3	59,7	60,2	

Valor programado en el controlador del equipo bajo prueba Value programmed in the controller of the equipment under test	Temperatura media del indicador del equipo bajo prueba Mean temperature of the indicator of the equipment under test	Temperatura media del sensor de referencia (Sensor 5) Mean temperature of the reference sensor (Sensor 5)	Corrección de la indicación Indication Correction	Inestabilidad Temporal Temporal Instability	Falta de Homogeneidad Espacial Spatial Inhomogeneity	Incertidumbre Expandida de Medición (U) (k= 2,00) Expanded Measurement Uncertainty (U) (k= 2,00)	Tolerancia (proporcionada por el cliente) Tolerance (provided by the customer)	Cumplimiento Compliance
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
60,0	60,0	61,0	1,0	0,1	1,3	1,5	5,0	Cumple

Perfil Térmico

Thermal Graphic





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 059



Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° M-CLC-0980-001-24



Segundo Punto de Calibración

Second Calibration Point

Valor de prueba Test value	110 °C
-------------------------------	--------

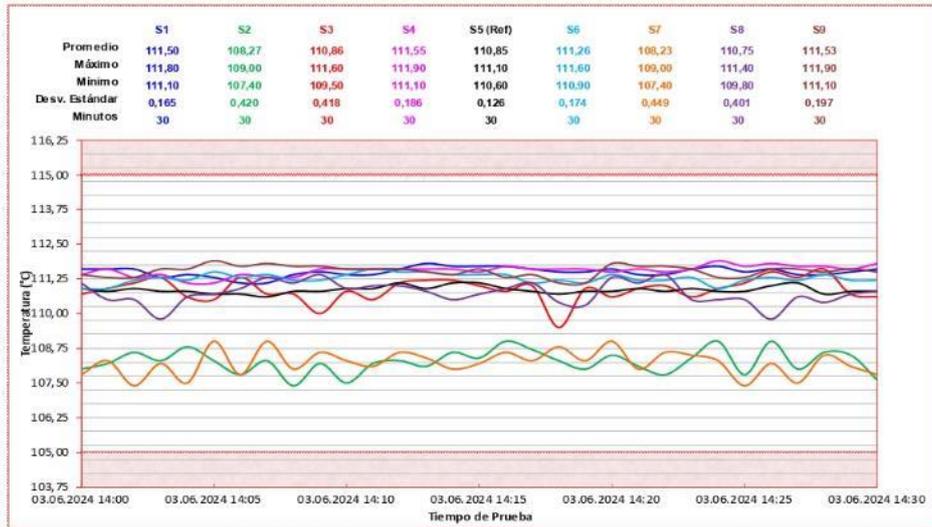
Indicación de temperatura durante la calibración: Lecturas en el indicador del equipo bajo prueba. Temperature indication during calibration: Readings on the indicator of the equipment under test.							
Minutos → Minutes	0	5	10	15	20	25	30
Valor → Value	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0

Temperatura media de los 8 Sensores (ubicados en las esquinas del Volumen Útil) Mean temperature of the 8 Sensors (located in the corners of the Useful Volume)							
Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
111,5	108,3	110,9	111,5	111,3	108,2	110,7	111,5

Valor programado en el controlador del equipo bajo prueba Value programmed in the controller of the equipment under test	Temperatura media del indicador del equipo bajo prueba Mean temperature of the indicator of the equipment under test	Temperatura media del sensor de referencia (Sensor 5) Mean temperature of the reference sensor (Sensor 5)	Corrección de la indicación Indication Correction	Inestabilidad Temporal Temporal Instability	Falta de Homogeneidad Espacial Spatial Inhomogeneity	Incertidumbre Expandida de Medición (U) (k= 2,00) Expanded Measurement Uncertainty (U) (k= 2,00)	Tolerancia (proporcionada por el cliente) Tolerance (provided by the customer)	Cumplimiento Compliance
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
110,0	110,0	110,9	0,9	0,3	2,6	3,0	5,0	Cumple

Perfil Térmico

Thermal Graphic





Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 059



Registro N° LC - 059

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° M-CLC-0980-001-24



Información sobre Declaración de Conformidad

Information about Statement of Conformity

Regla de Decisión (Aceptación Conservadora): La temperatura del ítem de calibración (registrada por el sensor 5 o de referencia) se acepta como conforme si la temperatura media del sensor de referencia (m_{trs}) \pm la incertidumbre expandida de medición (U) se encuentra en el intervalo de trabajo proporcionado por el cliente: $(m_{trs} \pm U) \leq$ (valor de prueba \pm tolerancia).

Declaración de Conformidad: De acuerdo a los resultados reportados en este certificado, el ítem de calibración se considera como CONFORME con los requisitos especificados (temperatura requerida y tolerancia).

Decision Rule (Guarded Acceptance): The temperature of the calibration item (recorded by sensor 5 or reference) is accepted as conforming if the mean temperature of the reference sensor (m_{trs}) \pm the expanded measurement uncertainty (U) is within the working range provided by the customer: $(m_{trs} \pm U) \leq$ (test value \pm tolerance).

Statement of Conformity: According to the results reported in this certificate, the calibration item is considered as CONFORMING with the specified requirements (required temperature and tolerance).

Notas

Notes:

- Los resultados indicados son válidos solamente para el volumen útil de la cámara climática delimitado por las 8 locaciones de medida. Todas las demás partes del volumen del equipo se consideran no calibradas.
- Las influencias debidas al efecto de la carga y la radiación no han sido estudiadas y por lo tanto tampoco fueron consideradas en la estimación de la incertidumbre.
- La temperatura media de los sensores patrón han sido corregidas tomando en cuenta las desviaciones indicadas en sus certificados de calibración y representa a la mejor estimación del valor verdadero.
- Los resultados se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).
- La temperatura del aire se obtiene sumando la lectura del indicador más la corrección de la indicación.
- The results stated are valid only for the useful volume of the climatic chamber spanned by the measuring locations. All other parts of the chamber are considered not to be calibrated.
- The influences due to the loading effect and radiation effect have not been investigated and therefore were not considered in the estimation of the uncertainty.
- The average temperature of the sensors has been corrected taking into account the deviations indicated in their calibration certificates and represents the best estimate of the true value.
- The results are shown with the same number of digits as the reported uncertainty (see 7.2.6 of the GUM).
- The air temperature is obtained by adding the indicator reading plus the indication correction.

Modificaciones al Certificado de Calibración

Amendments to the Calibration Certificate

Este certificado reemplaza en su totalidad al Certificado de Calibración: CLC-0980-001-24
This certificate fully replaces the Calibration Certificate:

Los cambios realizados en el presente documento y en referencia al certificado emitido originalmente fueron los siguientes:
Changes made in this document and in reference to the originally issued certificate were as follow:

Se actualiza dirección del cliente.

FO.PEC.35-02 Rev. 21



METROSYSTEMS S.R.L.

Certificado de Calibración

MS - 0226 - 2024

FM014-062-2024

Página : 1 de 2

Solicitante

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección

Av. Próceres de la Independencia N° 2232, Urb. San Hilarión Et. Uno, San Juan de Lurigancho - Lima.

Instrumento de medición: **PRENSA CBR**

Marca

SOILTEST

Modelo

NO INDICA

Serie

1383

Identificación

SPE-002 (*)

Procedencia

NO INDICA

Indicador

Marca

OHAUS

Modelo

T32XW

Serie

B719098045

Alcance de indicación

5000 kgf

Resolución

1 kgf

Fecha de Calibración

2024-06-10

La calibración se efectuó en:

ÁREA ESTÁNDAR

Av. Próceres de la Independencia N° 2232, Urb. San Hilarión Et. Uno, San Juan de Lurigancho - Lima.

Método de Calibración

Determinación del error por comparación directa, tomando como referencia la ISO 7500-1 / ASTM E4.

Patrón de Calibración

Se utilizó indicador digital de fuerza patrón con certificado: MS-0471-2023.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,6 °C	22,9 °C
Humedad Relativa	62 %	63 %



Ing. Luis Peñaherrera Rebaza

CIP: 128840

METROSYSTEMS SRL

Fecha de emisión:

2024-06-11

Av. Próceres de la Independencia Mz. A Lote. 20 Urb. Los Pinos
(a Media Cuadra Cruce con Av. Sta Rosa) - San Juan de Lurigancho - Lima
Telf.: (511) 579 7446 / E-mail: contacto@metrossystemsp Peru.com
www.metrossystemsp Peru.com

FM058-01



METROSYSTEMS S.R.L.

Certificado de Calibración

MS - 0226 - 2024

Página : 2 de 2

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta adhesiva que indica el estado "CALBRADO" METROSYSTEMS SRL.

El instrumento de medición se encuentra en buen estado de conservación.

La indicación del instrumento es el promedio de 3 mediciones por cada valor de lectura.

(*) Dato indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

Datos de:

Celda de carga

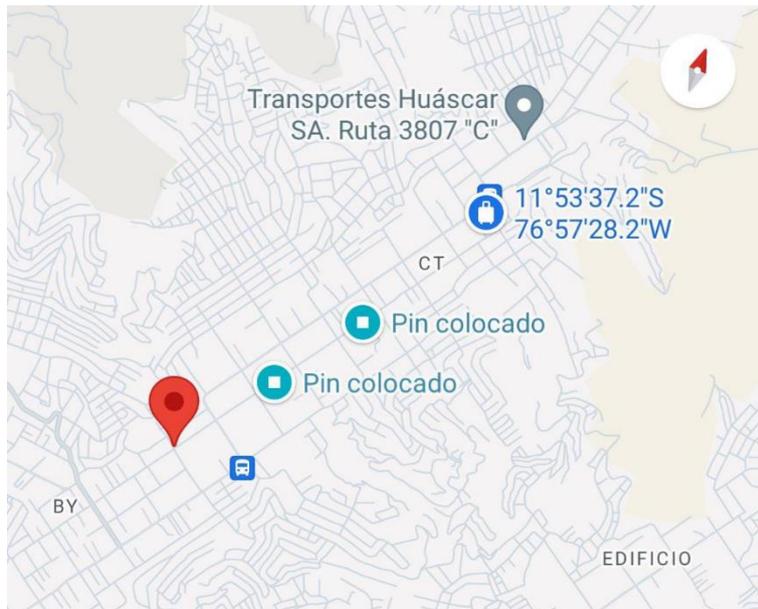
Marca : KELI
Modelo : A-FED
Serie : 5X70860
Clase : NO INDICA
Capacidad: 5 t

Resultados

Indicación del Patrón kgf	Indicación del Instrumento kgf	Corrección kgf	Incertidumbre kgf
503,5	500,4	3,1	0,4
1003,9	1000,3	3,6	1,3
1505,5	1500,9	4,6	1,4
2006,9	2001,2	5,7	1,5
2508,0	2500,8	7,2	1,5
3008,9	3000,9	8,0	1,6
3510,9	3501,4	9,4	1,7
4013,8	4002,4	11,3	1,7

El VCV (Valor Convencionalmente Verdadero) = Indicación del Instrumento + Corrección.

Anexo 8. Ubicación de calicatas, Avenida San Martín, Jicamarca



Anexo 9. Panel Fotográfico

- Excavación de Calicata 1 a profundidad de 0.00 a 1.50 m



- Excavación de Calicata 2 a profundidad de 0.00 a 1.50 m



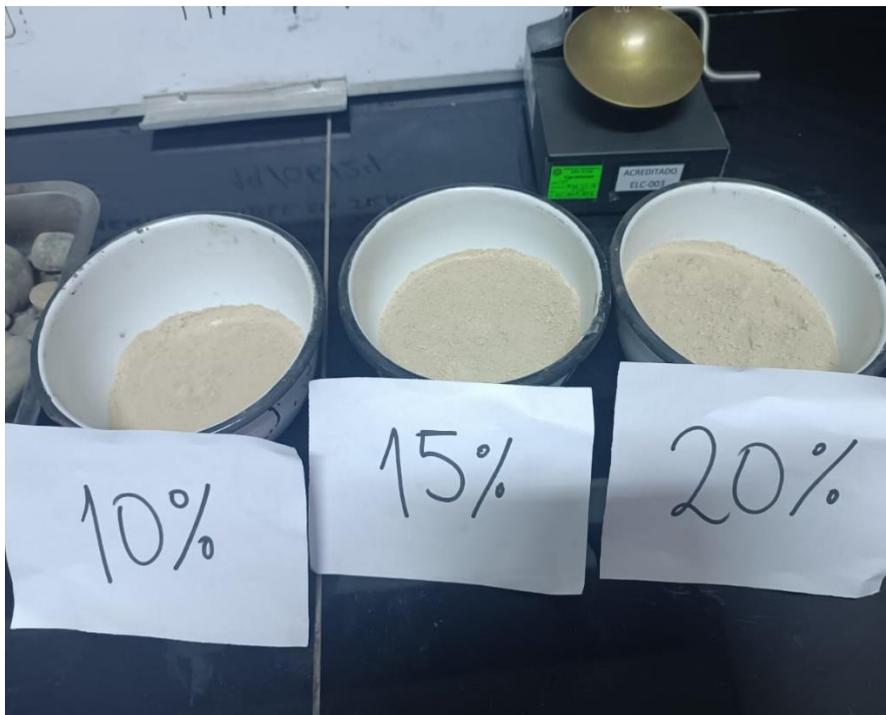
- Excavación de Calicata 3 a profundidad de 0.00 a 1.50 m



- Excavación de Calicata 4 a profundidad de 0.00 a 1.50 m



- Pesaje de Baritina en 10%, 15% y 20%



- Análisis granulométrico de suelos



- Ensayos de CBR a muestras de suelo con y sin baritina



