



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Influencia de residuos de construcción en la Sub-rasante de
pavimento rígido de la Avenida Sacsayhuamán - Jaén -
Cajamarca 2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Davila Torres, Jose Galvani (orcid.org/0009-0005-0197-950X)

Guerrero Cercado, Luis Fernando (orcid.org/0009-0003-3032-580X)

ASESOR:

Mg. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo (orcid.org/0000-0001-8850-8463)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SIGÜENZA ABANTO ROBERT WILFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Influencia de Residuos de Construcción en la Sub-rasante de Pavimento Rígido de la Avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024", cuyos autores son DAVILA TORRES JOSE GALVANI, GUERRERO CERCADO LUIS FERNANDO, 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, 19 de Junio del 2024

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|--|---|
| ROBERT WILFREDO SIGÜENZA ABANTO DNI: 42203191 ORCID: 0000-0001-8850-8463 | Firmado electrónicamente por: RSIGUENZA el 19- 06-2024 16:56:19 |

Código documento Trilce: TRI - 0764992

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, DAVILA TORRES JOSE GALVANI, GUERRERO CERCADO LUIS FERNANDO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Influencia de Residuos de Construcción en la Sub-rasante de Pavimento Rígido de la Avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 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 |
|---|---|
| LUIS FERNANDO GUERRERO CERCADO DNI: 74780445 ORCID: 0009-0003-3032-580X | Firmado electrónicamente por: LGUERREROCE el 19-06-2024 18:30:18 |
| JOSE GALVANI DAVILA TORRES DNI: 71071283 ORCID: 0009-0005-0197-950X | Firmado electrónicamente por: JDAVILATO02 el 19-06-2024 19:06:23 |

Código documento Trilce: TRI - 0764991

DEDICATORIA

A Dios por ser el sustentador del universo y darme la vida, la salud e inteligencia.

A mis padres Galvani Dávila Cajo y Edith Torres Huamán que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un profesional.

José Galvani Dávila Torres.

A Dios por darme la fortaleza y las oportunidades en la vida día a día.

A mis padres y hermano que han sido el soporte de cada día para no rendirme en el transcurso de mi estudio profesional y ser el motivo y motor por el cual sigo adelante en todas las adversidades de la vida.

A mis amistades, por estar apoyándome, por todos sus buenos consejos y enseñanzas que me dieron día a día en todos los aspectos para no declinar en mi carrera profesional.

Luis Fernando Guerrero Cercado

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primero a Dios por ser el centro de mi vida.

A mis padres por su apoyo, amor incondicional y ser mi ejemplo a seguir, mis hermanos por su motivación diaria.

A la Universidad Cesar Vallejo, que nos abrió sus puertas para ser mejores personas y buenos profesionales.

José Galvani Dávila Torres.

Expreso mi agradecimiento a Dios por darme la inteligencia de elegir esta carrera y poder llegar hasta concluir mis estudios, gracias Señor.

Doy gracias a mi familia y a mis amistades sin ellos no hubiera podido llegar hasta el final de mi carrera, gracias también a mis docentes responsables de mi formación profesional.

Así mismo gracias a todos los que han estado en mi alrededor apoyándome e incentivándome a culminar todo lo que me propuse en todo lo que algún quise hacer.

Luis Fernando Guerrero Cercado

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| CARÁTULA | i |
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR..... | iv |
| DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES | v |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | viii |
| RESUMEN..... | ix |
| ABSTRACT | x |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 6 |
| III. METODOLOGÍA..... | 20 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 20 |
| 3.2. Variables y operacionalización | 21 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 22 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 24 |
| 3.5. Procedimientos..... | 26 |
| 3.6. Método de análisis estadístico de los datos..... | 30 |
| 3.7. Aspectos éticos | 30 |
| IV. RESULTADOS..... | 32 |
| IV. DISCUSIÓN | 49 |
| V. CONCLUSIONES..... | 53 |
| VI. RECOMENDACIONES | 54 |
| REFERENCIAS | 55 |
| ANEXOS | 60 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación de suelos de sub-rasante | 14 |
| Tabla 2. Clasificación y descripción de las variables..... | 21 |
| Tabla 3. Número de muestras para ensayos del suelo de sub-rasante | 23 |
| Tabla 4. Contenido de humedad del suelo de subrasante natural | 33 |
| Tabla 5. Resumen propiedades físicas y clasificación del suelo de subrasante evaluada | 34 |
| Tabla 6. Valores de Proctor modificado del suelo de subrasante natural | 35 |
| Tabla 7. Valores de CBR del suelo de subrasante natural..... | 36 |
| Tabla 8. Dosificación de residuos de la construcción según tratamientos..... | 37 |
| Tabla 9. Resumen propiedades de los residuos de construcción procesados | 38 |
| Tabla 10. Resumen propiedades físicas del suelo más residuos de construcción..... | 39 |
| Tabla 11. Resumen propiedades mecánicas del suelo más residuos de construcción..... | 40 |
| Tabla 12. Incremento del C.B.R., en relación a la dosificación de residuos de construcción | 42 |
| Tabla 13. ANVA del resultado de C.B.R. del suelo de sub rasante | 44 |
| Tabla 14. Prueba Post hoc de Tukey a las medias del C.B.R. del suelo de sub rasante.. | 44 |
| Tabla 15. Categorías de subrasante según el CBR que presenta | 46 |
| Tabla 16. Categorías de subrasante según el CBR que presenta | 48 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Clasificación de los residuos de la construcción | 12 |
| Figura 2. Procedimiento de ejecución de la investigación | 26 |
| Figura 3. Resultado del análisis granulométrico del suelo de subrasante natural..... | 32 |
| Figura 4. Se muestra los valores de límites del suelo evaluado de obtenido de la calicata a nivel de la sub rasante de la avenida Sacsayhuaman | 33 |
| Figura 5. Determinación del Proctor modificado del suelo de subrasante natural.. | 35 |
| Figura 6. Gráfica para obtención del CBR del suelo natural obtenido de la calicata muestreada.. | 36 |
| Figura 7. Densidad máxima seca del suelo con adición de residuos de construcción | 40 |
| Figura 8. Óptimo contenido de humedad del suelo con adición de residuos de construcción. | 40 |
| Figura 9. C.B.R. del suelo con adición de residuos de construcción | 41 |
| Figura 10. Incremento porcentual del C.B.R. del suelo en función a la dosificación de residuos de la construcción adicionado. | 42 |
| Figura 11. Jerarquización de los tratamientos según Tukey para los resultados del valor medio del C.B.R..... | 45 |
| Figura 12. Ecuación general de cálculo de espesor de pavimento rígido..... | 47 |

RESUMEN

El trabajo de investigación, se llevó a cabo en la ciudad de Jaén, y tuvo el objetivo de determinar la influencia de los residuos de la construcción en el suelo de sub rasante para obras de pavimentos rígidos. Se realizó debido a la mala calidad de los suelos donde se han implementado las habilitaciones urbanas, cuyos suelos son generalmente arcillosos. La investigación fue experimental, ensayándose tres dosificaciones de 10 %, 20 % y 40 %, se midió las propiedades físicas y mecánicas del suelo. La técnica empleada fue la observación y los instrumentos son fichas guías amparadas en las normas técnicas de cada ensayo. Como resultados se obtuvo que las propiedades físicas mejoraron significativamente, así la granulometría mejoro de un suelo tipo CL a un suelo tipo ML según SUCS, los índices de consistencia bajaron significativamente así el índice de consistencia bajó de 15 % a 7 %; en cuanto a las propiedades físicas, el C.B.R paso de 3.70 % del suelo natural a valores superiores en relación directa con la dosis aplicada, alcanzando un valor máximo de 27.50 %, de esta manera el suelo de sub rasante cumple con los requerimientos de las norma de diseños de pavimentos; en cuanto al diseño del pavimento se obtuvo que la losa de concreto del pavimento rígido disminuyó 4.50 cm, lográndose una mejora significativa. En conclusión, la adición de residuos de construcción en el suelo de sub rasante influye positivamente en sus propiedades físicas y mecánicas.

Palabras clave: Suelo, sub rasante, residuos de construcción, proctor, C.B.R.

ABSTRACT

The research work was carried out in the city of Jaén, and its objective was to determine the influence of construction residues on the subgrade soil for rigid pavement works. It was carried out due to the poor quality of the soils where urban developments have been implemented, whose soils are generally clayey. The research was experimental, testing three dosages of 10 %, 20 % and 40 %, and the physical and mechanical properties of the soil were measured. The technique used was observation and the instruments used were guide sheets based on the technical standards of each test. As results it was obtained that the physical properties improved significantly, thus the granulometry improved from a soil type CL to a soil type ML according to SUCS, the consistency indexes decreased significantly, thus the consistency index decreased from 15 % to 7 %; as for the physical properties, the C.B.R. went from 3.70 % of the natural soil to higher values in direct relation to the applied dose, reaching a maximum value of 27.50 %, in this way the subgrade soil complies with the requirements of the pavement design standards; as for the pavement design, the concrete slab of the rigid pavement decreased by 4.50 cm, achieving a significant improvement. In conclusion, the addition of construction residues in the subgrade soil positively influences its physical and mechanical properties.

Keywords: Soil, subgrade, construction residues, proctor, C.B.R.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel global el acelerado desarrollo urbano y crecimiento de esa industria constructiva viene generando cantidades importantes de construcción y demolición (Zhang *et al.*, 2022). La generación de estos residuos supera actualmente los 3.000 millones de toneladas por todo el mundo. China, India y Estados Unidos son los mayores contribuyentes, con una contribución de una cantidad superior a los dos mil millones de toneladas para el año 2018 (Mohanty *et al.*, 2022). Desafortunadamente, en la mayoría de casos los residuos del sector construcción no son tratados y son acumulados en vertederos informales convirtiéndose en una carga pesada para el ambiente y amenaza la salud y bienestar humano. Por lo tanto, es crucial explorar un modelo de desarrollo eficaz y sostenible para reciclar residuos que genera el sector construcción (Zhang *et al.*, 2022).

El aprovechamiento y la reincorporación de los desperdicios de construcción y demolición minimizan la demanda de materiales de cantera no renovables, aumentan la sostenibilidad y simultáneamente resuelven los problemas asociados con su eliminación tanto en naciones avanzadas y en aquellas en vías de desarrollo (Mohanty *et al.*, 2022). El reciclaje de desechos de construcción se ha transformado en un tema de mucho interés para los investigadores de obras viales, descubriendo su gran potencial para ser utilizados en las capas de pavimentos gastando de esta manera gran cantidad de dichos residuos (Leng *et al.*, 2018). Estudios han demostrado la viabilidad de utilizar residuos de construcción como materiales para capas de pavimentos permitiendo disminuir costos en la construcción de dichos pavimentos (Saberian *et al.*, 2020). Los pavimentos normalmente constan de cuatro capas principales: capa superficial, capa base, capa subbase y capa de sub-rasante. La capa de sub-rasante requiere compactación para maximizar la densidad y minimizar la conductividad hidráulica. De este modo se pueden soportar cargas de tráfico elevadas y al mismo tiempo observarse una deformación limitada de la capa. El potencial de carga de la capa de sub-rasante determina en gran medida el diseño general del pavimento, por lo que el rendimiento mecánico de las capas de sub-rasante estabilizadas requiere una atención específica (Xue *et al.*, 2023). Por ende, dado el bajo rendimiento mecánico de estos residuos de construcción, es recomendable utilizar, entre un 20% y 50% (Nwakaire *et al.*, 2020). Por lo tanto, el

reciclaje de desechos del proceso constructivo y demolición como material alternativo para reemplazar suelos y gravas naturales en la sub-rasante de pavimentos es una tecnología prometedora (Zhang *et al.*, 2022).

Perú no es ajeno a esta problemática, el sector construcción ha ido creciendo en el país y esto ha traído consigo la generación de gran cantidad de residuos, lastimosamente, no son tratados adecuadamente y generalmente la población opta por desecharlos en botaderos improvisados afectando el ambiente. Por otro lado, en diversos proyectos viales el suelo es de mala calidad y no satisface los criterios necesarios con el fin de ser empleados como sub-rasante de pavimentos. Dichos pavimentos construidos dentro de estos suelos requieren un espesor mayor, por ende, su costo se eleva, además, al no mejorar la sub-rasante puede haber asentamientos reduciendo los años de utilidad del pavimento. Por lo tanto, se hace imperativo explorar diversas soluciones, una de ellas es el uso de residuos de construcción en las capas de pavimentos (Quispe, 2020). Según Sánchez (2022) se hace necesarios estudios de materiales alternativos que brinden mejores condiciones a la sub-rasante en los procesos de construcción de pavimentos en el País.

En la ciudad de Jaén es evidente el crecimiento urbano, lo que ha generado gran cantidad de residuos de construcción, los cuales causan contaminación al agua, suelo y aire llegando a exponer a la salud de las personas, debido a que no son tratados y vertidos en lugares adecuados; por otro lado, los suelos son de baja capacidad portante significando una tarea desafiante al momento de la construcción de pavimentos incrementando los costos. En ese contexto, el presente trabajo está enfocado a evaluar el impacto de los desechos de construcción en la sub-rasante de pavimento rígido de la avenida Sacsayhuamán en Jaén, contribuyendo de esta manera con nuevos conocimientos en el área, que permitan mejorar los procesos constructivos de pavimentos.

Por lo tanto, se propone la presente investigación en la cual se considera como **problema general** lo siguiente: ¿cómo influye los residuos de construcción en las sub-rasantes de pavimentos rígidos de la avenida Sacsayhuamán - provincia de Jaén - Cajamarca 2024? Así mismo, los **problemas específicos** planteados son:

¿cuáles son las propiedades del suelo natural de sub-rasante de pavimentos rígidos de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024?; ¿Cuánto es la dosificación de los residuos de construcción que se utilizarán en el suelo de sub-rasante de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024?; ¿cómo influye la dosificación de residuos de construcción en las propiedades físicas y mecánicas del suelo de sub-rasante?; y, ¿cómo es el diseño del pavimento rígido de la avenida Sacsayhuamán en Jaén Cajamarca, con el uso de residuos de construcción en la sub-rasante?

Además, la investigación planteada se sustenta en una **justificación teórica**, ya que complementará el conocimiento existente sobre el mejoramiento de suelos compuestos por arcilla previstos a ser empleados como sub-rasante en proyectos urbanos de pavimentos rígidos. La propuesta incluye la utilización de residuos de construcción debidamente procesados como agentes estabilizantes. Los hallazgos conseguidos aportarán información adicional a la ya existente sobre el mejoramiento de suelos con mucho contenido arcilloso, centrándose en sus cualidades físicas y mecánicas, las cuales serán evaluadas a través de ensayos normalizados. También se **justifica metodológicamente** ya que, a pesar que en el transcurso de la investigación, no se crearán nuevos instrumentos, ya que se emplearán aquellos que han sido recomendados y aprobados de acuerdo con las normativas técnicas en vigor correspondientes a cada caso específico abordado en la investigación. Estas directrices definen los formatos y proporcionan pautas sobre cómo recopilar información sobre mediciones de las cualidades físicas y mecánicas del suelo de sub-rasante. La investigación tiene como objetivo complementar y enriquecer la comprensión de la relación entre las variables planteadas, es decir, la conexión entre el empleo de residuos de construcción y las propiedades físicas y mecánicas del suelo de sub-rasante. Se llevarán a cabo mediciones para verificar el impacto real que la variable independiente tiene en la variable dependiente, con el fin de validar la influencia de esta en los resultados. En cuanto a la **justificación técnica** se obtendrá información fidedigna sobre la utilización de residuos de construcción, la cual asegurará la estabilización del suelo con alto contenido de arcilla, reflejada en sus cualidades físicas y mecánicas. Esta información resulta valiosa para su implementación en proyectos de construcción local,

específicamente en pavimentos urbanos. Al abordar la interrogativa de indagación, se confirmará experimentalmente la eficacia del uso de residuos de construcción para estabilizar el suelo, evidenciada en las buenas cualidades físicas y mecánicas del suelo arcilloso. La confiabilidad de esta información se garantiza mediante un estricto control durante su ejecución. Con relación a la **justificación social** la investigación generará beneficios a la población de manera indirecta, ya que se obtendrán obras civiles de pavimentos rígidos más estables y durables, que permitirán una mejora en la transitabilidad de la población por las calles pavimentadas; al mismo tiempo, los vecinos de las calles pavimentadas usando suelos mejorados de sub-rasante con residuos de construcción, contarán con obras de mejor calidad y por mayor tiempo. Finalmente se tiene a la **justificación económica** de la investigación, la cual se muestra en la disminución del costo de construcción de pavimentos urbanos, al utilizar el suelo natural como sub-rasante, previo mejoramiento aplicando residuos de construcción; esto debido a que no se va a realizar la eliminación del suelo arcilloso de sub-rasante, ni va a ser necesario colocar material de aporte de cantera, puesto que se disminuirán los costos al reemplazar estas partidas por una sola que es el mejoramiento del suelo natural. Otro beneficio, es la disminución del espesor de las capas en el diseño del pavimento rígido, ya que al aumentar el valor del CBR de la sub-rasante, no va a ser necesario mucho espesor de capas como base y concreto.

Con respecto a los objetivos planteados para el presente estudio, se tiene como **objetivo general** determinar la influencia de los residuos de construcción en las sub-rasantes de pavimentos rígidos de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024, y como **objetivos específicos** determinar las propiedades del suelo natural de sub-rasante de pavimentos rígidos de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024; determinar la dosificación de los residuos de construcción que se utilizarán en el suelo de sub-rasante de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024; determinar la influencia de la dosificación de residuos de construcción en las propiedades físicas y mecánicas del suelo de sub-rasante de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024; y, realizar el diseño del pavimento rígido de la avenida Sacsayhuamán en Jaén Cajamarca, con el uso de residuos de construcción en la sub-rasante.

Así mismo, para a presente investigación se plantea como **hipótesis general** lo siguiente: existe influencia de los residuos de construcción en las sub-rasantes de pavimentos rígidos de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024. De igual manera las **hipótesis específicas** son: es posible determinar las propiedades del suelo natural de sub-rasante de pavimentos rígidos; la dosificación de los residuos de construcción que se utilizarán en el suelo de sub-rasante de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024 más recomendable es 10 %, 20 % y 40 % ; existe influencia de la dosificación de residuos de construcción en las propiedades físicas y mecánicas del suelo de sub-rasante; y, el diseño de pavimento rígido de la avenida Sacsayhuamán de Jaén Cajamarca, con el uso de residuos de construcción en la sub-rasante requiere de menores espesores de las capas.

II. MARCO TEÓRICO

En los **antecedentes internacionales** se tiene a Xue *et al.* (2023) en su estudio tuvo como **objetivo** evaluar arena reciclada (AR) lavada derivada de desechos de construcción y demolición, estabilizada con geopolímero, como materiales de sub-rasante de pavimento. Como **metodología** se usó cenizas volantes (CV), escoria granulada de alto horno (S) y la combinación de (CV + S) como tres precursores diferentes en la estabilización del geopolímero de AR. Los **resultados** indicaron que el valor de fortaleza ante la compresión no confinada más alto alcanzado entre las muestras analizadas fue de 22,024 MPa, cuando se utilizó 15 % CV + 15 % S y cuando se curó durante 7 días a 40 °C. Se llevó a cabo una prueba triaxial de carga repetida para demostrar aún más que la Arena Reciclada proveniente de desechos de construcción y demolición podría sustituir el papel de las arenas de cantera en el pavimento. Se **concluyó** que, en condiciones de curado de 7 días a 21 °C, las muestras estabilizadas con 30 % CV o 10 % S eran lo suficientemente rígidas para responder al cambio de tensión axial bajo la misma condición de confinamiento.

Zhang *et al.* (2022) En su investigación se centró en el **objetivo** evaluar la utilización de los desechos construcción y demolición (RCD) como relleno en la sub-rasante del pavimento para ello como **metodología** reveló la ley de variación del módulo resiliente dinámico de los desperdicios de construcción y demolición bajo ciclos repetidos de congelación-descongelación y estableció un modelo de predicción de rendimiento razonable. Los **resultados** indicaron que el modelo de Van Genuchten describió bien las curvas características suelo-agua de los desperdicios de construcción y demolición con distinta compacidad y número de ciclos de congelación-descongelación. Además, el módulo resiliente dinámico mejoró con el aumento de la succión matricial, la compacidad, la tensión desviadora y la tensión aparente mínima y exhibe una característica de endurecimiento por tensión. Los ciclos de congelación-descongelación atenuaron la succión matricial y módulo resiliente dinámico de los desechos de construcción y demolición. Este **concluye** que se puede aplicar desperdicios de construcción y demolición en sub-rasantes de pavimentos en regiones heladas estacionalmente.

Wang et al. (2022) tuvo como **objetivo** analizar un material de relleno de sub-rasante que consiste en una mezcla de residuos de construcción, cal y cenizas volantes. **Metodológicamente** se realizaron pruebas de compactación y relación de carga de California (CBR), se realizó bajo diferentes relaciones cemento-agregado (CAR, 3:7, 4:6, 5:5, 8:2). También se evaluaron distintas tensiones normales (100, 200 y 300 kPa) y tamaños de agregado (20%, 40%, 60%, 80% de $P_{4,75}$). Los **resultados** experimentales indicaron que: cuando el CAR fue 4:6, el contenido ideal de agua y la densidad seca máxima alcanzaron sus valores máximos de 10,1% y 2,03 g/cm³, respectivamente, el valor máximo de CBR fue del 42,5% y la resistencia al corte alcanzó su valor máximo. La tensión normal tuvo un efecto positivo sobre la resistencia al corte de la mezcla. Cuando $P_{4,75}$ era del 40 %, la resistencia al corte de mezcla de residuos de construcción de cal y cenizas volantes era la máxima.

Al-Obady et al. (2021) se planteó como **objetivo** analizar el impacto de tres tipos de materiales de residuos de construcción (RC) (asfalto arrastrado (AA); ladrillo triturado (LT); y hormigón triturado (HT)) en el comportamiento de una arcilla de baja plasticidad utilizada como sub-rasante en carreteras. Como **metodología** se realizaron estudios experimentales y numéricos intensivos utilizando pruebas de campo de conexión entre rodamiento de California (CBR) con una mezcla del 10% de residuos de construcción en la arcilla. Los **resultados** revelaron mejoras significativas en los valores de CBR después de la incorporación de los materiales de desperdicios de construcción en la arcilla de baja plasticidad. Los valores de CBR crecieron un 12,4, 13,7 y 49,7% con la adición de AA, LT y HT, respectivamente. Además, se observaron mejoras proporcionales al aumentar el grosor de la capa. Se **concluyó** que la inclusión de HT demostró ser la más efectiva, mostrando una mejor correlación entre los hallazgos experimentales y el análisis numérico realizado con el paquete PLAXIS 2D.

Sharma y Sharma (2021) Durante su estudio tuvo como **objetivo** estudiar el uso de residuos de construcción y residuos agrícolas para estabilizar las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso para utilizar el compuesto como material de sub-rasante. Para ello, como **metodología** se mezclaron cenizas de cáscara de arroz (desperdicios agrícolas) y residuos de demolición de la

construcción (residuos de construcción usados) en cantidades variables en suelo arcilloso solo y junto con cal para obtener el mejor material de sub-rasante. Los **resultados** de las pruebas experimentales revelaron que las características geotécnicas del suelo arcilloso mejoraron al estabilizarlo con diversos materiales de desecho, resolviendo así su problema de eliminación y manteniendo así un medio ambiente saludable.

Zhang et al. (2020) tuvo como **objetivo** estudiar el empleo de áridos recuperados de desechos de construcción y demolición (RCD) como materiales de relleno alternativos para sub-rasantes. Los **resultados** mostraron que los agregados reciclados de RCD con una clasificación adecuada y tecnologías de construcción estrictas funcionan bien. En **conclusión**, la sub-rasante rellena con árido reciclado tuvo una deformación menor que la del subsuelo de suelo.

Ochoa et al. (2022) se propuso como **objetivo** examinar la reutilización de la fracción fina de los desechos de concreto (RC fino) para fortalecer la sub-rasante. Como **metodología** el residuo fue sometido a tratamiento mecánico, que incluyó triturado y tamizado, empleando partículas con un diámetro inferior a 2 mm. Se incorporó RC fino en porcentajes del 20 %, 40 % y 60 % en peso. Los **hallazgos** señalaron que la adición de RC fino conlleva a una reducción en los límites de Atterberg, la densidad específica de los sólidos y la expansión. Por otro lado, el índice de CBR aumenta en comparación con el suelo sin adición. Se **concluye** que la incorporación de este residuo satisface los criterios especificados en las normativas brasileñas para el refuerzo de sub-rasantes.

Averos (2019) se planteó como **objetivo** de su investigación estudiar el uso de desperdicio de Construcción y Demolición de Concreto fino (RCD-C), que consiste en partículas con una dimensión inferior a 2 mm. Como parte de la **metodología** se usó porcentajes de RCD-C Fino en la mezcla en 0%, 20%, 40% y 60% en relación con el peso total. Los **resultados** indicaron que a medida que se aumentaba la cantidad de residuo de concreto reciclado, se observaron los siguientes efectos: reducción en los límites de Atterberg, expansión, masa específica y humedad óptima; un aumento en los valores de masa específica aparente seca y CBR. Siendo el porcentaje idóneo de 60% RCD-C fino. Las

variables de expansión y CBR satisficieron las especificaciones normativas para el fortalecimiento de la sub-rasante. Se **concluye** que el empleo de RCD-C fino como estabilizante para suelos limo-arcillosos es una opción prometedora y técnica viable, además de aportar a la mejoría de los impactos ambientales asociados con la pavimentación.

En los **antecedentes nacionales** se tiene a Sánchez (2022) tuvo como **objetivo** estudiar el uso de residuos de concreto (RC) proveniente de desechos de construcción y demolición (RCD) como complemento para la estabilización de la sub-rasante, **metodológicamente** se aplicó un diseño experimental en el cual se usó 2%, 5%, 9%, 15% y 25% de residuos. Como **resultados** se obtuvo que la caracterización de RC mediante análisis granulométrico de tamiz se consideró como una muestra del porcentaje que pasa el tamiz No. 80, dando como resultado 35.9% de arena y 64,1% limos y arcillas. Además, para todas las muestras con la adición de RC, la clasificación del suelo acorde a la metodología SUCS es arcilla "CL" de baja plasticidad con arena y para la metodología AASTHO para las muestras M-02, M-03 y M-04 se mantiene en el grupo A-7-6 con índice de grupo mayor a 10. Durante la evaluación CBR, se notó un incremento en la capacidad de carga a medida que el porcentaje de adición de RC aumenta. La muestra estándar obtuvo del 1% de CBR al 95%, con la adición del 15% de RC se incrementó el CBR a 6.40% representando un incremento del 540% y con el 25% de RC, el CBR se incrementó al 8,10%, lo que representa un aumento del 710%. La **conclusión** fue que las muestras M-05 (15% de adición de RC) y M-06 (25% de adición de RC) son aquellos con el valor CBR mayor o igual a 6 cumpliendo con los requerimientos mínimos especificados por la normativa nacional vigente.

Choque (2022) en su estudio tuvo como **objetivo** mejorar la estabilidad de la sub-rasante en una carretera local a través de la introducción de desechos de concreto premezclado. Los **resultados** obtenidos indican que antes del empleo de los desechos de concreto premezclado, la destreza de soporte del suelo base era del 4.22%. Sin embargo, después de incorporar las dosis de SN+5 % RCP, SN+10 % RCP y SN+20 % RCP, los valores aumentaron significativamente a 6.51 %, 9.34 % y 11.58 %, respectivamente. En cuanto al índice de plasticidad del suelo base, inicialmente era del 11.93%, tras la adición de las mezclas con desechos de

concreto premezclado, el índice de plasticidad disminuyó a 10.73%, 9.03% y 7.37% para las dosificaciones de SN+5 % RCP, SN+10 % RCP y SN+20 % RCP, respectivamente. Se **concluyó** que la inclusión de desechos de concreto premezclado mejoró significativamente la destreza de soporte de la sub-rasante, pasando de ser calificada como "pobre" a "buena". Además, se logró una reducción considerable en los valores del índice de plasticidad, lo que indica una mejora en la transitabilidad vehicular en la vía vecinal estudiada.

Quispe (2020) se planteó como **objetivo** estudiar el empleo de desechos de construcción y demolición (RCD) (residuos de ladrillo, desechos de concreto y desechos de revestimiento) en la estabilización de la sub-rasante, para ello como **metodología** se usó diferentes proporciones de RCD (20%, 30% y 40%) combinados con el suelo original, se dio prioridad al valor CBR (California Bearing Ratio), ya que este indica la idoneidad del suelo mejorado para ser utilizado como sub-rasante. Los **hallazgos** conseguidos fueron altamente satisfactorios, debido a que se notó una mejora significativa en la capacidad de soporte del terreno. Para el caso de la adición de desechos de ladrillo, se alcanzó un valor de CBR de 9.0%. En el caso de la adición de desechos de concreto, este valor fue de 11.5%, y para la adición de residuos de revestimiento, se logró un CBR del 17.1%. Se **concluye** que los residuos de revestimiento son una excelente alternativa para la estabilización de sub-rasante, ya alcanzó en CBR más alto.

Casas (2017) en su estudio tuvo como **objetivo** evaluar el uso de desechos de construcción como estabilizante de la sub-rasante del Jirón Manuel Scorza, Distrito De Chilca – Junín, para ello como **metodología** aplicó un diseño experimental en el cual se usó 10%, 20%, y 30% de desechos de construcción. Como **hallazgos** se observaron mejoras significativas en la estabilización de la sub-rasante compuesta por suelo con alto porcentaje de arcilla, medida en términos de penetración a una pulgada. Fue evidente que a medida que aumentó el porcentaje de desechos de construcción, el valor de CBR (California Bearing Ratio) mejoró sustancialmente. En el estado natural, el valor del CBR fue de 5.39%, aumentando a 7.81% con una adición del 10%, a 9.41% con el 20% y a 12.50% con el 30% de residuos de construcción. Se **concluye** que los desechos de construcción son una buena alternativa para estabilizante de la sub-rasante.

Las bases teóricas de la presente indagación se fundamentan en la consideración de las variables bajo estudio, las cuales se detallan a continuación.

Residuos de construcción. comprenden todos los materiales generados durante la ejecución de obras civiles, variando en cantidad, volumen y proporción según el tipo de proyecto (construcción, renovación o ampliación). Estos residuos son sobrantes que no constituyen parte integral de la estructura o que han sido eliminados durante el desarrollo del proceso de construcción. En Perú, la mayoría de los desechos de construcción son de naturaleza inerte, como ladrillos, arena, piedras, escombros, concretos y asfaltos. Estos materiales pueden ser aprovechados en diversas aplicaciones como acondicionamientos de caminos, protección de taludes, construcción de suelos artificiales, rellenos de zanjas, defensas costeras, entre otros, lo que contribuye significativamente a reducir la cantidad de desechos enviados a vertederos o centros de acopio de construcción (Bazán, 2018).

Por su parte, Alarcón (2018) expone que se producen una gran cantidad de desechos de construcción y demolición siendo alrededor de 821 millones, 325 millones, 77 millones, 33 millones y casi 17 millones de toneladas en la Unión Europea, Estados Unidos, Japón, China, e India respectivamente. siendo cantidades preocupantes. Debido a esta situación distintos países han instaurado la recuperación de los desechos de construcción y demolición, así, por ejemplo, en la Unión Europea, las tasas de reciclado de desechos de construcción varían significativamente, desde un alto del 90% hasta un bajo del 10%. En Estados Unidos, alrededor del 40% de los desechos de construcción y demolición se reutilizan, reciclan o se envían a plantas de EfW (Estación de Energía Teesside WTE). En China e India, países con un rápido crecimiento de la infraestructura, el reciclaje de estos desechos se ha transformado en una circunstancia favorable negocio, con tasas de reutilización del 5% en China y del 50% en la India. Japón presenta casi una recuperación total del concreto de los desperdicios de construcción y demolición, utilizándolo en sub-bases viales. Asimismo, Estados Unidos, con el respaldo de la FHWA, emplea el concreto recuperado como agregado en bases y sub-bases viales. En Perú, existe la Norma Técnica Peruana NTP 400.050, titulada "Manejo de Residuos de la Actividad de la Construcción".

Esta normativa tiene como fin proporcionar pautas para la gestión idónea de los desechos surgidos durante la actividad de construcción. Estas pautas incluyen consideraciones y principios rectores para orientar la ejecución de la actividad, identificar los tipos de desechos involucrados, y definir alternativas, basadas en criterios técnicos y ambientales, para la recuperación y reutilización o disposición final de dichos residuos.

Acorde a la norma peruana NTP 400.050 (2017) los desechos de construcción se clasifican tal como se visualiza en la figura 1.

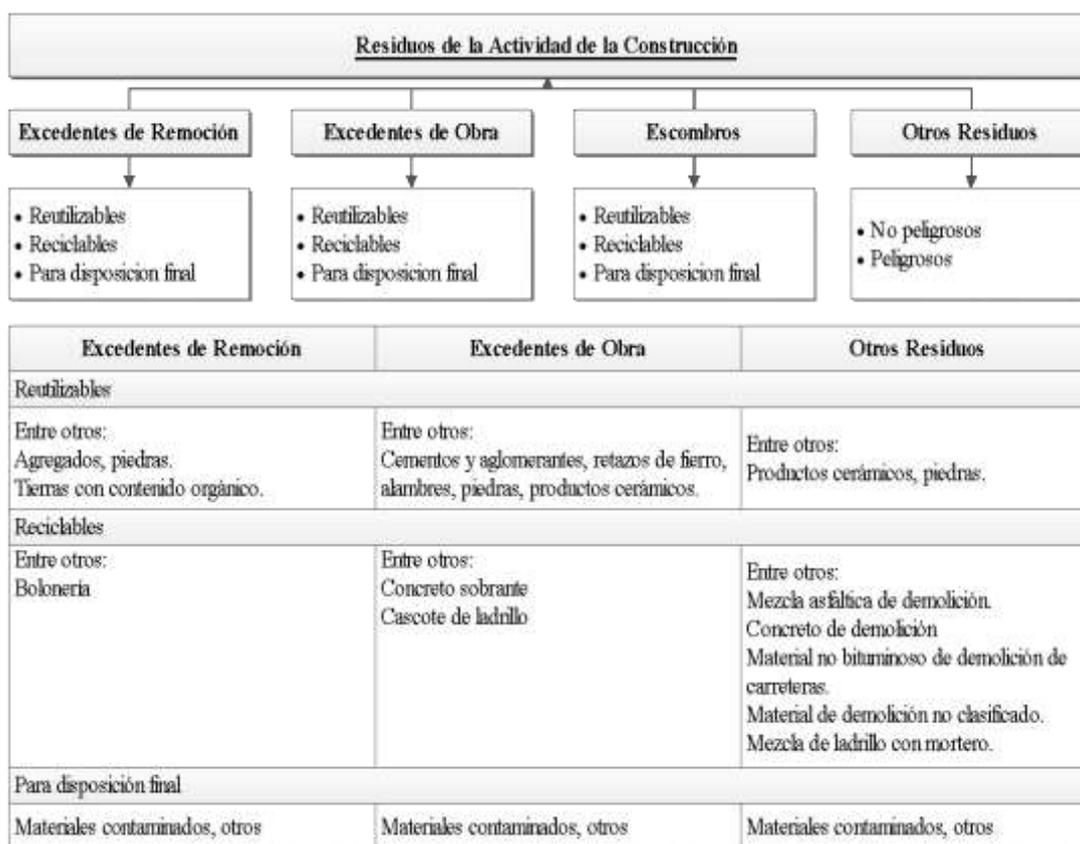


Figura 1. Clasificación de los residuos de la construcción

Suelos Arcillosos. Según la definición de Juárez y Rico (2010), el suelo abarca una variedad de materiales terrosos, desde rellenos de desechos hasta areniscas en cierta medida cementadas o lutitas suaves. Además, destacan la importancia del agua presente en el suelo en relación con su comportamiento mecánico, considerándola como un componente integral del mismo (p. 34). Según la descripción de Crespo (2017, p. 18) el suelo es una fina capa que recubre la superficie terrestre., conformada por elementos resultantes de la alteración y/o

descomposición física y química, así como de los desechos generados por los seres vivos que se depositan sobre ella. Los suelos arcillosos están mayoritariamente compuestos por arcilla, que consiste principalmente en silicatos de aluminio hidratados, con la posibilidad ocasional de contener silicatos de magnesio, hierro y otros metales. Estos suelos tienden a expandirse cuando se mojan y se contraen cuando se secan, creando grietas en la superficie. Esta característica puede generar problemas significativos en proyectos de construcción. (Juárez y Rico, 2010). De acuerdo con Palomino (2016, p. 22) “Las arcillas, caracterizadas por partículas sólidas de diámetro inferior a 0.002 mm, muestran una consistencia plástica al mezclarse con agua, siendo principalmente silicatos de alúmina hidratados, con la posibilidad ocasional de contener silicatos de hierro o magnesio”. Para Zapata (2018) La identificación del tipo de material arcilloso se realiza mediante diversos métodos, que incluyen pruebas de tamaño de partículas, límites de plasticidad, índice de fineza de arena, entre otros.

Sub-rasante. La sub-rasante es “la capa de cimentación que sustenta la estructura del pavimento. Se requiere que esta capa sea robusta frente a las condiciones medioambientales y proporcione un soporte consistente al armazón del pavimento. Es de vital importancia que disponga de la destreza de resistir las cargas generadas por el tráfico vehicular” (Rondón *et al.*, 2015). Los suelos considerados aptos poseen un Índice de Soporte California (CBR) igual o mayor al 6%. Si este porcentaje es inferior, nos encontramos ante un suelo de baja calidad o inadecuado para la sub-rasante, lo que requerirá procesos de estabilización como la mecánica, química o mediante el uso de geosintéticos. Estas intervenciones tienen como objetivo mejorar las características del suelo (MTC, 2014). Según indican Portilla y Andalúz (2022) la evaluación de la sub-rasante del suelo se ejecuta a través de la prueba de la Relación de Soporte de California (CBR), que proporciona información sobre la resistencia del suelo. Si el resultado es bajo, sugiere que la calidad del suelo es baja, lo cual sugiere precaución al considerar la realización de una obra civil. En contraste, se recomienda llevar a cabo procesos de estabilización para mejorar las condiciones de ese suelo. “La sub-rasante se refiere al nivel de la superficie final de la carretera en términos de movimiento de tierras, que incluye tanto los cortes como los rellenos. Esta superficie actúa como

base para la instalación del armazón del pavimento o afirmado” (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015).

Tabla 1. Clasificación de suelos de sub-rasante

| Clasificación de la sub rasante | CBR en % |
|---------------------------------|----------|
| S1 | 2 |
| S2 | 3 – 5 |
| S3 | 6 – 10 |
| S4 | 11 – 20 |
| S5 | >20 |

Fuente: Tomado de Ingeniería de pavimentos, Montejo (2002, p.135)

Estabilización de suelos. El proceso de mejoramiento del suelo implica la aplicación de medidas para estabilizar y mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, mediante la adición de agentes químicos, ya sean naturales o sintéticos. Este proceso se realiza especialmente en suelos considerados pobres o de baja calidad. La estabilidad en los suelos se refiere a su capacidad para resistir cargas, tanto estáticas como dinámicas, en situaciones de saturación y variaciones abruptas de clima, sin experimentar deformaciones. Por ende, el objetivo principal de la estabilización de suelos es optimizar su resistencia mecánica, permitiendo que las partículas ejerzan su trabajo de manera eficiente y así asegurar la durabilidad de esa capa. (Angulo y Zavaleta, 2020).

Tipos de Estabilización. **Estabilización Física:** Se realizan modificaciones físicas en el suelo mediante diversas técnicas, siendo algunas de las más habituales en la combinación de suelo, la consolidación previa, el uso de geotextiles, la vibroflotación, entre otras técnicas (Valle, 2010, p.15). **Estabilización química:** implica el uso de sustancias químicas patentadas que provocan una suplencia de iones metálicos, generando una conversión en la composición del suelo mejorado. Los estabilizadores químicos comúnmente empleados incluyen el cemento y la cal, y otros elementos estabilizadores son los polímeros, el cloruro de calcio, el cloruro de magnesio y las escorias de fundición (Valle, 2010, p.15). Esta descripción guarda similitud con la ofrecida por (Bonifacio y Sánchez, 2015), quienes también definen la estabilización química como el

proceso de mejorar el suelo mediante la adición de sustancias químicas patentadas que provocan la suplencia de iones metálicos y cambios en la composición del suelo. Además el cemento y la cal, mencionan otros compuestos como el cloruro de sodio, el cloruro de calcio, y polímeros, entre otro”. **Estabilización mecánica:** busca una mejoría de las cualidades del suelo sin recurrir a reacciones químicas en el proceso. La técnica más destacada en este enfoque es la compactación (Valle, 2010, p.16).

Ensayos índices. Contenido de humedad. La humedad del suelo es la relación de masa entre el agua presente en el suelo y el suelo mismo, expresada como un porcentaje del peso húmedo del suelo. Esta relación puede variar significativamente según la granulometría del suelo. Para cuantificar la cantidad de agua eliminada, se seca el suelo en un horno controlado a 110 ± 5 °C consiguiendo que el peso del espécimen se mantiene constante. El peso obtenido después de este proceso se considera como la manifestación seca de los constituyentes minerales del suelo. La diferencia de pesos entre este valor y el peso inicial antes del secado se interpreta como la masa del agua contenido en el espécimen de suelo (MTC, 2016). La norma NTP 339-127 proporciona las pautas necesarias para llevar a cabo de manera adecuada el ensayo destinado a cuantificar el nivel de humedad del suelo y entablar la proporción entre la masa del agua y la masa del espécimen de suelo en estado seco (Gil y García, 2021, p.14).

Análisis granulométrico. Siguiendo la regulación de la NTP 339-128, este procedimiento posibilita medir las dimensiones de las partículas presentes en una cantidad específica de suelo. La clasificación granulométrica se realiza en función de la cantidad de material que pasa por el tamiz N° 200 (Gil y García, 2021, p.16). El análisis granulométrico se lleva a cabo con el propósito de caracterizar un suelo, y consiste en medir y calcular las partículas de un agregado, representando estos datos en la forma de una curva granulométrica. Para ejecutar este ensayo, se requieren instrumentos como balanza con 0.01 g de sensibilidad, una estufa u horno, recipientes para facilitar el secado adecuado de las muestritas, cepillos, brochas, y un juego de tamices de malla cuadrada con aberturas de acuerdo con las especificaciones de la norma pertinente (MTC, 2016).

Límites de Consistencia. Llamados también límites de Atterberg, indican los niveles de contenido de humedad que definen los estados del suelo fino: líquido, plástico y sólido. Estos límites son utilizados para valorar la plasticidad del suelo y determinar si es apropiada o inestable (MTC, 2016). La norma técnica NTP 339 – 129 establece las pautas requeridas para realizar las pruebas que posibilitan la determinación del límite líquido y el límite plástico (Gil y Garcia, 2021, p.15). La plasticidad: característica intrínseca de los suelos, se refiere a la medición del contenido de humedad hasta un punto donde la muestra de suelo, al ser sometida a fricción, no se desintegra o inicia su desintegración. Este análisis se enfoca específicamente en los componentes finos del suelo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2016). Índice De Plasticidad (IP): Acorde al MTC (2014), se genera a partir de pequeños intervalos de humedad ubicados entre los límites de Atterberg. Este índice se define acorde con las pautas indicadas a continuación:

$$IP=LL-LP$$

Dónde:

IP= índice de plasticidad.

LL= índice líquido.

LP= limite plástico.

Límite líquido (LL): En este procedimiento, se crea una consistencia uniforme de suelo y agua, cuidadosamente preparada. Dicha mezcla es colocada en el depósito de la máquina Casagrande, que presenta una forma similar a una cuchara. Al depositarse en el recipiente, la mezcla de suelo y agua forma una hendidura en el centro, dividiendo la muestra en dos partes a lo largo de esta hendidura. Luego, se activa la máquina, generando golpes mediante el movimiento circular de la manivela. Estos golpes tienen la función de unir las partes previamente separadas, y este proceso se repite a lo largo de una distancia de 12.7 mm. Es considerable que el nivel de humedad del suelo es en el límite líquido si la grieta se cierra después de 25 golpes. De acuerdo con el MTC en el Manual De Ensayos de Materiales (2016) indica que: “La disminución significativa del límite

líquido de un suelo compuesto principalmente a través de materia orgánica ocurre de manera abrupta cuando se expone a altas temperaturas, como sucede durante el proceso de secado en un horno u otro método antes de someterlo al ensayo. Esta variación en los valores del límite líquido proporciona, indirecta y cualitativamente, una indicación del contenido de material orgánico presente en el suelo” (p.67).

Límite plástico: se refiere al nivel de humedad mínimo necesario para formar cilindros de suelo, con aproximadamente 3,2 mm (1/8") de diámetro, al rodar una muestra entre la palma de la mano y una superficie lisa. En este estado, las barritas de suelo no se desmoronan. Este límite representa la humedad mínima en la cual el suelo no permite deformaciones de rotura (MTC, 2016).

Compactación. La norma NTP 339.141, que aborda el Ensayo de Proctor Modificado, proporciona las directrices esenciales para llevar a cabo el ensayo de laboratorio destinado a identificar el contenido de humedad ideal para la compactación. La normativa detalla cómo proceder y calcular las variables del Proctor modificado. Esta prueba implica compactar de una muestra de suelo en un cilindro de dimensiones conocidas, dividiendo el proceso en tres capas con 25 golpes cada una (MTC, 2016).

Ensayo California Bearing Ratio (CBR). Las pruebas de CBR son realizadas en muestras de suelo compactadas a un contenido de humedad particular y examinan el potencial de carga de suelos compactados. El foco principal es cuantificar el potencial de carga del suelo cuando está sometido a cargas móviles, es decir, la fortaleza de una estructura particular para aguantar cargas transmitidas a través de ruedas. El Manual De Ensayos De Materiales (2016) especifica que: “Por lo general, la prueba se ejecuta en un espécimen de suelo que ha sido adecuadamente preparada en condiciones específicas de humedad y densidad en el laboratorio; no obstante, también se puede realizar en muestras inalteradas extraídas directamente del terreno” (p, 249).

Pavimento Rígido. Estructura constituida por un área de rodamiento suministrada por losas de concreto hidráulico como aglomerante, agregado y/o aditivos que ocasionalmente contienen un armado de acero (Tapia, 2008). Existen

tres categorías: pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas, pavimento de concreto simple con juntas, pavimento de refuerzo continuo (MTC, 2013, pág. 24).

Diseño de Pavimentos. “Proceso mediante el cual los componentes estructurales de un pavimento (losa, carpeta, base, subbase, base, sub-rasante) de un tramo específico de vía son determinados considerando la naturaleza de la sub-rasante, tráfico consideraciones ambientales, condiciones de mantenimiento y densidad” (Acurio, 2012, pág. 9).

Por su parte Tapia (2008) refiere que para el diseño de pavimentos existe una variedad de métodos, los cuales se basaron en resultados de pruebas que se realizaron a una escala natural, desarrollos técnicos y algunos otros de la combinación de resultado de pruebas y desarrollos teóricos. Sin embargo; los métodos mayormente empleados son el método de la AASHTO el cual será utilizado en la presente investigación, y el método de la PCA (Portland Cement Association).

A lo largo de los años los métodos de diseño en pavimentos han sufrido variaciones, desde métodos empíricos que se basaban en un sistema de clasificación de suelos hasta métodos que rigen en la actualidad y se basan en investigaciones experimentales. En los años 1951 y 1956 AASHTO, en Estados Unidos realizó pruebas experimentales en diferentes tramos en Ottawa III, en base a estos tramos de prueba analizados se obtuvo una ecuación de diseño, la misma que ha sido modificada en el transcurso del tiempo debido a observaciones experimentales. En 1986 la guía de pavimentos AASHTO introduce un procedimiento de diseño mecánico que permita anticipar el desempeño de la estructura de un pavimento para diferentes periodos de diseño, teniendo en cuenta las cargas, materiales y el clima. En el año 1993 AASHTO fue mejorado ya que introducía conceptos mecánicos para examinar el degrado a causa del clima estableciendo coeficientes de drenaje y transferencias de carga, además de establecer parámetros que determinan el espesor de un pavimento. Este método es el más difundido y aún está vigente. En el año 2008 AASHTO presenta un cambio con respecto a la guía del año 1993, introduciendo en estos principios

teóricos para predecir esfuerzos y deformaciones de los constituyentes del armazón de pavimentos, respondiendo a las cargas de tráfico y el clima. Sin embargo; la guía del año 2008 no es un proceso para el diseño de espesores, sino que permite evaluar y predecir las fallas de un pavimento existente. Las consideraciones de diseño que tiene en cuenta este método es que el comportamiento del pavimento debe ser funcional, estructural y debe brindar seguridad. Así como también, posibilita calcular el grosor del pavimento, la cantidad de acero de refuerzo y realizar el diseño de las juntas (Rodríguez, 2015).

El procedimiento de diseño consta de: estimar el estudio de tráfico Para el período de diseño, cuantificar la fiabilidad y la desviación estándar global, entablar el módulo de reacción efectivo de la sub-rasante, cuantificar la pérdida de funcionalidad según el diseño y, por último, conseguir el grosor de la losa de acuerdo con el ábaco o fórmula. Además, los parámetros que interfieren en este método son: periodo de diseño, el tránsito, servicialidad, confiabilidad y desviación estándar, el impacto de las capas de soporte, drenaje, el suelo, fuerza a la flexotracción del concreto y, por último; el módulo de elasticidad del concreto (Acurio, 2012).

Mecánica de Suelos Aplicada al Diseño de Pavimentos. Los trabajos sobre las características de los suelos no son considerados en una evaluación exhaustiva por lo que, los estudios de suelos que se realizan tanto en campo como en laboratorio solo son útiles para ser anexados a los expedientes técnicos, sin embargo; lo más adecuado debería ser el análisis de la información de los suelos estudiados a través de la interpretación de hallazgos y la realización de tablas estadísticas, etc y sobre todo su posterior empleo en los diseños. Además, estos ensayos y los resultados deben estar acordes a las exigencias de cada país. Para la indagación y muestreo de suelos, AASHTO sugiere seguir la norma T 86-90, la cual es equivalente a la ASTM D420-69 (Lázares, 2016).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

Esta indagación adopta un enfoque basado en números., puesto que se recaudarán datos que respaldarán la hipótesis propuesta mediante medidas numéricas evaluables

3.1.2. Tipo de investigación

Tipo de investigación por el propósito

Acorde al propósito delineado, esta investigación es aplicada, puesto que busca generar conocimientos en el ámbito de la construcción de obras viales, especialmente en pavimentos rígidos, con el objetivo de que puedan ser implementados de manera práctica y directa en la realidad.

Tipo de investigación por el diseño

Debido a su diseño, esta investigación se clasifica como experimental, ya que implica la manipulación o modificación de las condiciones del objeto con el fin de medir los cambios resultantes. Esto concuerda con la definición de investigación experimental, que implica que el indagador verifique la hipótesis manipulando deliberadamente las variables examinadas (Hernández et al., 2014).

Tipo de investigación por el nivel

En cuanto al nivel, este estudio es de tipo explicativo, ya que se busca proporcionar explicaciones detalladas a través de ensayos. se determinará la influencia de los residuos de construcción en las sub-rasantes de pavimentos rígidos de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024. De tal forma se entablará una relación causa y efecto.

3.1.3. Diseño de investigación

El presente estudio de indagación se caracteriza por tener un diseño experimental puro, con la manipulación de un parámetro independiente y la observación de un parámetro dependiente. Se llevarán a cabo pruebas post y un grupo de control para evaluar los cambios en el elemento de estudio tras aplicar de los tratamientos experimentales. El enfoque experimental se centra en determinar la influencia de los residuos de construcción en las subrasantes de pavimentos rígidos de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024.

3.2. Variables y operacionalización

Variables

Se considerarán las siguientes variables agrupadas en:

Independientes: Residuos de construcción

Dependientes: Suelo de sub-rasante

Clasificación de variables

Tabla 2. *Clasificación y descripción de las variables*

| Variab les | Relación | Naturaleza | Escala de medición | Dimensión | Forma de medición |
|--------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|------------------|--------------------------|
| Residuos de construcción | Independiente | Cuantitativa continua | De razón | Bidimensional | Indirecta |
| Suelo de sub-rasante | dependiente | Cuantitativa continua | De razón | Multidimensional | Indirecta |

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

“Abarca el total de elementos que se encuentran englobados dentro de lo precisado y delineado en el planteamiento del problema de la indagación” (Otzen y Manterola, 2017, p. 5). La población estará constituida por todo el suelo de la sub-rasante de las tres cuadras evaluadas de la avenida Sacsayhuamán, este suelo por las inspecciones de campo realizadas, son de naturaleza arcilloso, y existe en cantidades suficientes para realizar los análisis correspondientes y los ensayos de mejoramiento con la adición de residuos de construcción. Debido a la cantidad, se trata de una población finita.

Las condiciones de inclusión, considera solamente al suelo de sub-rasante de la avenida Sacsayhuamán de las tres cuadras evaluadas; y como criterios de exclusión se tiene al suelo que no forma parte de la sub-rasante o que no pertenecen a las tres cuadras evaluadas de la avenida Sacsayhuamán.

3.3.2. Muestra

“Se designa al subconjunto que se ha sustraído de la población y que satisface un criterio específico de selección, sobre el cual se llevarán a cabo los correspondientes ensayos” (Otzen y Manterola, 2017, p. 6). La muestra estará constituida por el suelo de sub-rasante necesario para realizar los análisis y ensayos planificados. La dimensión de la muestra concierne a la cantidad de suelo de sub-rasante, que está determinado en la Resolución Directoral N° 18-2016-MTC/14, que detalla los métodos para las pruebas de laboratorio de suelos destinados a obras viales, proporciona la información sobre la cantidad de muestras requeridas para las pruebas, como se indica en la tabla adjunta.

Tabla 3. Número de muestras para ensayos del suelo de sub-rasante

| N° | Tipo de muestra | Código | Total de muestras |
|--------------|------------------------|---------------|--------------------------|
| 1 | SNSR | T0 | 3 |
| 2 | SNSR + 10 % RC | T1 | 3 |
| 3 | SNSR + 20 % RC | T2 | 3 |
| 4 | SNSR + 40 % RC | T3 | 3 |
| TOTAL | | | 12 |

Fuente: SNSR: suelo natural de sub-rasante; RC: residuos de construcción

La cantidad de muestras indicada en la tabla 3 se aplica para evaluar las propiedades físicas y mecánicas definidas en la matriz de operacionalización de variables.

3.3.3. Muestreo

“El proceso de muestreo conlleva la elección de una fracción o conjunto específico de la población con el propósito de concretar una investigación” (Westreicher, 2022, p.1). Si bien el muestreo es probabilístico, pues todo el suelo de sub rasante tiene la misma probabilidad de ser considerado para los análisis de laboratorio y los ensayos de mejoramiento usando residuos de construcción, el tamaño de la muestra es por conveniencia, pues en primer lugar se realizará solo un punto de exploración o calicata, esto tomando en cuenta lo establecido por la norma técnica CE. 010. “Pavimentos Urbanos”; la misma que establece que el número de calicatas para calles locales es de 1 por cada 1800 metros cuadrados; esto se considera, ya que el área a evaluar es una zona de expansión urbana con bajo tránsito, a pesar de ser considerada como avenida. Del mismo modo, la cantidad de suelo a extraer será el establecido por las normas técnicas para cada uno de los ensayos.

3.3.4. Unidad de análisis

Está constituido por el suelo de sub-rasante extraído del lugar de exploración en cantidades necesarias para la realización de los análisis, así tenemos que, para propiedades físicas como granulometría, límites de consistencia, humedad y peso específico se extraerá un total de 50 Kg de suelo expresado en peso seco, y para las pruebas de Proctor modificado y CBR, se extraerá muestras de 20 Kg por cada tratamiento que se realizará, y que se menciona en la tabla 3. El suelo deberá ser tratado en laboratorio previo al análisis.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

“Implica la implementación y elaboración de estrategias detalladas destinadas a recaudar la información necesaria” (Arias, 2012, p.67). Para la presente indagación, la técnica de recaudación de datos, será la observación, observación directa con presencia de los investigadores en todo el proceso del trabajo de campo, laboratorio y gabinete.

Instrumentos de recolección de datos

Acorde a la definición, un instrumento de recaudación de datos científicos es “Herramienta aplicada por el indagador para documentar detalles o datos referentes a las variables bajo estudio” (Hernández et al, 2014, p.199). Los instrumentos estarán conformados por formatos de recojo de datos, los mismos que están contemplados en cada norma técnica que se utilizará para los análisis o ensayos.

A continuación, se mencionan las normas técnicas en las cuales encuentran amparados los instrumentos que se utilizarán.

- Análisis granulométrico de suelos por tamizado (A.A.S.H.T.O. T 88 - A.S.T.M. D 422).
- Ensayo para determinar los límites de Atterberg (A.A.S.H.T.O. T 89 - A.S.T.M. D 4318).

- Ensayo para determinar la humedad del suelo (A.A.S.H.T.O. T 265).
- Ensayo para determinar la densidad aparente, peso volumétrico de un suelo (A.S.T.M. D 2937).
- Ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada, Proctor modificado (A.A.S.T.H.O. T 180).
- Ensayo para determinar la relación soporte en muestras compactadas de suelos en laboratorio, C.B.R. (A.S.T.M. D 1883).

Validación del instrumento de recolección de datos

De acuerdo a la definición, es el “Grado en la que un instrumento efectivamente cuantifica la variable que se procura examinar” (Hernández et al, 2014, p.200). Los instrumentos que se emplearán para recopilar datos se encuentran amparadas en normas técnicas que se mencionan en el ítem anterior; sin embargo, se buscará la validación de un experto en pavimentos urbanos, quien aplicará los formatos establecidos por la Universidad Cesar Vallejo para validación de instrumentos de recaudación de datos. La validación estará relacionada y orientada a la pertinencia y eficacia de los ensayos realizados para desarrollar los objetivos y validar las hipótesis.

Confiabilidad del instrumento de recolección de datos

Desde el punto de vista conceptual, la confiabilidad de un instrumento empleado para recopilar datos alude al “Nivel en el cual dicho instrumento brinda hallazgos uniformes y lógicos” (Hernández et al, 2014, p.200). La confiabilidad de los instrumentos se asegurará puesto que el personal técnico del laboratorio es conocedor de ensayos de suelos, dado que este laboratorio está debidamente autorizado. Además, la calibración de sus equipos cuenta con acreditación ante INDECOPI. La confiabilidad de los datos está respaldada por las normas técnicas mencionadas, las cuales regulan la metodología que se seguirá para conseguir los resultados esperados.

3.5. Procedimientos

Los procedimientos seguidos en la presente investigación se muestran en la figura 2.

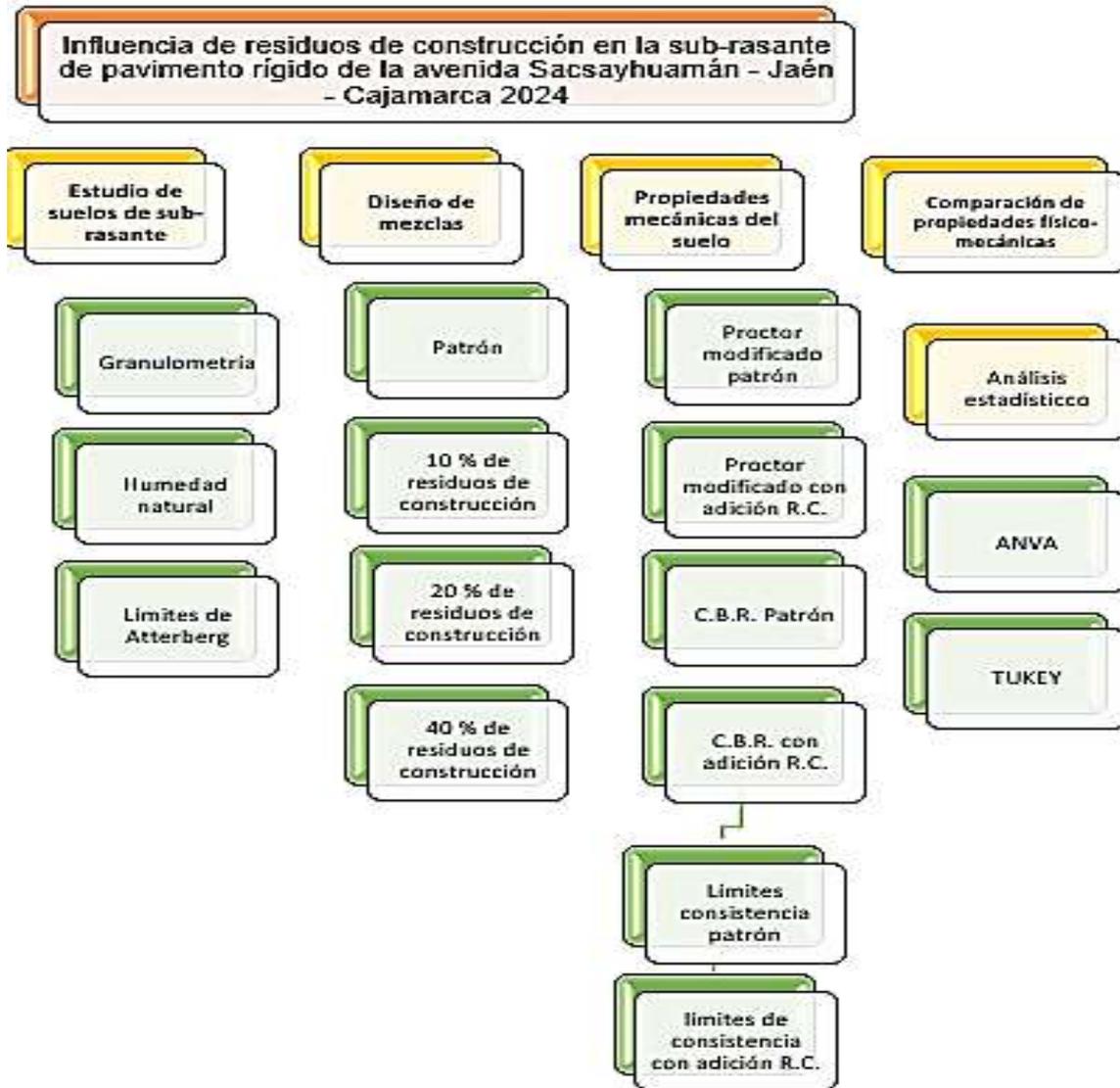


Figura 2. Procedimiento de ejecución de la investigación

Procedimiento de la investigación

De acuerdo a lo establecido en los objetivos, se procedió a realizar las actividades tomando en cuenta lo establecido en la figura 2.

Los pasos que se siguieron para en la ejecución de la investigación fueron:

Obtención de materiales de construcción reciclados

Se procedió a obtener los materiales de construcción de las escombreras situadas en las cercanías de la ciudad de Jaén. Estos materiales fueron trasladados hasta un almacén de propiedad de los tesisistas para su procesamiento. Posteriormente, y con el uso de una comba, los materiales fueron molidos hasta obtener partículas pequeñas, las mismas que fueron pasadas por el tamiz n° 4, todo el material que pasó por ese tamiz, se consideró útil para realizar el experimento. Se procesó aproximadamente 60 kg de residuos de construcción reciclado y molido. Este material se conservó envasado, trasladándose 20 kg para los análisis correspondientes en laboratorio.

Obtención de muestras de suelo

Para este propósito se construyó una calicata ubicada en la Avenida Sacsayhuamán, de 1 m por 1 m, con una profundidad de 1.50 m. De esta calicata se obtuvo muestra de suelo de la sub rasante en cantidades suficientes para realizar los análisis y preparar los especímenes incorporando los residuos de construcción. Un aproximado de 80 kg fueron trasladados al laboratorio contratado para su análisis correspondiente, mientras que otra cantidad similar, se puso a secar en la sombra desmenuzándola, para realizar luego las mezclas correspondientes para los ensayos.

Preparación de las mezclas y dosificaciones

Como lo establece el segundo objetivo, se realizó las mezclas de los residuos de construcción preparado más el suelo seco desmenuzado. Siguiendo las pautas establecidas en el diseño experimental, se adicionó 10 %, 20 % y 40 % de residuos de construcción en función al peso seco del suelo, para esto se adicionó 20 kg, 4 kg y 8 kg de residuos de la construcción al suelo hasta alcanzar una mezcla uniforme de 20 kg. La mezcla se realizó cuidando de no perder el material, luego se colocó en baldes, debidamente rotulado y luego fueron trasladados al laboratorio para los ensayos correspondientes.

Propiedades físicas del suelo de sub rasante del suelo natural y de las mezclas realizadas

Como lo establece el primer objetivo específico se realizó en el laboratorio contratado, los análisis de las características o atributos físicos del suelo de sub

rasante sin adiciones o natural. Pero al igual que lo dice el tercer objetivo, también se determinaron las propiedades físicas del suelo con adición de residuos de la construcción en las dosificaciones especificadas.

Los ensayos realizados fueron

Análisis de granulometría, el mismo que se realizó en laboratorio con la indicación del personal especializado y siguiendo lo que establece la norma MTC E 107, 2016, y ASTM D 422. La muestra se separó mediante tamices con una base y una cubierta. Tras la operación de tamizado, se continuó con la medición del peso de la muestra que ha sido retenida en las mallas correspondientes. Para finalizar, se efectuó los cálculos pertinentes para elaborar la curva granulométrica y discernir el tipo de suelo con el que se estuvo tratando

Límites de consistencia, o límites de Atterberg. También se realizó en laboratorio de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM D 4318. La ejecución de los límites, empieza con la determinación del **límite líquido**, para lo cual tomando en cuenta lo indicado por MTC E 110, 2016 se humidificó una muestra de suelo representativa que osciló entre aproximadamente 150 gramos y 200 gramos de material que ha pasado por el tamiz N° 40 después de haber sido sometido a cuarteo. Después, la muestra se colocó en la copa de Casagrande y se dividió por la mitad con un acanalador. Seguidamente, se levantó y soltó la copa, girando el mango a una velocidad de entre 1.9 y 2.1 golpes por segundo hasta que ambas mitades de la superficie estuvieron alineadas con la base de la ranura. Luego se realizó el **límite plástico**, para lo cual, Se tomó alrededor de 20 gramos de la muestra que haya pasado por el tamiz N°40 y se mezcló con agua destilada hasta que se pudo formar una esfera. Posteriormente, se dio forma de elipsoide a la muestra y se volteó sobre la superficie lisa de un vidrio esmerilado utilizando los dedos. Si la muestra no se desmoronó durante este proceso y alcanzó un diámetro de 1/8 de pulgada, se moldeó en forma de elipsoide nuevamente y se repitió el proceso según sea necesario. El desmoronamiento puede presentarse de diferentes maneras; en suelos altamente plásticos, el cilindro resultante se divide en trozos de aproximadamente 6 mm de tamaño, mientras que, en suelos plásticos, los trozos son más pequeños. Posteriormente, esta muestra se secó en un horno y se pesó

antes y después de este procedimiento. Con estos dos valores, se calculó finalmente el Índice de plasticidad que esencialmente, es la resta entre el límite líquido y el límite plástico.

Contenido de humedad. Este ensayo se realizó siguiendo la normativa AASHTO 265. En este caso se llevó un peso de suelo con humedad natural a un depósito estándar y luego se colocó en estufa por 24 horas para eliminar toda la humedad. Se toman pesos al inicio y final de la prueba para determinar la masa de agua eliminada y con esto obtener el porcentaje del agua en función al peso de la muestra.

Propiedades mecánicas del suelo de sub rasante del suelo natural y de las mezclas realizadas

Se realizaron ensayos para determinar las propiedades mecánicas de Proctor modificado y CBR. Esto se realizó de acuerdo a lo establecido en el objetivo primer y tercer objetivo específico de la presente investigación.

Proctor modificado. Se realizó según lo establece la norma AASHTO T 180. Para su ejecución se utilizó un molde y un pisón de 44.5 N que cae desde una altura aproximada de 18 pulgadas. Se eligió el molde adecuado según el método seleccionado, luego se pesaron todos los componentes y se humedecieron cuatro muestras que han sido retenidas según el método a empleado, manteniendo una diferencia de 2 % en contenido de agua entre ellas. Para compactar la muestra, se empleó un peso aproximado de 2.3 kg (5 lbm) en cada espécimen, y se compactó en el molde en 5 capas con el número de golpes recomendado en el método específico. Al finalizar la última capa, se nivelaron con una regla metálica y se pesó el material sin la base del molde. Posteriormente, se retiraron la muestra con cuidado para calcular el contenido de agua, tomando una muestra de la parte central y colocándola en una vasija para pesarla antes y después del secado

Cabe resaltar que el ensayo se realizó similar para el suelo natural de sub rasante, así como para el suelo que tenía adiciones de 10, 20 y 40 % de residuos de construcción.

CBR. Se llevó a cabo siguiendo la norma ASTM D 1883, y consistió en realizar los siguientes pasos El procedimiento del ensayo CBR (California Bearing Ratio) consta de los siguientes pasos: primero, se toman los datos del Proctor

modificado de contenido de agua óptima y el valor máximo de densidad de los especímenes que se quiere ensayar, luego se procedió a añadir agua a la muestra de suelo hasta alcanzar la humedad óptima, posteriormente se compactó las muestras en los moldes de CBR estandarizados, se invierten los moldes y se sumergen en agua, luego se calcula la sobrecarga para determinar el hinchamiento, por hasta 96 horas. Luego se saca del agua, y se seca por 15 minutos y se coloca en el equipo de penetración, luego se realizan las mediciones de penetración, tomándose finalmente un espécimen de suelo para calcular el nivel de humedad, con estos datos se calculó el CBR de las muestras.

3.6. Método de análisis estadístico de los datos

El procesamiento estadístico de los datos recopilados en los instrumentos, se define como “el conjunto de procedimientos destinados a realizar las diversas operaciones sobre los datos recaudados en el curso de la indagación, que abarcan la categorización, el registro, la tabulación y la codificación” (Hernández, et al., 2014, p.272). Los datos obtenidos en los instrumentos de recaudación de información, estuvieron organizados en una tabla de cálculo, posteriormente se realizó el análisis de la estadística descriptiva elaborándose tablas y gráficos que permitieron entender e interpretar mejor los hallazgos, facilitando su análisis y discusión; al mismo tiempo de los hallazgos conseguidos de los ensayos de comparación, se realizó un análisis estadístico aplicando pruebas para validar la hipótesis; de esta manera a los hallazgos de propiedades físicas y mecánicas de los ensayos con adición de desperdicios de construcción se aplicó un análisis de varianza y una prueba post hoc de Tukey, con el objetivo de validar la hipótesis

3.7. Aspectos éticos

En el ámbito ético, se acataron los criterios éticos consagrados en las normas éticas de la Universidad Cesar Vallejo, que se alinea con el código de ética de IEEE, Advancing Technology for Humanity, y el código de ética de la Association of Computing Machinery, ACM. Estas directrices abarcan el respeto hacia los seres humanos, garantizando su bienestar y soberanía, la

preservación del ambiente, la aplicación de la justicia tratando con igualdad a los indagadores, sin discriminación. Además, se promovió la honestidad en el esparcimiento de la información científica, respetando la propiedad intelectual y derechos de otros indagadores reconociendo su trabajo mediante el citado y evitando el plagio. Se siguió un riguroso estándar científico al adherirse escrupulosamente a la metodología propuesta y realizar un análisis metódico y científico de los hallazgos previo a su difusión. También se garantiza el cumplimiento metódico de las pautas en las normas técnicas utilizadas como guías para las pruebas de laboratorio.

IV. RESULTADOS

Propiedades físicas y mecánicas del suelo natural de sub-rasante

Análisis granulométrico

La siguiente figura representa las medidas obtenidas de la granulometría del suelo.

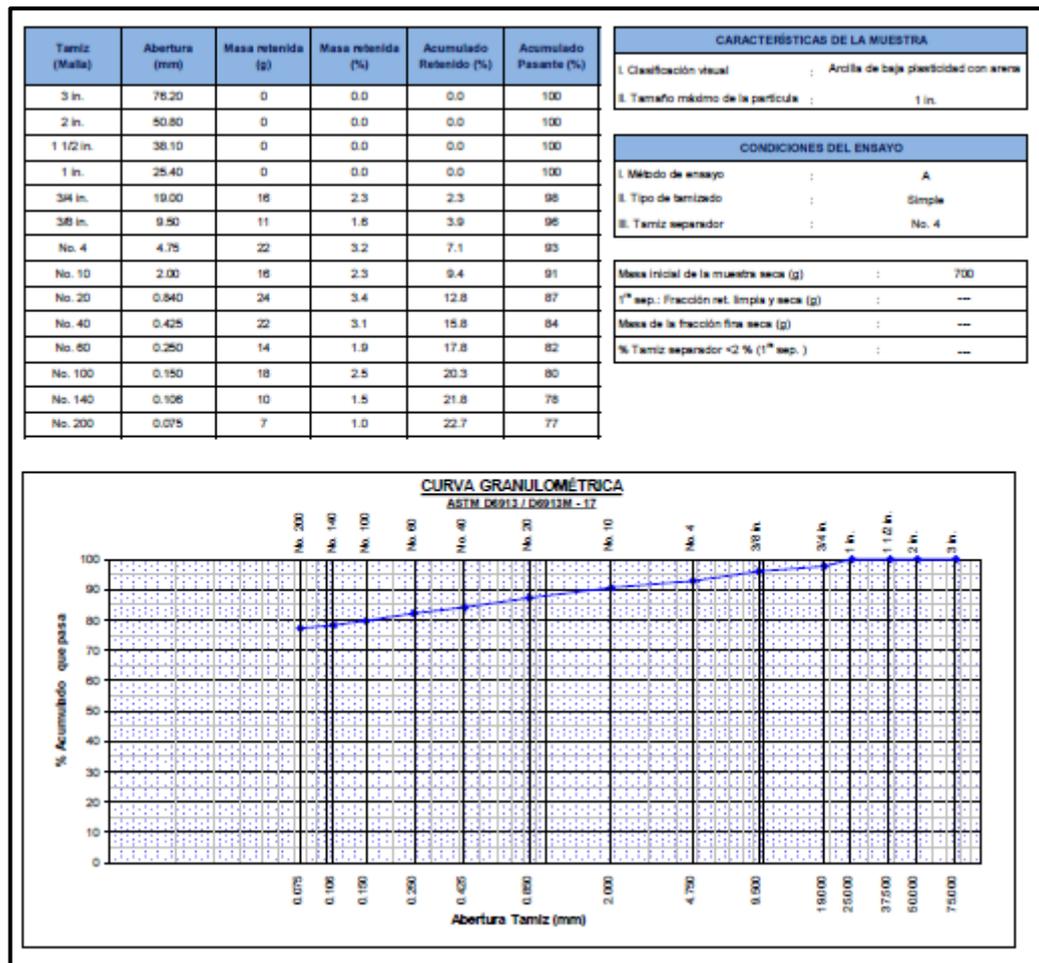


Figura 3. Resultado del análisis granulométrico del suelo de subrasante natural. Tomado del reporte de laboratorio LABSUC 2024

El análisis revela la presencia de una arcilla arenosa inorgánica, acompañada de una baja proporción de grava.

Límites de consistencia

Los datos referentes al límite líquido, límite plástico y medida de plasticidad visualizan en la figura adjunta.

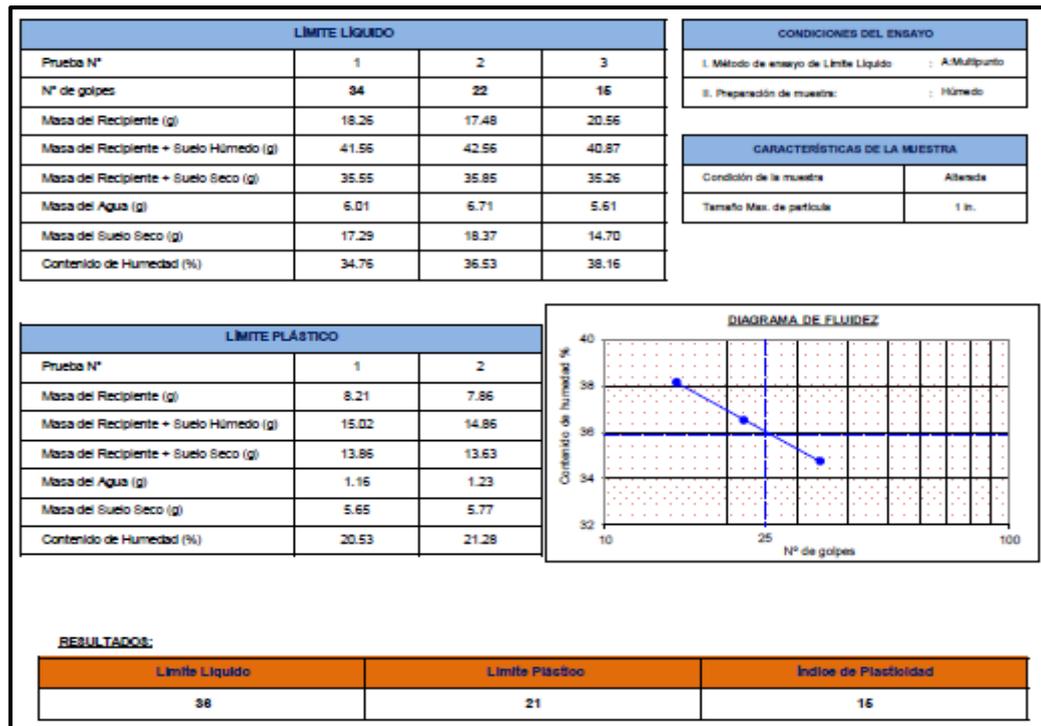


Figura 4. Se muestra los valores de límites del suelo evaluado de obtenido de la calicata a nivel de la sub rasante de la avenida Sacsayhuaman. Extraído del informe de laboratorio LABSUC 2024.

Los hallazgos del análisis revelan que el suelo de subrasante posee un límite líquido de 38.00%, un límite plástico de 29% y un índice de plasticidad de 16%, lo que sugiere que es un suelo de arcilla con una plasticidad mediana.

Contenido de humedad

A continuación, se muestra la tabla que contiene el contenido de humedad del suelo de la subrasante natural.

Tabla 4. Contenido de humedad del suelo de subrasante natural

| Nº | Muestra | Contenido de humedad (%) |
|----------|------------|--------------------------|
| 01 | Muestra 01 | 13.88 |
| 02 | Muestra 02 | 12.99 |
| Promedio | | 13.44 |

Fuente: Tomado del reporte de laboratorio LABSUC 2024

Clasificación del suelo de subrasante

A continuación, se proporciona una tabla donde se resumen los datos de las características fundamentales del suelo de subrasante natural evaluado, para su clasificación.

Tabla 5. Resumen propiedades físicas y clasificación del suelo de subrasante evaluada

| Nº | Propiedad / Clasificación | Resultado |
|----|---|--|
| 01 | Grava | 7.00 % |
| 02 | Arena | 16.00 % |
| 03 | Finos | 77.00 % |
| 04 | Límite Líquido | 36.00 % |
| 05 | Límite Plástico | 21.00 % |
| 06 | Índice de Plasticidad | 15.00 % |
| 07 | Contenido de Humedad | 13.44 % |
| 08 | Clasificación S.U.C.S. (ASTM D2487) | CL: Arcillas inorgánicas de plasticidad media a baja, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas. |
| 09 | Clasificación A.A.S.H.T.O. (ASTM D3282) | A-6 (11): Suelo arcilloso, índice de grupo 11, regular a deficiente calidad de subrasante |
| 10 | Nombre del grupo | Arcilla arenosa inorgánica, de mediana plasticidad, mezclada con escasa cantidad de grava |

Fuente: Tomado del reporte de laboratorio LABSUC 2024

Basándose en los análisis de las propiedades físicas, se clasificó el suelo de subrasante según AASHTO como arcilla arenosa A-6 (11) y según SUCS como arcilla arenosa inorgánica de moderada a baja plasticidad, conocida como CL. Dado esto, el suelo se describe como "arcilla arenosa inorgánica, de mediana

plasticidad, mezclada con escasa cantidad de grava". Las propiedades físicas de este suelo indican una actividad deficiente como subrasante, por lo que se recomienda mejorar el suelo antes de pavimentar la avenida Sacsayhuamán.

Proctor modificado del suelo natural

Se calculó el contenido óptimo de humedad y la densidad máxima seca del suelo de la subrasante analizada, para definir su Proctor modificado. Los resultados extraídos del informe de laboratorio se presentan en la tabla que sigue.

Tabla 6. Valores de Proctor modificado del suelo de subrasante natural

| Nº | Muestra-molde | Óptimo contenido de humedad (%) | Máxima densidad seca (g/cm ³) |
|----|--------------------|---------------------------------|---|
| 01 | Muestra 01 | 13.70 | 1.668 |
| | Valor final | 13.70 | 1.668 |

Fuente: Tomado del reporte de laboratorio LABSUC 2024

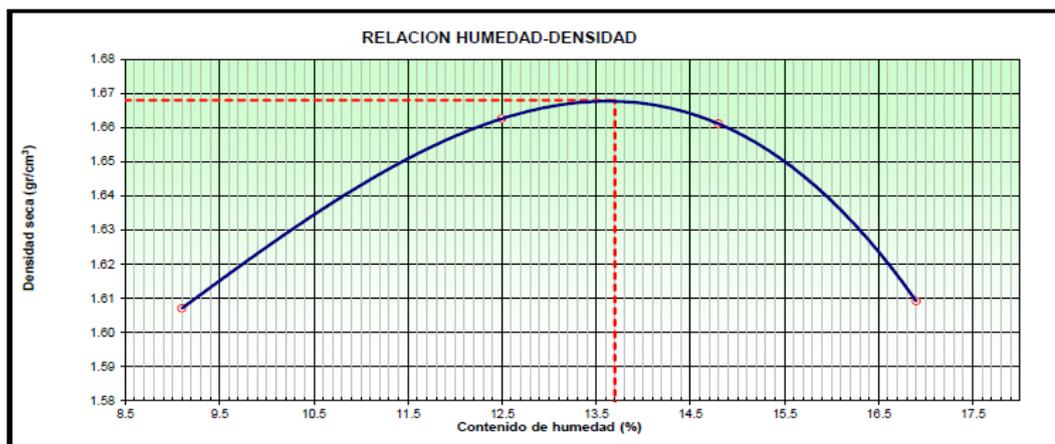


Figura 5. Determinación del Proctor modificado del suelo de subrasante natural. Tomado del reporte de laboratorio LABSUC 2004.

Tal y como se ilustra en la Figura 5, la densidad máxima seca reducida y la humedad ideal característica de los suelos arcillosos de mediana plasticidad son evidentes.

C.B.R. del Suelo Natural

Se procedió a calcular el índice de Soporte de California, también conocido como CBR por sus siglas en inglés, del suelo de subrasante que fue sometido a evaluación. Los resultados de este análisis, según lo presentado en el informe del laboratorio encargado, se exponen a continuación.

Tabla 7. Valores de CBR del suelo de subrasante natural

| Nº | Muestra-molde | Máxima densidad seca (g/cm ³) | CBR (%) al 95 % |
|--------------------|---------------|---|-----------------|
| 01 | Muestra 01 | 1.55 | 2.86 |
| 02 | Muestra 02 | 1.60 | 4.39 |
| 03 | Muestra 03 | 1.67 | 5.89 |
| Valor final | | 1.660 | 3.70 |

Fuente: Tomado del reporte de laboratorio LABSUC 2024

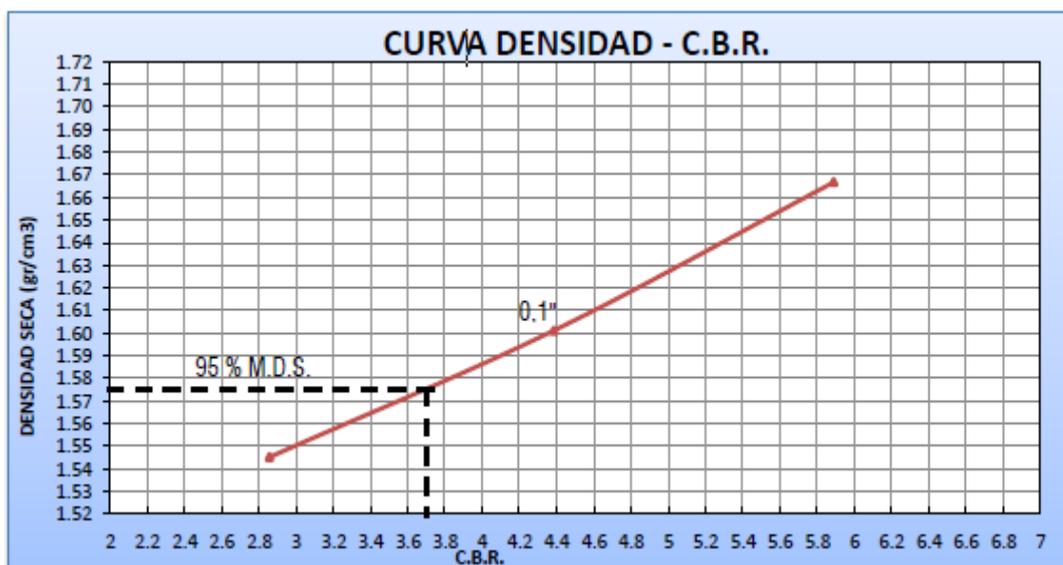


Figura 6. Gráfica para obtención del CBR del suelo natural obtenido de la calicata muestreada. Tomado del reporte de laboratorio LABSUC 2024.

Como se muestra en la Tabla 7, los valores del CBR del suelo natural son bajos, promediando un valor de 3.70 % a un 95 % de la M.D.S (0.1"). Según estos resultados, el suelo natural evaluado no alcanza el mínimo requerido de 6 % para ser empleado como materia de subrasante. Por lo tanto, es necesario mejorar el suelo o, en su defecto, emplear suelo extraído de cantera para la construcción vial.

Dosificación de los residuos de construcción

La dosificación de residuos de construcción procesados y tamizados en la malla N° 4, fueron dosificados de acuerdo a lo establecido en el diseño de investigación, de 10 %, 20 % y 40 % del peso seco del suelo natural. Las cantidades que se utilizaron se detallan en la tabla que sigue.

Tabla 8. *Dosificación de residuos de la construcción según tratamientos*

| Componente | Peso (Kg) según tratamientos | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | Tratamiento T0 (0%) | Tratamiento T1 (10%) | Tratamiento T2 (20 %) | Tratamiento T3 (40%) |
| Suelo natural | 20.00 | 18.00 | 16.00 | 12.00 |
| Residuos construcción | 0.00 | 2.00 | 4.00 | 8.00 |
| Total | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |

Fuente: elaboración propia.

De la misma manera en la tabla 8, se realizó el diseño de mezclas de suelo natural seco finamente molido con el material preparado de residuos de construcción finamente molido y que pasa la malla N° 4, esta mezcla fue homogenizada en los pesos establecidos y conducidos a laboratorio para su análisis correspondiente.

Caracterización de los residuos de construcción

Los residuos de construcción procesados fueron analizados en laboratorio para caracterizar su granulometría, humedad y peso específico. A continuación se presentan los resultados.

Tabla 9. *Resumen propiedades de los residuos de construcción procesados*

| Nº | Propiedad / Clasificación | Resultado |
|-----------|----------------------------------|--------------------------|
| 01 | Módulo de finura | 2.72 |
| 02 | Peso unitario seco | 1774 kg/m ³ |
| 03 | Peso unitario compactado | 1886 kg/m ³ |
| 04 | Peso específico | 2.53 g/cm ³ |
| 05 | Material menor al tamiz N° 200 | 2.17 % |
| 06 | Contenido de Humedad | 2.34 % |
| 07 | Absorción | 2.46 % |
| 08 | Nombre del grupo | Arena gruesa ASTM C33 18 |

Fuente: Tomado del reporte de laboratorio LABSUC 2024

Influencia de residuos de construcción en las propiedades físicas y mecánicas del suelo de sub-rasante

Influencia en las propiedades físicas

Se identificó el efecto de incorporar de los residuos de construcción en las propiedades físicas del suelo de sub-rasante. Los ensayos realizados se compararon con los resultados obtenidos del suelo natural para establecer como influye la adición de residuos de la construcción en las propiedades físicas del suelo y si mejoran dichas propiedades para ser utilizadas como sub-rasante. Los logros conseguidos de dicha comparación se exponen en tabla que sigue.

Tabla 10. Resumen propiedades físicas del suelo más residuos de construcción

| Nº | Propiedad / Clasificación | T0 (0%) | T1 (10%) | T2 (20%) | T3 (40%) |
|----|---|------------|----------------------|----------------------|----------|
| 1 | Grava (%) | 7.00 | 10 | 11 | 10 |
| 2 | Arena (%) | 16.00 | 23 | 28 | 32 |
| 3 | Finos (%) | 77.00 | 67 | 61 | 58 |
| 4 | Límite Líquido (%) | 36.00 | 33 | 29 | 26 |
| 5 | Límite Plástico (%) | 21.00 | 20 | 20 | 19 |
| 6 | Índice de Plasticidad (%) | 15.00 | 13 | 9 | 7 |
| 7 | Contenido de Humedad (%) | 13.44 | 10.95 | 9.96 | 7.98 |
| 8 | Clasificación S.U.C.S. (ASTM D2487) | CL | CL | CL | CL-ML |
| 9 | Clasificación A.A.S.H.T.O. (ASTM D3282) | A-6 (11): | A-6 (7) | A-4 (3) | A-4 (2) |
| 10 | calidad de sub-rasante | Deficiente | Regular a deficiente | Regular a deficiente | Regular |

Fuente: Elaborado en base al reporte de laboratorio LABSUC 2024

Conforme con lo mostrado en la tabla 10, la adición de residuos de la construcción mejora significativamente las propiedades físicas del suelo de sub-rasante. Puede verse que disminuye el contenido de partículas finas, lo que hace que el suelo pase de arcilloso a limoso, al mismo tiempo aumenta el porcentaje de arena, por lo que finalmente al adicionar 40 % de residuos de la construcción, se tiene un suelo limoso – arenoso. Así mismo el índice de plasticidad disminuye conforme se va incrementando la dosis de residuos de la construcción, teniéndose un suelo menos plástico y más estable, lo que mejora su situación como calidad de sub-rasante.

Influencia en las propiedades mecánicas

Incorporar residuos de la construcción procesados, modificó las propiedades mecánicas de Proctor modificado y C.B.R. del suelo. Los logros de dichas modificaciones se exponen en las tablas y figuras siguientes.

Tabla 11. Resumen propiedades mecánicas del suelo más residuos de construcción

| Nº | Propiedad | T0 (0%) | T1 (10%) | T2 (20%) | T3 (40%) |
|----|---|---------|----------|----------|----------|
| 1 | Densidad máxima seca (g/cm ³) | 1.660 | 1.748 | 1.855 | 1.914 |
| 2 | Óptimo contenido de humedad (%) | 13.70 | 12.50 | 11.40 | 10.70 |
| 3 | CBR (%) 95 % M.D.S. | 3.70 | 17.20 | 22.00 | 27.50 |

Fuente: Elaborado en base al reporte de laboratorio LABSUC 2024

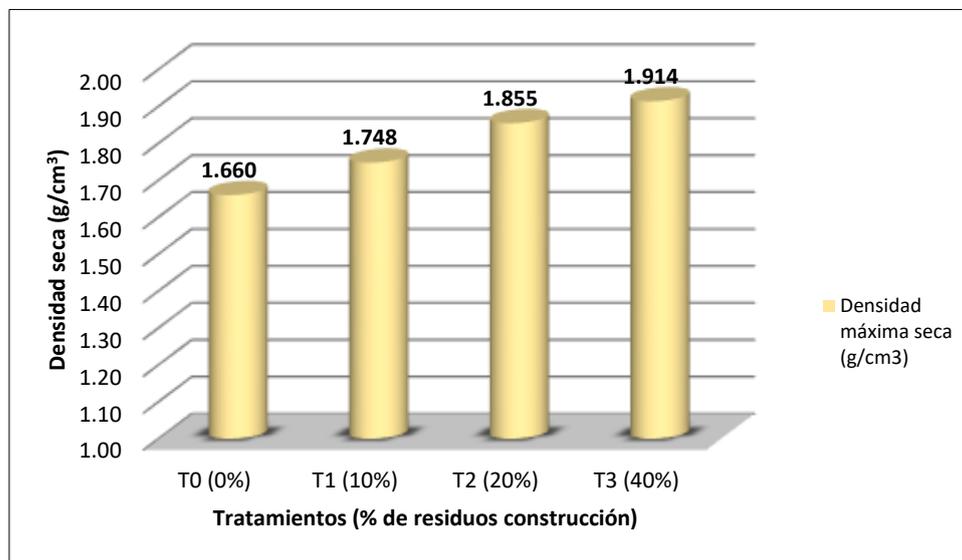


Figura 7. Densidad máxima seca del suelo con adición de residuos de construcción. Elaborado en base al reporte de laboratorio LABSUC 2024.

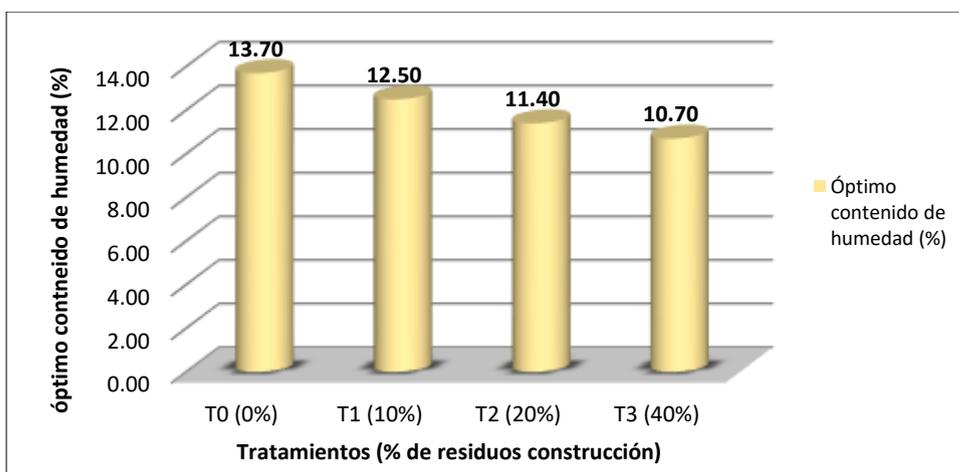


Figura 8. Óptimo contenido de humedad del suelo con adición de residuos de construcción. Elaborado en base al reporte de laboratorio LABSUC 2024

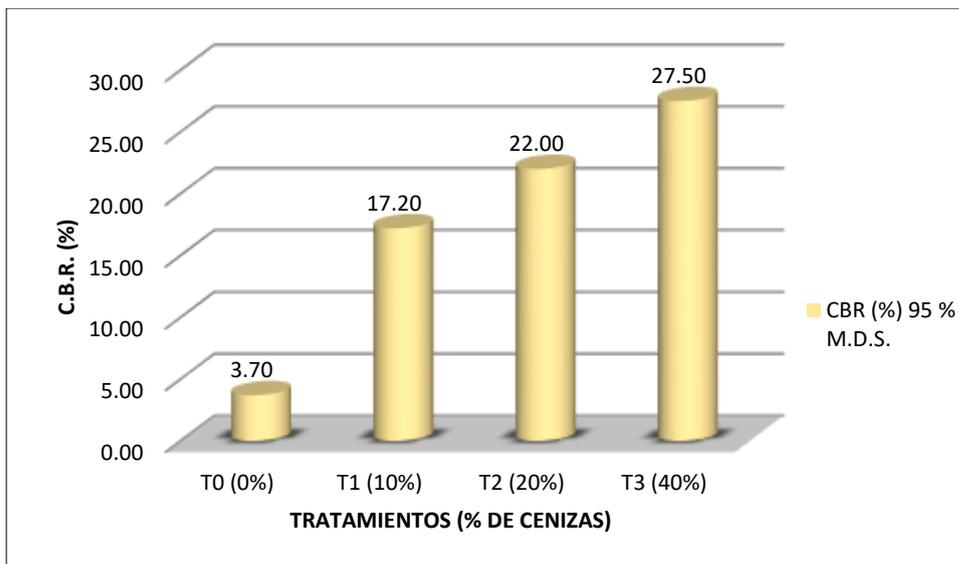


Figura 9. C.B.R. del suelo con adición de residuos de construcción. Elaborado en base al reporte de laboratorio LABSUC 2024.

En la tabla 11, y las figuras 7 a 9, se puede ver la influencia que ejercen los residuos de construcción adicionados al suelo de la sub-rasante. Como se aprecia, la densidad máxima seca del suelo sube en relación directa a la dosificación de los residuos de construcción, así la densidad aumenta a su máximo valor al adicionar 40 % de residuos de construcción.

En cuanto al máximo contenido de humedad, esta baja de acuerdo a la dosificación de residuos de construcción agregado, es decir el suelo se compacta mejor con menos cantidad de agua.

En cuanto al C.B.R., el cual fue medido al 95 % del MDS, se tiene que este aumenta significativamente al adicionar el residuo de construcción al suelo. Puede verse que la adición del residuo de construcción incrementa el C.B.R. a la dosis de 10 %, y que luego conforme se va incrementando la dosificación, esta sigue aumentando, pero en menor proporción.

En la tabla y figura siguientes, se presenta la influencia de los residuos de construcción adicionados al suelo, en la propiedad mecánica del C.B.R., en función a su dosificación.

Tabla 12. Incremento del C.B.R., en relación a la dosificación de residuos de construcción

| Tratamientos | Código | % Residuos construcción utilizado | C.B.R. (%) | Incremento del C.B.R. (%) |
|--|--------|-----------------------------------|------------|---------------------------|
| Suelo natural | T0 | 0 | 3.70 | 0.00 |
| Suelo natural + 10% de Residuos construcción | T1 | 10 | 17.20 | 364.86 |
| Suelo natural + 20% de Residuos construcción | T2 | 20 | 22.00 | 494.59 |
| Suelo natural + 40% de Residuos construcción | T3 | 40 | 27.50 | 643.24 |

Fuente: Elaborado en base al reporte de laboratorio LABSUC 2024

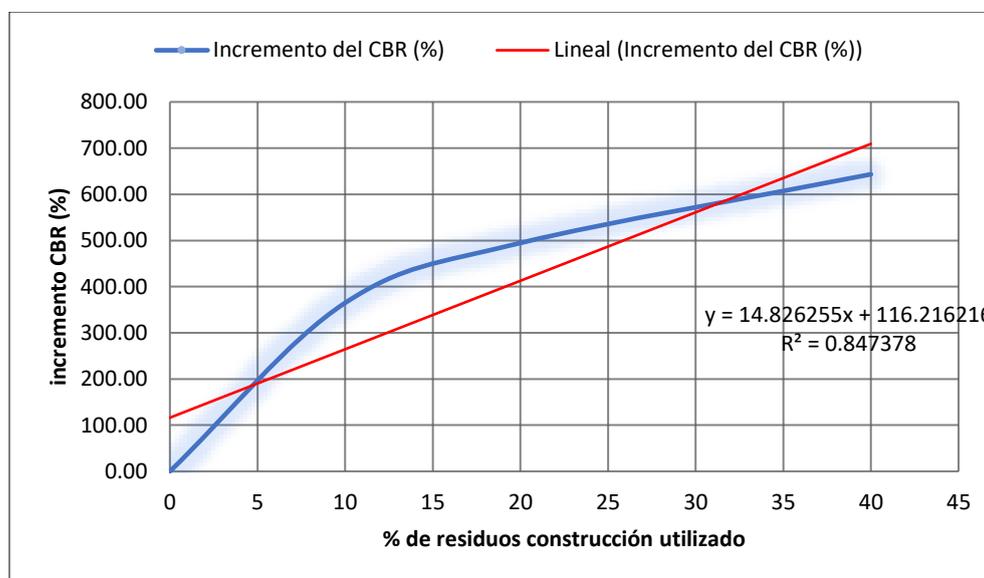


Figura 10. Incremento porcentual del C.B.R. del suelo en función a la dosificación de residuos de la construcción adicionado. Elaborado en base al reporte de laboratorio LABSUC 2024

En la tabla 12 se puede ver el incremento porcentual del C.B.R. del suelo en relación a la dosificación de residuos de la construcción utilizado. El incremento porcentual inicial es demasiado alto, ya que el C.B.R. pasa de 3.70 % del suelo

natural a 17.20 % al adicionar 10 % de residuos de la construcción, este incremento es casi lineal como puede verse en la figura 10. Luego las dosificaciones de 20 % y 40 % de residuos de construcción también incrementan el valor del C.B.R., pero este incremento tiene una tendencia menor.

Análisis estadístico inferencial de los resultados de C.B.R.

Se realizó el análisis estadístico inferencial de los hallazgos de la propiedad mecánica C.B.R., se realizaron pruebas de Análisis de Varianza y Prueba Post hoc de Tukey. El objetivo es validar la hipótesis planteada sobre el efecto de incluir residuos de construcción en la propiedad mecánica del suelo de sub rasante, especialmente sobre la propiedad mecánica de C.B.R. por ser esta la propiedad indispensable para la planificación de pavimentos de concreto.

Análisis de varianza ANVA

Se realizó el análisis de varianza de los resultados de C.B.R., realizado a las diferentes dosificaciones de residuos de construcción aplicado al suelo de sub rasante y al suelo natural de sub rasante. La hipótesis plantea que “existe influencia de la aplicación de residuos de construcción en las propiedades mecánicas del suelo de sub rasante” tomándose como propiedad mecánica más importante, entonces la prueba busca validar la influencia o no de los residuos de construcción en el C.B.R. del suelo.

El análisis se realizó a una probabilidad de 0.05, por lo que si el resultado de la prueba sale:

> 0.05, Por lo tanto, la hipótesis planteada es descartada y se tiene que aceptar la hipótesis nula, es decir que la adición de residuos de construcción no afecta a la propiedad mecánica de C.B.R. del suelo de sub rasante.

< 0.05, entonces se acepta la hipótesis planteada, validándose, por lo que se acepta la incorporación de residuos de construcción si influye en la propiedad mecánica de C.B.R. del suelo de sub rasante.

Tabla 13. ANVA del resultado de C.B.R. del suelo de sub rasante

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Tratamientos | 932.300 | 3 | 310.7667 | 58.322 | 0.000008836 | 4.066 |
| Error | 42.628 | 8 | 5.3284 | | | |
| Total | 974.928 | 11 | | | | |

$\alpha = 0.05$

Como puede verse en la tabla 13, los hallazgos del análisis de varianza realizado arrojaron una probabilidad de 0.0000088, que es menor a 0.05, por lo que según lo planteado por la estadística inferencial debe aceptarse la hipótesis planteada, es decir si existe influencia en la propiedad mecánica de C.B.R. del suelo de sub rasante, al adicionar los residuos de construcción. Por lo que resulta beneficioso para estabilizar el suelo de la sub rasante adicionar residuos de la construcción.

Con la finalidad de establecer cuál de las dosificaciones aplicadas es la mejor, y por lo tanto la que se debe recomendar, se realizó una segunda prueba estadística, la prueba Post hoc de Tukey, cuyos logros se exponen en la tabla y figura siguiente.

Tabla 14. Prueba Post hoc de Tukey a las medias del C.B.R. del suelo de sub rasante

| Tratamientos | Medias | nº | E.E. | Jerarquía de los tratamientos | |
|---------------------|---------------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|
| T3 | 27.50 | 3 | 1.33 | A | |
| T2 | 22.00 | 3 | 1.33 | A | B |
| T1 | 17.20 | 3 | 1.33 | | B |
| T0 | 3.70 | 3 | 1.33 | | C |

DMS= 6.03564; $\alpha = 0.05$; Error = 5.3284; gl = 8

Nota: valores de las Medias que se jerarquizan con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

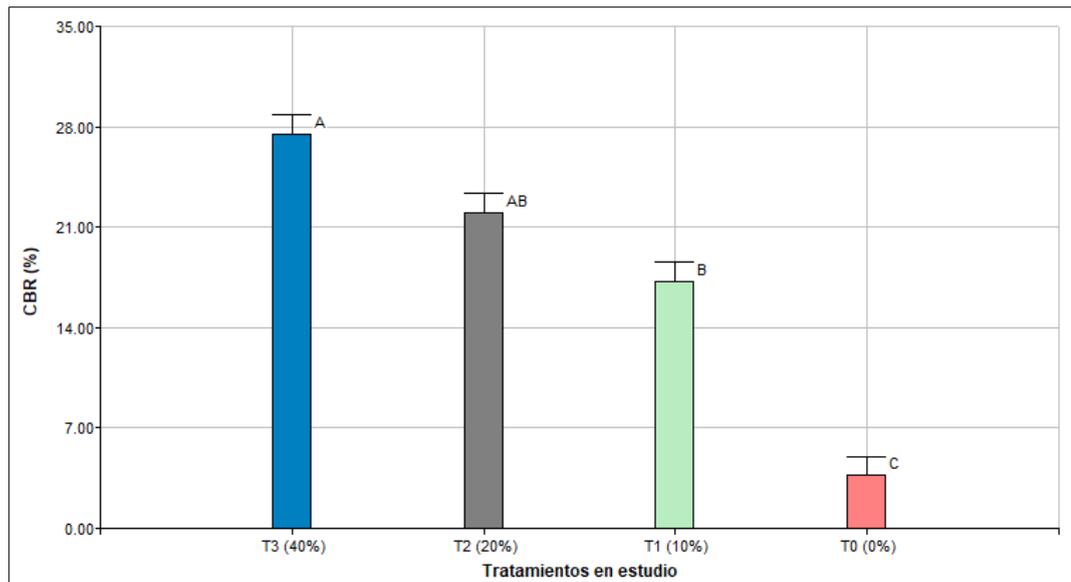


Figura 11. Jerarquización de los tratamientos según Tukey para los resultados del valor medio del C.B.R. Elaborado en base al reporte de laboratorio LABSUC 2024

En la tabla 14 y figura 11, se visualiza que la dosificación de 40 % de residuos de construcción logra los mejores resultados y resalta su diferencia estadística significativa frente a las otras dosificaciones. También puede verse que al incorporar residuos de construcción en las tres dosificaciones ensayadas, genera valores superiores y diferentes estadísticamente al valor del C.B.R. del suelo de sub rasante natural, por lo tanto, la adición de residuos de construcción siempre mejora la propiedad mecánica del suelo de sub rasante.

Categorización de las sub rasantes según el C.B.R. obtenido

Una vez obtenido el resultado del C.B.R. del suelo de sub rasante de acuerdo a las dosificaciones aplicadas de residuos de la construcción, se procedió a analizar estos resultados con los requerimientos de C.B.R. para considerar si la sub rasante es adecuada para el diseño del pavimento a construir. Para esto se comparó los resultados con las escalas de clasificación de sub rasante establecida en la regulación aprobada mediante la R.D. N° 10-2014/MTC-2014, dando la validación de la sección de Suelos y Pavimentación del “Manual de Carreteras”. La categorización se expresa en la tabla que sigue.

Tabla 15. Categorías de subrasante según el CBR que presenta

| Categorías de Subrasante | CBR |
|------------------------------|-------------------------|
| S0: Sub-rasante Inadecuada | CBR < 3 % |
| S1: Sub-rasante Insuficiente | CBR ≥ 3 % a CBR < 6 % |
| S2: Sub-rasante Regular | CBR ≥ 6 % a CBR < 10 % |
| S3: Sub-rasante Buena | CBR ≥ 10 % a CBR < 20 % |
| S4: Sub-rasante Muy Buena | CBR ≥ 20 % a CBR < 30 % |
| S5: Sub-rasante Excelente | CBR ≥ 30 % |

Fuente: Tomado del Manual de Carreteras, sección Suelos y pavimentos R.D. N° 10-2014/MTC-2014

Como se observa en la tabla 15, la sub rasante del suelo natural tuvo un valor de C.B.R. de 3.70 %, por lo que se clasificaría en la categoría S1 o sub rasante insuficiente, muy cercano a una sub rasante inadecuada. Sin embargo, al aplicar 10 % de residuos de construcción, la sub rasante alcanzó un valor de C.B.R. igual a 17.20 %, lo que lo ubica dentro de la clasificación S3 o sub rasante buena; así mismo, al aplicar las dosificaciones de 20 % y 40 % de residuos de construcción, se alcanzaron valores de C.B.R. de 22.00 % y 27.5 % respectivamente, lo que categoriza a ambas sub rasantes en la categoría S4 o sub rasante muy buena.

Como puede verse, la mejor expresión de sub rasante se logra al adicionar una dosificación de residuos de construcción entre 20 % y 40 %, ya que categoriza a la sub rasante como muy buena. La dosificación de 40 % sería la más recomendable en función a los resultados y el análisis estadístico; sin embargo, la dosificación de 20 %, también logra una sub rasante muy buena, pero reduce a la mitad el requerimiento de residuos de construcción con la consiguiente disminución en los costos.

Diseño del pavimento rígido según el C.B.R. utilizado

Para este diseño se utilizó la metodología simplificada de AASHTO, aplicándose la fórmula general de diseño. Los datos se obtuvieron del proceso simplificado, tomando valores estándar de las variables considerando una vía urbana local a la Avenida Sacsayhuamán, asumiendo un concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, y otras variables que son constantes para este tipo de vías. La variable que se cambió

fue solamente el C.B.R., ya que es lo que se mejoró adicionando residuos de la construcción. La ecuación general de cálculo, así como los hallazgos obtenidos se expresan a continuación.

$$\text{LOG}(W_{18}) = Z_R * S_0 + 7.35 * \text{LOG}(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{LOG}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \left(\frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{0.46}}\right)} + (4.22 - 0.32 * P_t) * \text{LOG}\left[\frac{S'_c * C_d * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{K}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

Figura 12. Ecuación general de cálculo de espesor de pavimento rígido. Tomado del método para diseño de pavimento rígido AASHTO 83

De la ecuación se tiene que:

W18 = REE

ZR = se obtiene para la confiabilidad R

S0 = desviación estándar de las variables

D = ESPESOR DE LA LOSA DEL PAVIMENTO

ΔPSI = pérdida de servicialidad

Pt = servicialidad final

S'c = Módulo de Ruptura del concreto (psi)

J = coeficiente de transferencia de carga

Cd = coeficiente de drenaje

Ec = Módulo de Elasticidad (psi)

K = Módulo de Reacción (coeficiente de balasto (psi/pulg))

Los cálculos se realizaron tomando como comparación el CBR del suelo natural, y el C.B.R. **mejorado** con aplicación de 40 % de residuos de la construcción, es decir un C.B.R. de 3.70 % y un C.B.R. de 27.50 % respectivamente. Para el cálculo se utilizó un aplicativo, que despeja el valor de D que viene a ser el espesor de la losa de concreto en la ecuación general.

Los resultados de espesor de losa de concreto para cada uno de los dos C.B.R. se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16. *Categorías de subrasante según el CBR que presenta*

| Sub rasante | C.B.R. (%) | Espesor de losa (cm) |
|--|-------------------|-----------------------------|
| Suelo natural | 3.70 | 25.00 |
| Suelo natural + 40 % de residuos de construcción | 27.50 | 20.50 |

Como puede verse en la tabla 16, al subir el C.B.R. de la sub rasante, el espesor de la losa de concreto del pavimento rígido, calculado según la metodología AASHTO 83, disminuye en 4.50 cm en su espesor, lo que significa un ahorro importante de material de concreto en la construcción del pavimento rígido.

IV. DISCUSIÓN

Una vez concluida la investigación, se tiene que los hallazgos obtenidos en el uso de residuos de la edificación en el suelo de sub rasante influyen significativamente para diseñar y construir pavimentos de concreto. Las diferentes dosificaciones ensayadas lograron incrementar o fortalecer las características físicas y mecánicas del terreno, demostrando así su influencia. En cuanto a las propiedades físicas, estas se modificaron, así tenemos que el caso de la granulometría, el suelo se volvió más rico en grava y arena y disminuyó la cantidad de finos; en los límites de consistencia, estos bajaron, y así el índice de plasticidad paso de un valor de 15 % en la sub rasante natural a 7 % en la sub rasante mejorada mediante la inclusión de 40 % de residuos de la construcción. El contenido de humedad también bajó y la clasificación SUCS del suelo paso de un CL a un ML. Resumiendo en las propiedades físicas, el suelo pasó de ser un suelo deficiente como sub rasante a un suelo regular como sub rasante. En lo concerniente a las propiedades mecánicas, se alcanzó un mayor impacto de la inclusión de los residuos de la construcción en las diversas dosificaciones, así tenemos que conforme se incrementó la dosificación las propiedades mecánicas mejoraron significativamente; el C.B.R. que es la propiedad mecánica más importante pasó de 3.70 % en el caso del suelo natural, a un valor de 27.50 % que se alcanzó mediante la inclusión de 40 % de residuos de construcción, esto significó que se logró un incremento del 643.24 %. Los resultados obtenidos fueron validados metodológicamente, estadísticamente y se corroborará con los resultados alcanzados con otros investigadores, siendo analizados de manera individual de acuerdo a los objetivos específicos planteados en la investigación.

Los hallazgos están en concordancia con los objetivos específicos y han contribuido a esclarecer las interrogantes de investigación planteadas y a corroborar o descartar las hipótesis planteadas. Como resultados organizados por objetivos específicos, se tuvo que en cuanto al objetivo específico: Determinar las propiedades del suelo en su estado original de la sub rasante, llegó a clasificar el suelo natural como CL, según la metodología SUCS, el cual es una arcilla inorgánica de plasticidad media a baja arcillas, mientras según la metodología AASHTO, se trata de un suelo clase A-7-5 (7), que viene a ser un suelo arcilloso,

índice de grupo 7, mala calidad de subrasante como puede verse, la alta presencia de partículas finas de limo y arcilla especialmente, le confieren al suelo una baja estabilidad, ya que pueden presentar cohesión o expansividad, lo que pone en peligro la infraestructura del pavimento rígido. Luego también se evaluó las propiedades físicas de Proctor modificado y C.B.R., encontrándose un valor de C.B.R. de 3.70 %, el cual es muy bajo, y es deficiente para su empleo como sub rasante en la construcción de un pavimento rígido. Esta caracterización tanto física como mecánica del suelo de la sub rasante, indica que es necesario realizar mejoras en la sub rasante que puede darse de dos formas, una que es utilizando material de reemplazo de una cantera externa, en cuyo caso los costos de fabricación se incrementan, o la otra alternativa es mejorar el suelo aplicando sustancias estabilizantes y mejoradoras del C.B.R., es así que se ve justificado la aplicación de los residuos de la construcción para mejorar la solidez y la capacidad de soporte del terreno de sub rasante. Investigadores como Zhang et al. (2022) y Al-bady et al. (2021), consideran que las sub rasantes con clasificación deficiente para pavimentos, deben ser mejoradas localmente aplicando diversas sustancias, antes de incurrir en utilizar material de reemplazo.

En cuanto a la dosificación de los restos de obras aplicado en la mejora del suelo de sub rasante, se optó por usar dosis como 10 %, 20 % y 40 % en términos de la masa seco del suelo de sub rasante, estas proporciones permiten obtener un espectro de posibles otras dosificaciones de menor gradiente, para afinar en una investigación posterior. Los resultados obtenidos, indican que la dosificación establecida fue la correcta, porque se tiene un incremento del aumento de los atributos físicos y mecánicos en relación directa a la dosificación de los residuos de construcción. La dosificación empleada se encuentra alineada con los valores obtenidos por otros autores como tenemos a Sánchez (2022), quien utilizó valores de dosificación de 2 % hasta 25 %, con una gradiente más fina a la utilizada por la presente investigación; por su parte Averos (2019), utilizó las dosificaciones de 0 %, 20 %, 40 % y 60 %, que constituye un espectro mayor de dosificación a la utilizada en la presente investigación. De esta manera, se valida las dosificaciones utilizadas, porque se encuentran enmarcadas dentro de las dosificaciones utilizadas por otros investigadores, tanto nacionales como internacionales.

En cuanto al objetivo específico concerniente al impacto de adición de residuos de construcción en las características físicas, se alcanzó resultados que validaron la hipótesis planteada, donde se plantea que dichas adiciones mejoran significativamente las propiedades físicas; así tenemos que los valores de la granulometría pasaron de ser ricos en finos, a incrementar los valores de las gravas y arenas, y al mismo tiempo disminuir la concentración porcentual de finos o arcillas. Esta variación en la granulometría del suelo de sub rasante influye significativamente en otras propiedades físicas como es el caso de los límites de consistencia, cuyos valores bajaron significativamente, así el índice de consistencia bajó de 15 % a 7 %, lo que al mismo tiempo incide de manera notable en la estabilidad del suelo de la sub rasante. Otros valores como la densidad del suelo, la humedad del suelo y clasificación del suelo, mejoran, así a manera de resumen, tenemos que el suelo paso de ser un suelo de clasificación CL según la clasificación SUCS, a un suelo ML, según la misma metodología; y de acuerdo a esto, las propiedades físicas del suelo le confirieron mejores condiciones como material de sub rasante. Investigadores como Averos (2019) y Choque (2022), obtuvieron una mejora significativa de los límites de Atterberg o consistencia, los cuales redujeron su valor, lo mismo que sucedió junto con la densidad y la humedad cuando se aplica 60 % de escombros de construcción y demolición. Así se valida la hipótesis por el alineamiento con otros investigadores que también obtuvieron una influencia de los restos de obras en las características físicas del suelo. Por su parte Sánchez (2022), describió el suelo natural muy similar al suelo analizado, con clasificación CL según la metodología SUCS, y que luego de adicionar residuos de la construcción, esta clasificación mejoro ligeramente, la mejora no fue tan significativa, debido a la baja dosificación empleada, ya que la dosificación más alta fue de 25 % de residuos.

En cuanto al objetivo que plantea estudiar el impacto de los residuos de construcción en las características mecánicas, específicamente Proctor modificado y C.B.R. Los resultados permitieron indicar que dichas propiedades se mejoraron significativamente, así tenemos que las mediciones de máxima densidad en condiciones secas pasaron de 1.66 g/cm³ en el caso del suelo natural a 1.91 g/cm³ en el caso del suelo donde se adicionó 40 % de residuos de construcción; por su parte el óptimo contenido de humedad disminuyó de 13.70 % a 10.70 %

respectivamente, estos valores nos indican que el suelo mejoró su capacidad portante, lo cual se validó con el ensayo de C.B.R., cuyos valores pasaron de 3.70 % a 27.50 % para la misma comparación, esto significó un incremento de 643 % de esta propiedad al adicionar 40 % de residuos de la construcción. Estos valores son similares a los obtenidos por Al-Obady et al. (2021), Ochoa *et al.* (2022) y Averos (2019), obtuvieron C.B.R. de 24 % a 40 %, valores estos similares a los obtenidos en la presente investigación, para esto se evaluaron dosificaciones de 40 % y 60 % de residuos de la construcción, estas dosificaciones son muy similares a la mejor dosificación alcanzada en esta investigación. Los resultados obtenidos por otros investigadores validan los resultados, y justifican las dosificaciones empleadas, los valores incrementales del C.B.R. demuestran la influencia significativa que incorpora residuos de construcción tiene sobre las propiedades mecánicas del suelo de sub rasante. Esta validación también se realizó a través de las pruebas estadísticas de la estadística inferencial como análisis de varianza y prueba post hoc de Tukey; ambas pruebas validaron definitivamente la influencia significativa de esa adición de los residuos de construcción en la calidad de la sub rasante desde el punto de vista de sus propiedades mecánicas.

En cuanto al objetivo de diseño de pavimento influenciado por la mejora del C.B.R., se expresó en la variación de la capa de concreto del pavimento rígido en los dos casos de CBR, es decir el valor de C.B.R. del suelo natural y el C.B.R. del suelo mejorado mediante la inclusión de 40 % de residuos de construcción. Luego del diseño, se obtuvo que el grosor de la placa de hormigón. disminuyó 4.50 cm, lo cual es un ahorro significativo en el material de concreto para el pavimento rígido.

V. CONCLUSIONES

- Se establecieron las características de la tierra en su estado original de sub rasante, encontrándose que es un suelo de clase CL según la clasificación SUCS, y A-7-5 (5), según la clasificación AASHTO, dicho suelo es de mala calidad de sub rasante y se identifica en calidad de suelo Arcilla arenosa inorgánica y con una plasticidad moderada y mínima proporción de grava.
- Se determinó la dosificación de los residuos de construcción a aplicar al suelo de sub rasante para mejorarla, lográndose un diseño de mezclas donde se aplicó 10 %, 20 % y 40 %, esta dosificación resultó ser adecuada y alineada a los resultados de otros investigadores.
- Se identificó el impacto de dosificación de residuos de construcción en las propiedades físicas del suelo de sub rasante, así tenemos que, dentro de las propiedades físicas, la granulometría se enriquece con gravas y arenas y una disminución porcentual de los finos, los límites de consistencia también bajaron, así como el contenido de humedad, el suelo según la clasificación SUCS, pasa de un suelo CL a un suelo ML, y la subrasante pasa de deficiente a regula.
- Se identificó el efecto de la dosificación de residuos de construcción en las características mecánicas del suelo de sub rasantes, encontrándose que, el C.B.R. se incrementa en un 643.23 %, pasando de 3.70 % a 27.50 %, esto mejora significativamente la calidad de la sub rasante para ser utilizado en una obra de pavimento rígido.
- Se llevó a cabo la planificación del pavimento rígido, utilizando la técnica abreviada, para evaluar la influencia del C.B.R. obtenido en el grosor de la losa de concreto del pavimento rígido, se encontró que al mejorar el C.B.R de 3.70 % a 27.50 %, esta losa disminuye en 4.50 cm su espesor.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con las investigaciones en la mejora de la sub rasante ensayando otras dosificaciones de residuos de construcción para afinar aún más la misma y lograr mejoras en los niveles de las propiedades tanto físicas como mecánicas de la sub rasante.
- Se recomienda a los formuladores de proyecto de pavimentos rígidos e inclusive pavimentos flexibles y articulados, considerar el uso de residuos de la construcción en el fortalecimiento de las propiedades tanto físicas como mecánicas de la sub rasante, para lograr estructuras de pavimentos más estables y durables.
- A las empresas constructoras de obras viales, considerar el uso de residuos de construcción para la mejora de la sub rasantes, ya que se tienen resultados óptimos, y al mismo tiempo se soluciona un problema ambiental de contaminación de ambientes urbanos por residuos de construcción.

REFERENCIAS

ACURIO, M. I. (2012). Ingeniería de pavimentos (Materiales, Diseño y Construcción). Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG) .

ALARCÓN Alarcón, K. L. (2018). Estudio del comportamiento del concreto de alta resistencia $f'c= 420$ kg/cm² elaborado con agregados reciclados. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Cajamarca. Cajamarca, Perú: Repositorio Institucional UNC. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2938>

AL-OBAYDI, M., ABDULNAFAA, M., ATASOY, O., & CABALAR, A. F. (2021). Improvement in Field CBR Values of Subgrade Soil Using Construction-Demolition Materials. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, 9, 185 - 205. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s40515-021-00170-x>

ANGULO Roldan, M., y ZAVALAETA Papa, C. N. (2020). Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019. Universidad Científica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. San Juan Bautista – Maynas – Loreto- Perú: Repositorio Institucional UCP. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1220/ANGULO%20ROLDAN%20MARISELVA%20Y%20ZAVALAETA%20PAPA%20CINTIA%20NICOL%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ARIAS, F. (2012). El proyecto de Investigación, Introducción a la Metodología Científica. Venezuela: Caracas. https://www.academia.edu/23573985/El_proyecto_de_investigaci%C3%B3n_6ta_Edici%C3%B3n_Fidias_G_Arias_FREELIBROS_ORG

AVEROS Ochoa, S. d. (2019). Estudio Experimental sobre la Estabilización de una Sub-rasante Limo Arcillosa con RCD-concreto Fino (partículas < 2mm) para Aplicación en Pavimentos. Universidad Federal de Integración Latino-Americana. Foz do Iguaçu: Repositorio Institucional . Obtenido de <https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/5903/Estudio%20Experimental%20sobre%20la%20Estabilizaci%C3%B3n%20de%20una%20Subrasante%20Limo%20Arcillosa...?sequence=1&isAllowed=y>

BAZÁN Garay, I. Ó. (2018). Caracterización de los residuos de construcción de Lima y Callao. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de . Lima, Perú: Repositorio Institucional

PUCP. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10189/BAZAN_GARAY_CHARACTERIZACION_RESIDUOS_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BONIFACIO Vergara, W. M., y SÁNCHEZ Bernilla, J. A. (2015). Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque. Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. Lambayeque: Repositorio Institucional USS. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/3947/TESIS-BONIFACIO-SANCHEZ-FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CASAS Alberto, E. K. (2017). Residuos de construcción para estabilizar la sub-rasante en el jirón Manuel Scorza, distrito de Chilca - Junín 2017. Universidad Alas Peruanas, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional UAP. Obtenido de https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/5475/Tesis_Residuos_Construcci%c3%b3n_Subrasante.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CHOQUE Quispe, E. E., y RAMIREZ Ibañez, D. E. (2022). Residuos de concreto premezclado para incrementar la estabilidad de la sub-rasante en una vía vecinal, Puno, 2022. Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura . Lima, Perú: Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98386>

CRESPO Villalaz, C. (2017). Mecánica de suelos y cimentaciones (6a ed.). México: Limusa.

GIL Santa Cruz, A. M. y GARCIA Sobrino, J. J. (2021). Influencia de las cenizas de cáscara de café en las propiedades física – mecánicas del suelo en las vías de U.V. Casuerinas, U.V. Señor de la Justicia (Sector Norte), U.V. Héctor Aurich Soto (Sector Norte), distrito de Ferreñafe, Lambayeque, 2021. Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Facultad de Ingeniería Civil, Huacho, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/5775/Gil%20y%20Garcia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HERNÁNDEZ Sampieri, R., FERNÁNDEZ Collado, C. y BAPTISTA Lucio, M. d. (2014). Metodología de la investigación (6a ed.). México: McGraw-Hill. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

JUÁREZ Badillo, E. y RICO Rodríguez, A. (2010). Fundamentos de la mecánica de suelos (3ra ed.). México: Limusa.

LÁZARES, W. G. (2016). Introducción a la mecánica de suelos aplicada a vias de transporte . Lima: Macro.

LENG, Z., PADHAN, R. y SREERAM, A. (2018). Production of a sustainable paving material through chemical recycling of waste PET into crumb rubber modified asphalt. *Journal of Cleaner Production*, 180, 682 - 688. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.171>

MINISTERIO de Economía y Finanzas. (2015). Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación. Lima: Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-02690.

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. (2014). Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos .

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Lima. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2013). Manual de Carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos). Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

MONTEJO Fonseca, A. (2002). Ingeniería de pavimentos (2da ed.). Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca

NTP 400.050. (2017). Manejo de Residuos de la Construcción. INACAL.

NWAKAIRE, C. M., YAP, S. P., YUEN, C. W. y IBRAHIM, H. A. (2020). Utilisation of recycled concrete aggregates for sustainable highway pavement applications; a review. *Construction and Building Materials*, 235, 117444. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117444>

OCHOA Averos, S. d., BIZARRETA Ortega, J. C. y CHICAIZA Ortiz, A. (2022). Reciclaje y reaprovechamiento de los residuos de hormigón en pavimentos. *Green World Journal*, 5(1), 1 - 11. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Julio-C-Bizarreta-Ortega/publication/359726595_Reciclaje_y_reaprovechamiento_de_los_residuos_de_concreto_en_pavimentos/links/62bc255c60e77b7db83ced65/Reciclaje-y-reaprovechamiento-de-los-residuos-de-concreto-en-pavimen

OTZEN, T. y MANTEROLA, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población Estudio. *Int. J. Morphol.*, 35(1): 227-232. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

PALOMINO Terán, K. E. (2016). Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador Maxxseal 100. Universidad Privada del Norte, Facultad de ingeniería. Cajamarca, Perú: Repositorio Institucional UPN. Obtenido de

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10489/Palomino%20Ter%c3%a1n%2c%20Karen%20Estefany.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

PORTILLA Yandún, F. P. y ANDALUZ López, R. S. (2022). Estudio del efecto de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánicas en suelos finos de sub-rasante. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato, Ecuador: Repositorio Institucional UTA. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34106>

QUISPE Ruiz, J. D. (2020). Estabilización de sub-rasante mediante uso de residuos de construcción y demolición - Jirón Amazonas Distrito de Chilca. Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Civil. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional UNCP. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7291/T010_47535662_T.pdf?sequence=4&isAllowed=y

RODRIGUEZ, I. A. (2015). Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. México : Instituto mexicano del cemento y del concreto (IMCYC).

RONDÓN Quintana, H. y REYES Lizcano, F. (2015). Pavimentos: Materiales, Construcción y Diseño. Perú: MACRO.

SABERIAN, M., LI, J., NGUYEN, B. y SETUNGE, S. (2019). Estimating the resilient modulus of crushed recycled pavement materials containing crumb rubber using the Clegg impact value. Resources, Conservation and Recycling, 141, 301-307. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.042>

SANCHEZ Lopez, N. F. (2022). A sustainable alternative for concrete construction and demolition waste (CDW-C) as an addition for subgrade stabilization. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería. Chiclayo, Perú: Repositorio Institucional. Obtenido de https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5677/1/TIB_SanchezLopezNatalie.pdf

SANCHEZ Sandoval, M. A. (2022). Adición de cal para estabilización de sub-rasante en el diseño de pavimentos rígidos en un distrito del norte del Perú. Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería. Lima, Perú: Repositorio Institucional UPN. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33614/Sanchez%20Sandoval%20Maria%20Adela.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SHARMA, A. y SHARMA, R. (2021). Sub-grade characteristics of soil stabilized with agricultural waste, constructional waste, and lime. Bulletin of Engineering Geology and the Environment volume, 80, 2473–2484. doi:<https://doi.org/10.1007/s10064-020-02047-8>

TAPIA, M. A. (2008). Pavimentos . Mexico : Universidad Autonoma de Mexico .

VALLE Areas, W. A. (2010). Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos. Universidad Politécnica de Madrid, Ingeniería y Morfología del Terreno. Madrid: Repositorio Institucional UPM. Obtenido de https://oa.upm.es/4512/1/TESIS_MASTER_WILFREDO_ALFONSO_VALLE_AREAS.pdf

WANG, Q., ZHANG, J., LIU, K., XU, A., Xu, H., yang, M., . . . SHI, Z. (2021). Study on Performance Tests and the Application of Construction Waste as Subgrade Backfill. *Materials*, 14(9). doi:<https://doi.org/10.3390/ma14092381>

WESTREICHER, G. (2022). Muestreo. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/muestreo.html>

XUE, Y., ARULRAJAH, A., HORPIBULSUK, S. y CHU, J. (2023). Strength and stiffness performance of geopolymer stabilized washed recycled sands derived from demolition wastes in pavement subgrades. *Construction and Building Materials*, 369. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006182300329X>

Zapata, R. (2018). Caracterización de suelos arcillos y limosos. Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Obtenido de <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/TIPOS%20DE%20SUELO.pdf>

ZHANG, J., DING, L., LI, F. y PENG, J. (2020). Recycled aggregates from construction and demolition wastes as alternative filling materials for highway subgrades in China. *Journal of Cleaner Production*, 255. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620302705>

ZHANG, J., ZHANG, A., HUANG, C., YU, H. y ZHOU, C. (2022). Characterising the resilient behaviour of pavement subgrade with construction and demolition waste under Freeze–Thaw cycles. *Journal of Cleaner Production*, 300. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621009227>

ANEXOS

Anexo 1. Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Nosotros, Dávila Torres José Galvani y Guerrero Cercado Luis Fernando identificado con DNI N° 71071283, 74780445, respectivamente, egresados de la Facultad de / Escuela de posgrado Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional / Programa Académico Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizamos (x), la divulgación y comunicación pública de nuestra Tesis, titulada: "Influencia de residuos de construcción en la sub-rasante de pavimento rígido de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024", en el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de **NO** autorización:

.....
.....

Lima, 06 de mayo del 2024

| | |
|--|---|
| Apellidos y Nombres del Autor Dávila Torres, José Galvani | |
| DNI: 71071283 | Firma  |
| ORCID: 0009-0005-0197-950X | |
| Apellidos y Nombres del Autor Guerrero Cercado, Luis Fernando | |
| DNI: 74780445 | Firma  |
| ORCID: 0009-0003-3032-580X | |

Anexo 2. Evaluación por juicio de expertos



Evaluación por juicio de expertos

Experto 01. Ingeniero Magister LINO CANCINO COLICHÓN

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento "Análisis granulométrico de suelos por tamizado (A.A.S.H.T.O. T 88 – A.S.T.M D 422), Ensayo para determinar los límites de Atterberg (A.A.S.H.T.O. T 89 – A.S.T.M. D 4318), Ensayo para determinar la humedad del suelo (A.A.S.H.T.O. T 265), Ensayo para determinar la densidad aparente, peso volumétrico de un suelo (A.S.T.M. D 2937), Ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada, Proctor modificado (A.A.S.T.H.O. T 180), Ensayo para determinar la relación soporte en muestras compactadas de suelos en laboratorio, C.B.R. (A.S.T.M. D 1883). La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente; aportando al que hacer de la ingeniería civil. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del juez



| | |
|---|---|
| Nombre del juez: | Lino Cancino Colichón |
| Grado profesional: | Maestría (x) Doctor: () |
| Área de formación académica: | Ingeniería civil |
| Áreas de experiencia profesional: | Concreto, pavimentos y obras viables. |
| Institución donde labora: | Empresas constructoras privadas. |
| Tiempo de experiencia profesional en el área: | 20 años de experiencias |
| Experiencia en Investigación en Ingeniería civil: (si corresponde) | Investigación docente e investigación aplicada en ingeniería civil. |

2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

3. Instrumentos normalizados y reglamentados por normas técnicas peruanas (NPP, NTC),

normas internacionales (ACTM, AASHTO). Estos instrumentos no pueden ser modificados y no constituyen instrumentos estructurados pasibles de una prueba estadística de validación.

| | |
|---|---|
| Formato de los instrumentos según las normas mencionadas: | Densidad – humedad del suelo Límites de Atterberg Análisis granulométrico por tamizado A.S.T.M.- 422. Relación de soporte de california (CBR) A.S.T.M. D 1883 Proctor modificado A.A.S.T.H.O. T 180 |
| Autor: | INDECOPI, ACTM, AASHTO |
| Procedencia: | Nacional e internacional |
| Administración: | Pública y privada |
| Tiempo de aplicación: | Durante ejecución de tesis |
| Ámbito de aplicación: | En laboratorio de ensayos de suelos |
| Significación: | En las dimensiones de investigación |



4. Soporte teórico
(describir en función al modelo teórico)

| Escala/ÁREA | Subescala (dimensiones) | Definición |
|--|---|--|
| Mejoramiento de suelos para obras viables: | Propiedades físicas Propiedades mecánicas Diseño de pavimento | Estas propiedades de los suelos que constituyen la sub rasante, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento (Moposita 2020). |

5. Presentación de instrucciones para el juez:

A continuación, a usted le presento los formatos de los instrumentos de recolección de datos elaborado por las normas técnicas nacionales e internacionales. En el año DIFERENTES AÑOS. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

| Categoría | Calificación | Indicador |
|--|------------------------------|---|
| CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas. | 1. No cumple con el criterio | El ítem no es claro. |
| | 2. Bajo Nivel | El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas. |
| | 3. Moderado nivel | Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem. |
| | 4. Alto nivel | El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada. |

| | | |
|--|---|--|
| COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo. | 1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio) | El ítem no tiene relación lógica con la dimensión. |
| | 2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo) | El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión. |
| | 3. Acuerdo (moderado nivel) | El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo. |
| | 4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel) | El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo. |
| RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido. | 1. No cumple con el criterio | El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión. |
| | 2. Bajo Nivel | El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste. |
| | 3. Moderado nivel | El ítem es relativamente importante. |
| | 4. Alto nivel | El ítem es muy relevante y debe ser incluido. |

Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala de 1 a 4 su valoración, así como solicitamos brinde sus observaciones que considere pertinente



| |
|-----------------------------|
| 1 No cumple con el criterio |
| 2. Bajo Nivel |
| 3. Moderado nivel |
| 4. Alto nivel |

Dimensiones del instrumento:

- Primera dimensión: **Propiedades Físicas**
- Objetivos de la Dimensión: caracterizar al suelo.

| Indicadores | Ítem | Claridad | Coherencia | Relevancia | Observaciones/ Recomendaciones |
|----------------------|------|----------|------------|------------|--------------------------------|
| Granulometría | | 3 | 3 | 4 | |
| Densidad | | 4 | 3 | 3 | |
| Humedad natural | | 3 | 4 | 3 | |
| Límites de Atterberg | | 3 | 3 | 4 | |

- Segunda dimensión: **Propiedades Mecánicas**
- Objetivos de la Dimensión: determinar la resistencia de suelo para dimensionamiento de pavimento.

| INDICADORES | Ítem | Claridad | Coherencia | Relevancia | Observaciones/ Recomendaciones |
|--------------------|------|----------|------------|------------|-----------------------------------|
| Proctor modificado | | 3 | 3 | 4 | |
| CBR | | 4 | 3 | 3 | |

- Tercera dimensión: **Diseño de Pavimento**
- Objetivos de la Dimensión: determinar en espesor de la capa de pedimento de concreto.

| INDICADORES | Ítem | Claridad | Coherencia | Relevancia | Observaciones/ Recomendaciones |
|------------------|------|----------|------------|------------|-----------------------------------|
| Espesor de capas | | 4 | 3 | 3 | |




Lino Cancino Colchón
INGENIERO CIVIL
CIP 40005

Firma del evaluador
DNI 27663069

Evaluación por juicio de expertos

Experto 02. Ingeniero Magister JOSE ALBERTO CONTRERAS MORETO

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento "Análisis granulométrico de suelos por tamizado (A.A.S.H.T.O. T 88 – A.S.T.M D 422), Ensayo para determinar los límites de Atterberg (A.A.S.H.T.O. T 89 – A.S.T.M. D 4318), Ensayo para determinar la humedad del suelo (A.A.S.H.T.O. T 265), Ensayo para determinar la densidad aparente, peso volumétrico de un suelo (A.S.T.M. D 2937), Ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada, Proctor modificado (A.A.S.T.H.O. T 180), Ensayo para determinar la relación soporte en muestras compactadas de suelos en laboratorio, C.B.R. (A.S.T.M. D 1883). La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente; aportando al que hacer de la ingeniería civil. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del juez



| | | |
|---|--|-------------|
| Nombre del juez: | José Alberto Contreras Moreto | |
| Grado profesional: | Maestría (x) | Doctor: () |
| Área de formación académica: | Ingeniería civil | |
| Áreas de experiencia profesional: | Concreto, pavimentos y obras viables y estructuras. | |
| Institución donde labora: | Consultor y especialista del gobierno regional de Cajamarca. | |
| Tiempo de experiencia profesional en el área: | 10 años de experiencia | |
| Experiencia en Investigación en ingeniería civil: (si corresponde) | Investigación aplicada en ingeniería civil y estructuras. | |

2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

3. Instrumentos normalizados y reglamentados por normas técnicas peruanas (NPP, NTC),

normas internacionales (ACTM, AASHTO). Estos instrumentos no pueden ser modificados y no constituyen instrumentos estructurados pasibles de una prueba estadística de validación.

| | |
|---|---|
| Formato de los instrumentos según las normas mencionadas: | Densidad – humedad del suelo Límites de Atterberg Análisis granulométrico por tamizado A.S.T.M.- 422. Relación de soporte de california (CBR) A.S.T.M. D 1883 Proctor modificado A.A.S.T.H.O. T 180 |
| Autor: | INDECOPI, ACTM, AASHTO |
| Procedencia: | Nacional e internacional |
| Administración: | Pública y privada |
| Tiempo de aplicación: | Durante ejecución de tesis |
| Ámbito de aplicación: | En laboratorio de ensayos de suelos |
| Significación: | En las dimensiones de investigación |



4. Soporte teórico
(describir en función al modelo teórico)

| Escala/ÁREA | Subescala (dimensiones) | Definición |
|--|---|--|
| Mejoramiento de suelos para obras viables: | Propiedades físicas Propiedades mecánicas Diseño de pavimento | Estas propiedades de los suelos que constituyen la sub rasante, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento (Moposita 2020). |

5. Presentación de instrucciones para el juez:

A continuación, a usted le presento los formatos de los instrumentos de recolección de datos elaborado por las normas técnicas nacionales e internacionales. En el año DIFERENTES AÑOS. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

| Categoría | Calificación | Indicador |
|--|------------------------------|---|
| CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas. | 1. No cumple con el criterio | El ítem no es claro. |
| | 2. Bajo Nivel | El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas. |
| | 3. Moderado nivel | Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem. |
| | 4. Alto nivel | El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada. |

| | | |
|--|---|--|
| COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo. | 1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio) | El ítem no tiene relación lógica con la dimensión. |
| | 2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo) | El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión. |
| | 3. Acuerdo (moderado nivel) | El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo. |
| | 4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel) | El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo. |
| RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido. | 1. No cumple con el criterio | El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión. |
| | 2. Bajo Nivel | El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste. |
| | 3. Moderado nivel | El ítem es relativamente importante. |
| | 4. Alto nivel | El ítem es muy relevante y debe ser incluido. |

Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala de 1 a 4 su valoración, así como solicitamos brinde sus observaciones que considere pertinente



| |
|-----------------------------|
| 1 No cumple con el criterio |
| 2. Bajo Nivel |
| 3. Moderado nivel |
| 4. Alto nivel |

Dimensiones del instrumento:

- Primera dimensión: **Propiedades Físicas**
- Objetivos de la Dimensión: caracterizar al suelo.

| Indicadores | Ítem | Claridad | Coherencia | Relevancia | Observaciones/ Recomendaciones |
|----------------------|------|----------|------------|------------|--------------------------------|
| Granulometría | | 4 | 4 | 3 | |
| Densidad | | 4 | 3 | 4 | |
| Humedad natural | | 4 | 4 | 4 | |
| Límites de Atterberg | | 3 | 4 | 3 | |

- Segunda dimensión: **Propiedades Mecánicas**
- Objetivos de la Dimensión: determinar la resistencia de suelo para dimensionamiento de pavimento.

| INDICADORES | Ítem | Claridad | Coherencia | Relevancia | Observaciones/ Recomendaciones |
|--------------------|------|----------|------------|------------|-----------------------------------|
| Proctor modificado | | 3 | 4 | 4 | |
| CBR | | 4 | 4 | 4 | |

- Tercera dimensión: **Diseño de Pavimento**
- Objetivos de la Dimensión: determinar en espesor de la capa de pedimento de concreto.

| INDICADORES | Ítem | Claridad | Coherencia | Relevancia | Observaciones/ Recomendaciones |
|------------------|------|----------|------------|------------|-----------------------------------|
| Espesor de capas | | 4 | 3 | 4 | |




Juan Carlos Contreras Morúa
INGENIERO CIVIL
C.I. 162290

Firma del evaluador
DNI :27710343

Evaluación por juicio de expertos

Experto 03. Ingeniero Magister FERNANDO DEMETRIO LLATAS VILLANUEVA

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento "Análisis granulométrico de suelos por tamizado (A.A.S.H.T.O. T 88 – A.S.T.M D 422), Ensayo para determinar los límites de Atterberg (A.A.S.H.T.O. T 89 – A.S.T.M. D 4318), Ensayo para determinar la humedad del suelo (A.A.S.H.T.O. T 265), Ensayo para determinar la densidad aparente, peso volumétrico de un suelo (A.S.T.M. D 2937), Ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada, Proctor modificado (A.A.S.T.H.O. T 180), Ensayo para determinar la relación soporte en muestras compactadas de suelos en laboratorio, C.B.R. (A.S.T.M. D 1883). La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente; aportando al que hacer de la ingeniería civil. Agradecemos su valiosa colaboración.



1. Datos generales del juez

| | | |
|---|---|-------------|
| Nombre del juez: | Fernando Demetrio Llatas Villanueva | |
| Grado profesional: | Maestría (x) | Doctor: () |
| Área de formación académica: | Ingeniería civil | |
| Áreas de experiencia profesional: | Concreto, suelos y modelamiento. | |
| Institución donde labora: | Consultor y Universidad Nacional de Jaén. | |
| Tiempo de experiencia profesional en el área: | 10 años de experiencia | |
| Experiencia en Investigación en Ingeniería civil: (si corresponde) | Investigación docente aplicada en Ingeniería civil. | |

2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

3. Instrumentos normalizados y reglamentados por normas técnicas peruanas (NPP, NTC),

normas internacionales (ACTM, AASHTO). Estos instrumentos no pueden ser modificados y no constituyen instrumentos estructurados pasibles de una prueba estadística de validación.

| | |
|---|---|
| Formato de los instrumentos según las normas mencionadas: | Densidad – humedad del suelo Límites de Atterberg Análisis granulométrico por tamizado A.S.T.M.- 422. Relación de soporte de california (CBR) A.S.T.M. D 1883 Proctor modificado A.A.S.T.H.O. T 180 |
| Autor: | INDECOPI, ACTM, AASHTO |
| Procedencia: | Nacional e internacional |
| Administración: | Pública y privada |
| Tiempo de aplicación: | Durante ejecución de tesis |
| Ámbito de aplicación: | En laboratorio de ensayos de suelos |
| Significación: | En las dimensiones de investigación |



4. Soporte teórico
(describir en función al modelo teórico)

| Escala/ÁREA | Subescala (dimensiones) | Definición |
|--|---|--|
| Mejoramiento de suelos para obras viables: | Propiedades físicas Propiedades mecánicas Diseño de pavimento | Estas propiedades de los suelos que constituyen la sub rasante, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento (Moposita 2020). |

5. Presentación de instrucciones para el juez:

A continuación, a usted le presento los formatos de los instrumentos de recolección de datos elaborado por las normas técnicas nacionales e internacionales. En el año DIFERENTES AÑOS. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

| Categoría | Calificación | Indicador |
|--|------------------------------|---|
| CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas. | 1. No cumple con el criterio | El ítem no es claro. |
| | 2. Bajo Nivel | El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas. |
| | 3. Moderado nivel | Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem. |
| | 4. Alto nivel | El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada. |

| | | |
|--|---|--|
| COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo. | 1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio) | El ítem no tiene relación lógica con la dimensión. |
| | 2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo) | El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión. |
| | 3. Acuerdo (moderado nivel) | El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo. |
| | 4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel) | El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo. |
| RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido. | 1. No cumple con el criterio | El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión. |
| | 2. Bajo Nivel | El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste. |
| | 3. Moderado nivel | El ítem es relativamente importante. |
| | 4. Alto nivel | El ítem es muy relevante y debe ser incluido. |

Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala de 1 a 4 su valoración, así como solicitamos brinde sus observaciones que considere pertinente



| |
|-----------------------------|
| 1 No cumple con el criterio |
| 2. Bajo Nivel |
| 3. Moderado nivel |
| 4. Alto nivel |

Dimensiones del instrumento:

- Primera dimensión: **Propiedades Físicas**
- Objetivos de la Dimensión: caracterizar al suelo.

| Indicadores | Ítem | Claridad | Coherencia | Relevancia | Observaciones/ Recomendaciones |
|----------------------|------|----------|------------|------------|--------------------------------|
| Granulometría | | 3 | 4 | 4 | |
| Densidad | | 4 | 4 | 4 | |
| Humedad natural | | 4 | 3 | 4 | |
| Límites de Atterberg | | 4 | 4 | 3 | |

- Segunda dimensión: **Propiedades Mecánicas**
- Objetivos de la Dimensión: determinar la resistencia de suelo para dimensionamiento de pavimento.

| INDICADORES | Ítem | Claridad | Coherencia | Relevancia | Observaciones/ Recomendaciones |
|--------------------|------|----------|------------|------------|-----------------------------------|
| Proctor modificado | | 4 | 3 | 4 | |
| CBR | | 4 | 4 | 3 | |

- Tercera dimensión: **Diseño de Pavimento**
- Objetivos de la Dimensión: determinar en espesor de la capa de pedimento de concreto.

| INDICADORES | Ítem | Claridad | Coherencia | Relevancia | Observaciones/ Recomendaciones |
|------------------|------|----------|------------|------------|-----------------------------------|
| Espesor de capas | | 4 | 4 | 3 | |




FERNANDO BEVETROS LAMAS VILLANUEVA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 217452

Firma del evaluador
DNI :41953733

Anexo 3. Operacionalización de variables

| Variables | Definición conceptual | Dimensiones | Indicadores | Escala de medición |
|--------------------------|--|---------------------|---------------------------|--------------------|
| Residuos de construcción | Son materiales inertes, como ladrillos, arena, piedras, escombros, concretos y asfaltos, que tienen la capacidad de ser reutilizados en diversas aplicaciones como el acondicionamiento de caminos, rellenos de zanjas, construcción de suelos artificiales, entre otros. Este aprovechamiento contribuye significativamente a reducir la cantidad de residuos de construcción que terminan en vertederos o centros de acopi (Bazán, 2018) | Propiedades físicas | Granulometría | De razón |
| | | | Densidad | |
| | | Dosificación | Humedad natural | |
| | | | 10 %, 20 % y 40 % | |
| Suelo de sub-rasante | Es la capa finalizada de la carretera, ajustada al movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se instala el armazón del pavimento o afirmado (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015) | Propiedades físicas | Granulometría | De razón |
| | | | Límites de Atterberg | |
| | | Diseño de mezclas | Humedad natural | |
| | | | Sin residuos construcción | |
| | | | Con residuos construcción | |
| Propiedades mecánicas | Proctor modificado | | | |
| Diseño de pavimento | CBR | | | |
| | | | Espesor de capas | |

Anexo 4. Matriz de Consistencia de la investigación

TITULO DE LA TESIS: Influencia de residuos de construcción en la sub-rasante de pavimento rígido de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024

Tesistas: Dávila Torres, José Galvani; Guerrero Cercado, Luis Fernando

| Problemas | Objetivos | Hipótesis | Variables | Metodología |
|--|---|---|--|---|
| <p>Problema general</p> <p>¿Cómo influye los residuos de construcción en las sub-rasantes de pavimento rígido de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024?</p> | <p>Objetivo general</p> <p>Determinar la influencia de los residuos de construcción en las sub-rasantes de pavimentos rígidos de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024</p> | <p>Hipótesis general</p> <p>Existe influencia de los residuos de construcción en las sub-rasantes de pavimentos rígidos de la avenida Sacsayhuamán - Jaén - Cajamarca 2024</p> | <p>V. independiente</p> <p>Residuos de construcción</p> | <p>Tipo de investigación: cuantitativa, aplicada y explicativa Diseño de investigación: experimental, experimental puro Población: todo el suelo de sub-rasante de la avenida Sacsayhuaman, Jaén Muestra: suelo de sub-rasante para ensayos físicos y mecánicos según norma técnica Técnica: observación directa con presencia del investigador Instrumentos: formatos de recolección de datos según normas técnicas.</p> |
| <p>Problema específico</p> <p>¿Cuáles son las propiedades del suelo natural de sub-rasante de pavimentos rígidos?</p> <p>¿Cómo es el diseño de mezclas del suelo de sub-rasante con adición de residuos de construcción?</p> <p>¿Cómo influye la dosificación de residuos de construcción en las propiedades físicas del suelo de sub-rasante?</p> <p>¿Cómo influye la dosificación de residuos de construcción en las propiedades mecánicas del suelo de sub-rasante?</p> <p>¿Cómo es el diseño del pavimento rígido con el uso de residuos de construcción en la sub-rasante?</p> | <p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar las propiedades del suelo natural de sub-rasante de pavimentos rígidos</p> <p>Realizar el diseño de mezclas de suelo de sub-rasante con adición de residuos de construcción</p> <p>Determinar la influencia de la dosificación de residuos de construcción en las propiedades físicas del suelo de sub-rasante</p> <p>Determinar la influencia de la dosificación de residuos de construcción en las propiedades mecánicas del suelo de sub-rasante</p> <p>Realizar el diseño del pavimento rígido con el uso de residuos de construcción en la sub-rasante</p> | <p>Hipótesis específicas</p> <p>Es posible determinar las propiedades del suelo natural de sub-rasante de pavimentos rígidos</p> <p>El diseño de mezclas de suelo de sub-rasante con adición de residuos de construcción es en dosis de 10 %, 20 % y 40 %</p> <p>Existe influencia de la dosificación de residuos de construcción en las propiedades físicas del suelo de sub-rasante</p> <p>Existe influencia de la dosificación de residuos de construcción en las propiedades mecánicas del suelo de sub-rasante</p> <p>El diseño de pavimento rígido con el uso de residuos de construcción en la sub-rasante requiere de menores espesores de las capas</p> | <p>V. dependiente</p> <p>Suelo de sub-rasante</p> | |

Anexo 5. Resultados de laboratorio

| | | | |
|--|---|------------------|--|
|  LABORATORIO DE ANÁLISIS | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | PORTADA | LSP23 - DM - 252 | |

ENSAYOS DE **LABORATORIO DE** **RESIDUOS DE** **CONSTRUCCIÓN**

TESIS:

"INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024".

BACHILLER:

**DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI
GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO**

DISTRITO: JAÉN

PROVINCIA: JAÉN

REGIÓN: CAJAMARCA

JAÉN, CAJAMARCA.

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CORA MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL:969577841 - 975421091

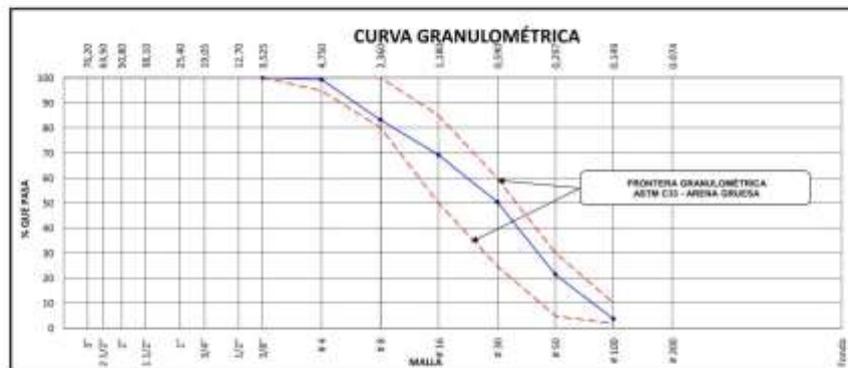
| | | | |
|---|---|------------------|--|
|  <small>LABORATORIO DE SUBSTRATOS</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | ANEXOS | LSP23 - DM - 252 | |

ANEXO I

ENSAYOS DE LABORATORIO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN

| | | | |
|---|---|------------------|------------------|
|  | LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | RUC | 20604546231 |
| | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136 | INDECORI | 96116277 |
| | | PAGINA | 1 de 5 |
| DATOS DEL MUESTREO | | | |
| PROYECTO: | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | REGISTRO N°: | LSP23 - DM - 252 |
| UBICACIÓN: | DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA | MUESTREADO POR: | SOLICITANTE |
| SOLICITANTE: | GÁVILA TORRES, JOSÉ GALVÁN Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | ENSAYADO POR: | J.H.B. |
| CANtera: | RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN | FECHA DE ENSAYO: | DIEMBRE - 2023 |

| AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA | | | | | | | |
|---|-----------|-----------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------|-----------------|
| Malla | Tamaño | Peso Retenido g | % Parcial Retenido | % Acumulado Retenido | % Acumulado que pasa | ASTM "L.M. #4" | ASTM "L.M. SUP" |
| 4" | 100.00 mm | | | | | 100.00 | 100.00 |
| 3 1/2" | 90.00 mm | | | | | 100.00 | 100.00 |
| 3" | 75.00 mm | | | | | 100.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.00 mm | | | | | 100.00 | 100.00 |
| 2" | 50.00 mm | | | | | 100.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 mm | | | | | 100.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 mm | | | | | 100.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 mm | | | | | 100.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.50 mm | | | | | 100.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.50 mm | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| # 4 | 4.75 mm | 3.10 | 0.65 | 0.65 | 99.35 | 95.00 | 100.00 |
| # 8 | 2.36 mm | 75.40 | 16.01 | 16.06 | 83.94 | 90.00 | 100.00 |
| # 16 | 1.18 mm | 87.00 | 14.04 | 30.09 | 69.91 | 90.00 | 85.00 |
| # 30 | 600 µm | 96.20 | 18.90 | 49.09 | 50.91 | 25.00 | 60.00 |
| # 50 | 300 µm | 137.30 | 28.81 | 78.40 | 21.60 | 5.00 | 30.00 |
| # 100 | 150 µm | 84.83 | 17.77 | 96.17 | 3.83 | 2.00 | 10.00 |
| Fondo | - | 18.30 | 3.83 | 100.00 | 0.00 | - | - |
| | | | | | | Nº | 3.73 |
| | | | | | | T.M.N. | - |



| | |
|---------------|---|
| OBSERVACIONES | LA MUESTRA CUMPLE CON EL USO GRANULOMÉTRICO |
|---------------|---|


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

| | |
|---|--------------------------------------|
| DIRECCION: CALLE LA COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A Y CORA MEDIO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN | CEL: 96377841 - 97421091 - 912482028 |
|---|--------------------------------------|

| | | | |
|---|---|------------------|------------------|
| LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | RUC | 288948221 |
| | CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS ASTM C566-19 | INDECOP | 06116277 |
| | | PAGINA | 7 de 5 |
| DATOS DEL MUESTREO | | | |
| PROYECTO: | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION EN LA SUB-CAPASITE DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA SACAYTHUMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | REGISTRO N°: | LIP23 - 04 - 252 |
| UBICACION: | DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA | MUESTREADO POR: | SOLICITANTE |
| SOLICITANTE: | DAVILA TORRES, JOSE GALVAN Y GUERRERO CERCAJO, LUIS FERNANDO | ENVIADO POR: | J.H.B. |
| CANTERA: | RESIDUOS DE CONSTRUCCION | FECHA DE ENVAYO: | NOVIEMBRE - 2023 |

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

| ITEM | DESCRIPCION | UND. | DATOS | CANTERA |
|------|--------------------------------------|------|--------|-------------------------------|
| 1 | Peso del Recipiente | g | 133.7 | RENDUOR DE CONSTRUCCION |
| 2 | Peso del Recipiente + muestra húmeda | g | 1022.7 | |
| 3 | Peso del Recipiente + muestra seca | g | 1002.6 | |
| 4 | CONTENIDO DE HUMEDAD | % | 2.34 | |

| | |
|---------------|--|
| OBSERVACIONES | |
|---------------|--|

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JHB
ING. JHONATAN HERRERA BARRAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

DIRECCION: CALLE LA COCAHUELA, 19 (INTERSECCION) - A 1 KILOMETRO DEL CENTRO CAJAMARCA - JAÉN - PERÚ CEL: 98277841 - 875421861 - 812460336

| | | | |
|---|---|------------------|------------------|
| LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | RUC | 288948221 |
| | DETERMINACION DEL MATERIAL PASA 750 MESH EL TAMBORON ASTM C 137 | INDECOP | 06116277 |
| | | PAGINA | 7 de 5 |
| DATOS DEL MUESTREO | | | |
| PROYECTO: | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION EN LA SUB-CAPASITE DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA SACAYTHUMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | REGISTRO N°: | LIP23 - 04 - 252 |
| UBICACION: | DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA | MUESTREADO POR: | SOLICITANTE |
| SOLICITANTE: | DAVILA TORRES, JOSE GALVAN Y GUERRERO CERCAJO, LUIS FERNANDO | ENVIADO POR: | J.H.B. |
| CANTERA: | RESIDUOS DE CONSTRUCCION | FECHA DE ENVAYO: | NOVIEMBRE - 2023 |

AGREGADO FINO

| IDENTIFICACION | 1 | 2 | PROMEDIO |
|-------------------------------------|-------|-------|----------|
| Masa de 500 g (M) | 144.8 | 140.0 | |
| Masa de 500 g + Pasado 750 Mesh (M) | 350.8 | 352.0 | |
| Masa de 500 g + Pasado 750 Mesh (M) | 211.2 | 210.0 | |
| EFECTUAL MENOR AL TAMAO N° 200 (M) | 0.16 | 0.16 | 0.17 |

Muestra de tambo: 500g 1 2

| | |
|---------------|--|
| OBSERVACIONES | |
|---------------|--|

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JHB
ING. JHONATAN HERRERA BARRAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

DIRECCION: CALLE LA COCAHUELA, 19 (INTERSECCION) - A 1 KILOMETRO DEL CENTRO CAJAMARCA - JAÉN - PERÚ CEL: 98277841 - 875421861 - 812460336

| | | | |
|---|--|-----------------|-------------------|
| LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | RUC | 208848221 |
| | METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DENSIDAD RELATIVA (SAMPLEO ESPECIFICO) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO ASTM C136-15 | REGICOP | 8011617 |
| | | FECHA | 4 de 9 |
| DATOS DEL MUESTRO | | | |
| PROYECTO: | REPLANTIA DE REDES DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB ESTANTE DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA INDEPENDENCIA - JENÉ - CALAMARCA 2024 | REGISTRO N°: | L0701 - 004 - 701 |
| UBICACIÓN: | DISTRITO DE JENÉ - PROVINCIA DE JENÉ - DEPARTAMENTO DE CALAMARCA | MUESTREADO POR: | SOLITAYNE |
| REALIZANTE: | INGENIERO JOSÉ GALVÁN Y GUERRERO CENIZO, LUIS FERRANDO | ENVIADO POR: | J.F.B. |
| CANTIDAD: | MUESTRAS DE CONSTRUCCIÓN | FECHA DE ENVÍO: | DICIEMBRE - 2023 |

| ITEM | DATOS DE ENSAYO / N° DE PRUEBA | 1 | 2 | |
|---|---|--------|--------|----------|
| A | Masa secada al horno (200) (g) | 407,0 | 406,0 | |
| B | Masa de penetración con agua hasta la marca (g) | 912,0 | 913,0 | |
| C | Masa de penetración con agua + muestra seca (g) | 1216,0 | 1221,0 | |
| D | Masa saturada con superficie seca (200) (g) | 500,0 | 500,0 | PROMEDIO |
| Densidad Realativa (Gravedad específica) (GD) | | 2,01 | 2,00 | 2,00 |
| Densidad Realativa (Gravedad específica) (SSD) | | 2,38 | 2,39 | 2,38 |
| Densidad Realativa aparente (Gravedad específica) | | 2,80 | 2,79 | 2,79 |
| % Absorción | | 2,87 | 2,78 | 2,80 |

METODO DE PREPARACION DE LA MUESTRA

- Secado al horno
 Densidad Humedad Natural

OBSERVACIONES

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN HERRERA BARRAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

IMPRESION EN LA CIUDAD DE MARIYATEAGUI, 4 DE DICIEMBRE DEL 2023 CALAMARCA - JENÉ - JENÉ TEL: 0807341 8162001 8162000

| | | | |
|---|--|-----------------|-------------------|
| LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | RUC | 208848221 |
| | METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO ASTM C136-15 | REGICOP | 8011617 |
| | | FECHA | 4 de 9 |
| DATOS DEL MUESTRO | | | |
| PROYECTO: | REPLANTIA DE REDES DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB ESTANTE DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA INDEPENDENCIA - JENÉ - CALAMARCA 2024 | REGISTRO N°: | L0701 - 004 - 701 |
| UBICACIÓN: | DISTRITO DE JENÉ - PROVINCIA DE JENÉ - DEPARTAMENTO DE CALAMARCA | MUESTREADO POR: | SOLITAYNE |
| REALIZANTE: | INGENIERO JOSÉ GALVÁN Y GUERRERO CENIZO, LUIS FERRANDO | ENVIADO POR: | J.F.B. |
| CANTIDAD: | MUESTRAS DE CONSTRUCCIÓN | FECHA DE ENVÍO: | DICIEMBRE - 2023 |

| PESO UNITARIO DEL PASEO 0.20 | | | | | |
|------------------------------|-------------------|------|------|------|--|
| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | 1 | 2 | 3 | |
| PESO DEL MATERIAL + BALDE | g | 1145 | 1139 | 1139 | |
| PESO DEL BALDE | g | 220 | 220 | 220 | |
| PESO DEL MATERIAL SECO | g | 925 | 919 | 919 | |
| VOLUMEN DEL BALDE | cm ³ | 3007 | 3007 | 3007 | |
| PESO UNITARIO REAL | kg/m ³ | 1750 | 1713 | 1713 | |
| PROMEDIO: | | | 1731 | 1713 | |

| PESO UNITARIO COMPACTADO 0.20 | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|------|------|------|--|
| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | 1 | 2 | 3 | |
| PESO DEL MATERIAL + BALDE | g | 1307 | 1266 | 1277 | |
| PESO DEL BALDE | g | 220 | 220 | 220 | |
| PESO DEL MATERIAL SECO | g | 1087 | 1046 | 1057 | |
| VOLUMEN DEL BALDE | cm ³ | 3007 | 3007 | 3007 | |
| PESO UNITARIO REAL | kg/m ³ | 1289 | 1152 | 1189 | |
| PROMEDIO: | | | 1194 | 1189 | |

OBSERVACIONES

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN HERRERA BARRAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

IMPRESION EN LA CIUDAD DE MARIYATEAGUI, 4 DE DICIEMBRE DEL 2023 CALAMARCA - JENÉ - JENÉ TEL: 0807341 8162001 8162000

| | | | |
|---|---|-------------------|--|
|  <small>LABORATORIO DE ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | PORTADA | LSP24 - MS - 1017 | |

ENSAYOS DE **LABORATORIO**

TESIS:

**“INFLUENCIA DE RESIDUOS DE
CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE
PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA
SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA
2024”.**

BACHILLER:

**DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI
GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO**

DISTRITO: JAÉN

PROVINCIA: JAÉN

REGIÓN: CAJAMARCA

JAÉN, CAJAMARCA.

| | | |
|--|---|--|
|  <small>LABORATORIO DE INVESTIGACIONES</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | ANEXOS | |

ANEXO I

ENSAYOS DE LABORATORIO ESTÁNDAR

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CORA
 MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL-969577841 - 975421091 - 912493920

| | | | |
|--|---|-------------------|--|
|  <small>LABORATORIO DE INVESTIGACIONES</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | SEPARADORES | LSP24 - M5 - 1017 | |

PATRON = T - 0

PROYECTO : INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-BASANTE DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA SACDAYHUAMAN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 REGISTRO N° : LSP23 - MS - 1017

SOLICITANTE : DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVÁN Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO ENSAYADO POR : JHONATAN H.

MATERIAL : NATURAL ASIST LAB : ARDDY CEZA

CALICATA : C - 1 MUESTRA : M - 1 FECHA : 19 DE DICIEMBRE - 2023

LOCALIDAD : JAÉN PROFUNDIDAD : 0.20 - 1.00

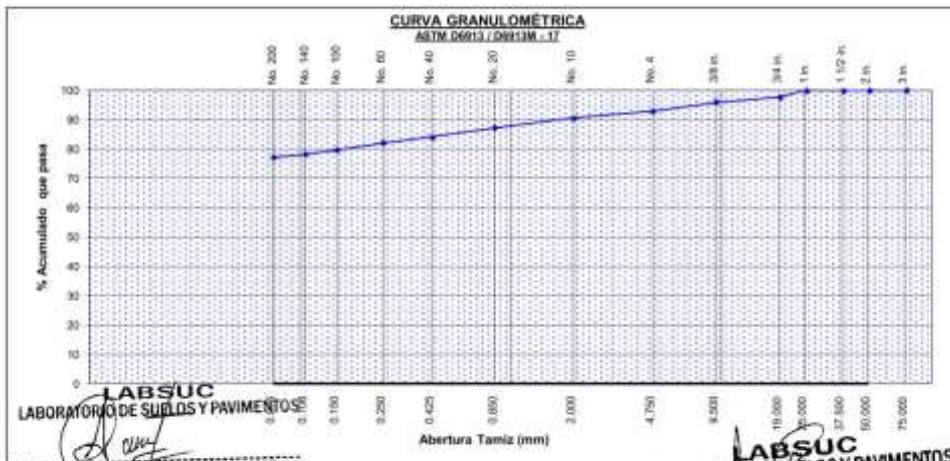
DISTRITO : JAÉN PROVINCIA : JAÉN REGION : CAJAMARCA

| Tamiz (MESH) | Abertura (mm) | Masa retenida (g) | Masa retenida (%) | Acumulado Retenido (%) | Acumulado Pasante (%) |
|--------------|---------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|
| 3 in. | 76.20 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 2 in. | 50.80 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1 1/2 in. | 38.10 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1 in. | 25.40 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/4 in. | 19.00 | 16 | 2.3 | 2.3 | 98 |
| 3/8 in. | 9.50 | 11 | 1.6 | 3.9 | 96 |
| No. 4 | 4.75 | 22 | 3.2 | 7.1 | 93 |
| No. 10 | 2.00 | 16 | 2.3 | 9.4 | 91 |
| No. 20 | 0.843 | 24 | 3.4 | 12.8 | 87 |
| No. 40 | 0.425 | 22 | 3.1 | 15.8 | 84 |
| No. 60 | 0.250 | 14 | 1.9 | 17.8 | 82 |
| No. 100 | 0.150 | 18 | 2.5 | 20.3 | 80 |
| No. 140 | 0.106 | 10 | 1.5 | 21.8 | 78 |
| No. 200 | 0.075 | 7 | 1.0 | 22.7 | 77 |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| I. Clasificación visual | Arilla de baja plasticidad con arena |
| II. Tamaño máximo de la partícula | 1 in. |

| CONDICIONES DEL ENSAYO | |
|------------------------|--------|
| I. Método de ensayo | A |
| II. Tipo de tamizado | Simple |
| III. Tamiz separator | No. 4 |

| | |
|---|-----|
| Masa inicial de la muestra seca (g) | 700 |
| 1 ^{ra} sep.: Fracción ret. limpia y seca (g) | — |
| Masa de la fracción fina seca (g) | — |
| % Tamiz separator < 2% (1 ^{ra} sep.) | — |



LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
BACH. ARDÍ R. CIEZA ROMERO
JEFE DE LABORATORIO

OBSERVACIONES:
* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC

LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

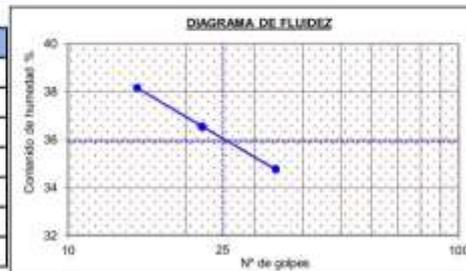
| | | | | | |
|--------------------|---|------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| PROYECTO | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-BASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | | REGISTRO N° | : LSP23 - MS - 1017 | |
| SOLICITANTE | DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | | ENSAYADO POR | : JHONATAN H. | |
| MATERIAL | NATURAL | | ASIST LAB | : ARODY CIEZA | |
| CALICATA | : C-1 | MUESTRA | : M-1 | FECHA | : 18 DE DICIEMBRE - 2023 |
| LOCALIDAD | JAÉN | | PROFUNDIDAD | : 0,20 - 1,50 | |
| DISTRITO | : JAÉN | PROVINCIA | : JAÉN | REGION | : CAJAMARCA |

| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|--|-------|-------|-------|
| Prueba N° | 1 | 2 | 3 |
| N° de golpes | 34 | 22 | 15 |
| Masa del Recipiente (g) | 18,25 | 17,48 | 20,56 |
| Masa del Recipiente + Suelo Húmedo (g) | 41,55 | 42,56 | 40,87 |
| Masa del Recipiente + Suelo Seco (g) | 35,55 | 35,85 | 35,26 |
| Masa del Agua (g) | 6,01 | 6,71 | 5,61 |
| Masa del Suelo Seco (g) | 17,29 | 18,37 | 14,70 |
| Contenido de Humedad (%) | 34,76 | 36,53 | 38,16 |

| CONDICIONES DEL ENSAYO | |
|--|----------------|
| I. Método de ensayo del Límite Líquido | : A Multipunto |
| II. Preparación de muestra | : Húmedo |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA | |
|-------------------------------|------------|
| Condición de la muestra | : Alterada |
| Tamaño Max. de partícula | : 1 H. |

| LÍMITE PLÁSTICO | | |
|--|-------|-------|
| Prueba N° | 1 | 2 |
| Masa del Recipiente (g) | 8,21 | 7,86 |
| Masa del Recipiente + Suelo Húmedo (g) | 15,02 | 14,86 |
| Masa del Recipiente + Suelo Seco (g) | 13,86 | 13,63 |
| Masa del Agua (g) | 1,16 | 1,23 |
| Masa del Suelo Seco (g) | 5,65 | 5,77 |
| Contenido de Humedad (%) | 20,53 | 21,28 |



RESULTADOS:

| Límite Líquido | Límite Plástico | Índice de Plasticidad |
|----------------|-----------------|-----------------------|
| 36 | 21 | 15 |

OBSERVACIONES:

* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado

* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DE LA
CLASIFICACIÓN DE SUELOS - SUCS (ASTM D2487 - 17e1)
CLASIFICACIÓN DE SUELOS - AASHTO (ASTM D3282 - 18)

PROYECTO : INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍDIDO DE LA AVENIDA SACSAWHEJAMAN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 REGISTRO N° : LSP23 - MS - 1017

SOLICITANTE : DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCAÑO, LUIS FERNANDO ENSAYADO POR : JHONATAN H.

MATERIAL : NATURAL ASIST LAB : : ARODY CIEZA

CALCATA : C-1 MUESTRA : M-1 FECHA : 19 DE DICIEMBRE - 2023

LOCALIDAD : JAÉN PROFUNDIDAD : 0.20 - 1.50

DISTRITO : JAÉN PROVINCIA : JAÉN REGION : CAJAMARCA

| GRANULOMETRÍA: ASTM D6913/613M-17 | | |
|-----------------------------------|-------|----------------------|
| Tamiz | | % Acumulado que Pasa |
| Alternativo | mm | |
| 3 in. | 76.20 | 100 |
| 2 in. | 50.80 | 100 |
| 1 1/2 in. | 38.10 | 100 |
| 1 in. | 25.40 | 100 |
| 3/4 in. | 19.00 | 98 |
| 3/8 in. | 9.50 | 96 |
| No. 4 | 4.75 | 93 |
| No. 10 | 2.00 | 91 |
| No. 20 | 0.840 | 87 |
| No. 40 | 0.425 | 84 |
| No. 60 | 0.250 | 82 |
| No. 80 | 0.177 | 80 |
| No. 100 | 0.150 | 78 |
| No. 200 | 0.075 | 77 |

| HUMEDAD DEL SUELO: ASTM D2216-19 | |
|----------------------------------|-------|
| Porcentaje de Humedad (%) | 13.44 |

| | | | | | |
|--------------------------------|------|----------------------------------|------|---------------------------|------|
| D ₁₀ (0.01 mm) | 0.00 | D ₃₀ (0.01 mm) | 0.00 | D ₆₀ (0.01 mm) | 0.00 |
| Coefficiente de Curvatura (Cc) | — | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | — | Retenido en tamiz 3 in | — |

| DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA | | |
|-----------------------------|----|--------------------|
| % Grava | 7 | % Grava Gruesa : 2 |
| | | % Grava Fina : 5 |
| % Arena | 16 | % Arena Gruesa : 2 |
| | | % Arena Media : 7 |
| | | % Arena fina : 7 |
| % Finos | 77 | - |

| LÍMITES DE ATTERBERG: ASTM D4318-17 | |
|-------------------------------------|----|
| Límite Líquido (LL) - % | 36 |
| Límite Plástico (LP) - % | 21 |
| Índice Plástico (IP) - % | 15 |

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS: | Símbolo de Grupo |
|--------------------------|---------------------------------------|
| SUCS | CL |
| Nombre de Grupo | Arcilla de baja plasticidad con arena |

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS: | Clasificación de Grupo | Índice de Grupo |
|---|------------------------|-----------------|
| AASHTO | A-6 | 11 |
| Tipo habitual de material significativo | Clayey Soils | |
| Clasificación general como subrasante | Suelos Arcillosos | |
| | REGULAR A DEFICIENTE | |

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

[Firma]
BACH. ARODY R. CIEZA ROMERO
JEFE DE LABORATORIO

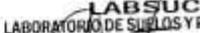
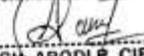
OBSERVACIONES: * No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado.

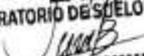
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC.

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

[Firma]
ING. JHONATAN HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

|  | | INFORME DE ENSAYO | |
|--|---|--|----------------------|
| | | DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO - AGREGADO - NTC 339.217 / MTC E 108 / ASTM D-2216 | |
| PROYECTO | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | REGISTRO N° | LSP23 - MS - 1017 |
| SOLICITANTE | DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | ENSAYADO POR | JHONATAN H. |
| MATERIAL | NATURAL | ASIST LAB : | ARODY CIEZA |
| CALICATA | C - 1 | MUESTRA | M - 1 |
| LOCALIDAD | JAÉN | FECHA | 19 DE DICIEMBRE - 20 |
| DISTRITO | JAÉN | PROFUNDIDAD | 0,20 - 1,50 |
| | | REGION | CAJAMARCA |
| DATOS | | PRUEBA No.1 | PRUEBA No.2 |
| Recipiente No | | 122 | 78 |
| W1 - Masa del recipiente con el espécimen húmedo (g) | | 865.4 | 871.5 |
| W2 - Masa del recipiente con el espécimen seco (g) | | 773.6 | 785.5 |
| Wc - Masa del recipiente (g) | | 112.36 | 123.5 |
| Ww - Masa del agua (g) | | 91.80 | 88.00 |
| Ws - Masa de las partículas sólidas (seco) (g) | | 661.20 | 661.91 |
| W - Contenido de humedad (Ww / Ws)x100 (%) | | 13.88 | 12.99 |
| PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 13.44 | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| * No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado | | | |
| * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC | | | |
| DIRECCION: CALLE LA COLINA 990 DEL BARRIO SAN JUAN DE LOS RIOS - CAJAMARCA - JAÉN - PERÚ | | TEL: 0811941 - 07642991 - 07642992 | |


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 BACH. ARODY R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

| | | | | | | | | |
|---|---|------------------------|---|--|----------------------------------|-------|--------|--------|
| LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | FORMATO | | RUC | 206044231 | | | | |
| | LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | | REG. INDECOPI | 00116277 | | | | |
| PROYECTO: | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-PASANTE DE PAVIMENTO ASFALTO DE LA AVENIDA SACAYRAMBAY - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | | | DIRECCION | LA COLINA 361 - JAÉN - CAJAMARCA | | | |
| UBICACION: | DISTRITO DE JAÉN, PROVINCIA JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA | | | PAGINA | 1 de 1 | | | |
| SOLICITANTE: | DANIELA TORRES, JOSÉ SALVARR Y GUERRERO CERCAJO, LUIS FERNANDO | | | JEFE DE CALIDAD: | JHORATAN HERRERA SARMIYOLA | | | |
| | | | | TENICO DE LAB: | DEIZA ROMERO ARDIZ | | | |
| DATOS DE CAMPO | | | | | | | | |
| CALCATA: | | C - T | | PROFUNDIDAD (cm): | | | | |
| PROFUNDIDAD (cm) | N.º F. (m) | CLASIFICACION | | DESCRIPCION DEL MATERIAL | MUESTRA | W (%) | LIMITE | |
| | | SÍMBOLO A.S.T.M. D 422 | SÍMBOLO GRAFICO | | | | LL (%) | IP (%) |
| 0.20 | 0.00 | |  | CONFIRMADO POR MATERIAL INADECUADO | SIM | - | - | - |
| 0.50 | | CL |  | ARCILLA INORGANICA (CL) DE MEDIANA PLASTICIDAD DE ENCUESTRA HUMEDA | M-1 | 13.44 | 36 | 13 |
| 1.00 | | | | | | | | |
| 1.50 | | | | | | | | |
| 2.00 | | | | | | | | |
| 2.50 | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | |
| 3.50 | | | | | | | | |
| 4.00 | | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|-------------------|--|
|  <small>LABORATORIO DE SUBSTRATOS</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | SEPARADORES | LSP24 - M5 - 1017 | |

TRATAMIENTO 01

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CORA
 MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL-969577841 - 975421091 - 912493920

PROYECTO : INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 REGISTRO N° : LSP23 - MS - 1017

SOLICITANTE : DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO ENSAYADO POR : JHONATAN H.

MATERIAL : NATURAL ASIST LAB : : ARDÍD CIEZA

CALCATA/MUESTRA : C - 1/M - 1 TRATAMIENTO : T - 1 ADICIÓN : 10 % RC

LOCALIDAD : JAÉN FECHA : DICIEMBRE - 2023

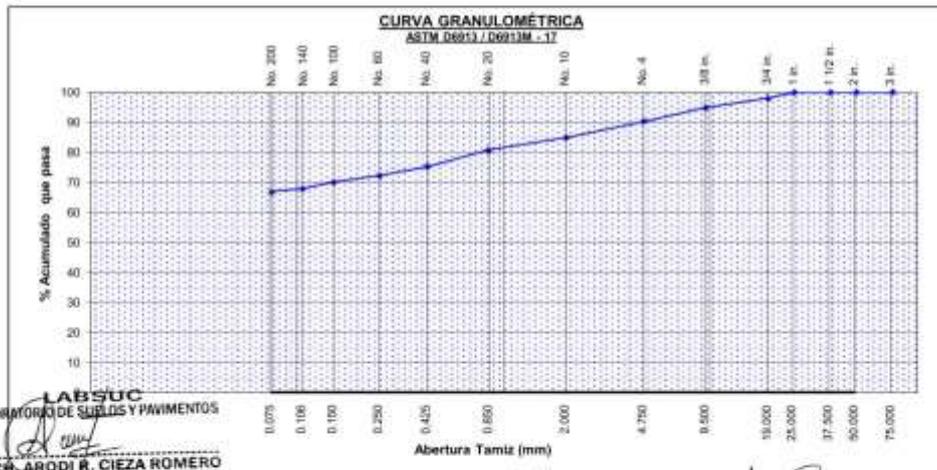
DISTRITO : JAÉN PROVINCIA : JAÉN REGION : CAJAMARCA

| Tamiz (Malla) | Abertura (mm) | Masa retenida (g) | Masa retenida (%) | Acumulado Retenido (%) | Acumulado Pasante (%) |
|---------------|---------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|
| 3 in. | 76.20 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 2 in. | 50.80 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1 1/2 in. | 38.10 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1 in. | 25.40 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/4 in. | 19.00 | 15 | 2.0 | 2.0 | 98 |
| 3/8 in. | 9.50 | 24 | 3.1 | 5.2 | 95 |
| No. 4 | 4.75 | 34 | 4.5 | 9.7 | 90 |
| No. 10 | 2.00 | 40 | 5.4 | 15.0 | 85 |
| No. 20 | 0.840 | 32 | 4.3 | 19.3 | 81 |
| No. 40 | 0.425 | 41 | 5.4 | 24.7 | 75 |
| No. 60 | 0.250 | 23 | 3.0 | 27.7 | 72 |
| No. 100 | 0.150 | 17 | 2.2 | 30.0 | 70 |
| No. 140 | 0.100 | 16 | 2.1 | 32.0 | 68 |
| No. 200 | 0.075 | 8 | 1.1 | 33.1 | 67 |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|------------------|
| I. Clasificación visual | ML: Limo Arenoso |
| E. Tamaño máximo de la partícula | 1 in. |

| CONDICIONES DEL ENSAYO | |
|------------------------|--------|
| I. Método de ensayo | A |
| E. Tipo de tamizado | Simple |
| EI. Tamiz separador | No. 4 |

| | |
|---|-----|
| Masa inicial de la muestra seca (g) | 750 |
| 1 ^{er} sep. - Fracción ret. (seca) (g) | --- |
| Masa de la fracción fina seca (g) | --- |
| % Tamiz separador <2 % (1 ^{er} sep.) | --- |



LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
BACH. ARDÍD R. CIEZA ROMERO
JEFE DE LABORATORIO

OBSERVACIONES:
* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN HERRERA BARRAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

| | | | | | |
|------------------------|---|--------------------|---------------------|-------------------|-----------|
| PROYECTO | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-BASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | | REGISTRO N° | LSP23 - MS - 1017 | |
| SOLICITANTE | DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVÁN Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | | ENSAYADO POR | JHCNATAN H. | |
| MATERIAL | NATURAL | | ASIST LAB | ARODY CIEZA | |
| CAUCIATAMUESTRA | C - 1/ M - 1 | TRATAMIENTO | T - 1 | ADICIÓN | 10 % RC |
| LOCALIDAD | JAÉN | FECHA | DICIEMBRE - 2020 | | |
| DISTRITO | JAÉN | PROVINCIA | JAÉN | REGION | CAJAMARCA |

| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|--|-------|-------|-------|
| Prueba N° | 1 | 2 | 3 |
| N° de golpes | 34 | 24 | 12 |
| Masa del Recipiente (g) | 17.52 | 17.16 | 17.85 |
| Masa del Recipiente + Suelo Húmedo (g) | 40.99 | 41.89 | 40.25 |
| Masa del Recipiente + Suelo Seco (g) | 35.36 | 35.50 | 34.39 |
| Masa del Agua (g) | 5.63 | 6.19 | 5.86 |
| Masa del Suelo Seco (g) | 17.84 | 19.34 | 16.44 |
| Contenido de Humedad (%) | 31.56 | 33.75 | 35.64 |

| CONDICIONES DEL ENSAYO | |
|---------------------------------------|--------------|
| I. Método de ensayo de Límite Líquido | A Multipulso |
| II. Preparación de muestra: | Húmedo |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA | |
|-------------------------------|----------|
| Condición de la muestra | Alterada |
| Tamaño Máx. de partícula | 1 lit. |

| LÍMITE PLÁSTICO | | |
|--|-------|-------|
| Prueba N° | 1 | 2 |
| Masa del Recipiente (g) | 17.23 | 17.84 |
| Masa del Recipiente + Suelo Húmedo (g) | 25.14 | 25.79 |
| Masa del Recipiente + Suelo Seco (g) | 23.81 | 24.52 |
| Masa del Agua (g) | 1.33 | 1.27 |
| Masa del Suelo Seco (g) | 8.58 | 8.68 |
| Contenido de Humedad (%) | 20.21 | 19.01 |



RESULTADOS:

| Límite Líquido | Límite Plástico | Índice de Plasticidad |
|----------------|-----------------|-----------------------|
| 33 | 20 | 13 |

OBSERVACIONES:

- * No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC

LABSUC

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

BACH. ARODY R. CIEZA ROMERO

JEFE DE LABORATORIO

LABSUC

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ING. JHCNATAN HERRERA BARRAHONA

INGENIERO CIVIL

CIP: 312615

DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DE LA
CLASIFICACIÓN DE SUELOS - SUCS (ASTM D2487 - 17e1)
CLASIFICACIÓN DE SUELOS - AASHTO (ASTM D3282 - 18)

PROYECTO : INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUBRASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAWYHJAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 REGISTRO N° : LSP23 - MS - 1017

SOLICITANTE : DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO ENSAYADO POR : JHONATAN H.

MATERIAL : NATURAL ASIST LAB : ARDIDY CEZA

CALICATA MUESTRA : C-11M-1 TRATAMIENTO : T-1 ADICIÓN : 10% RC

LOCALIDAD : JAÉN FECHA : DICIEMBRE - 2023

DISTRITO : JAÉN PROVINCIA : JAÉN REGION : CAJAMARCA

| GRANULOMETRÍA: ASTM D6913/613M-17 | | |
|-----------------------------------|-------|----------------------|
| Tamiz | | % Acumulado que Pasa |
| Alternativa | mm | |
| 3 in. | 76.20 | 100 |
| 2 in. | 50.80 | 100 |
| 1 1/2 in. | 38.10 | 100 |
| 1 in. | 25.40 | 100 |
| 3/4 in. | 19.00 | 98 |
| 3/8 in. | 9.50 | 95 |
| No. 4 | 4.75 | 90 |
| No. 10 | 2.00 | 85 |
| No. 20 | 0.840 | 81 |
| No. 40 | 0.425 | 75 |
| No. 60 | 0.250 | 72 |
| No. 80 | 0.177 | 70 |
| No. 100 | 0.150 | 68 |
| No. 200 | 0.075 | 67 |

| HUMEDAD DEL SUELO: ASTM D2216-19 | |
|----------------------------------|-------|
| Porcentaje de Humedad (%) | 10.95 |

| | | | | | |
|--------------------------------|------|----------------------------------|------|---------------------------|------|
| D ₁₀ (0.01 mm) | 0.00 | D ₃₀ (0.01 mm) | 0.04 | D ₆₀ (0.01 mm) | 0.00 |
| Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- | Retenido en tamiz 3 in | - |

| DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA | | |
|-----------------------------|----|--------------------|
| % Grava | 10 | % Grava Gruesa : 2 |
| | | % Grava Fina : 8 |
| % Arena | 23 | % Arena Gruesa : 5 |
| | | % Arena Medía : 10 |
| | | % Arena Fina : 8 |
| % Fines | 67 | - |

| LÍMITES DE ATTERBERG: ASTM D4316-17 | |
|-------------------------------------|----|
| Limite Líquido (LL) - % | 33 |
| Limite Plástico (LP) - % | 20 |
| Índice Plástico (IP) - % | 13 |

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS: | SUCS | Símbolo de Grupo |
|--------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| | | CL |
| | Nombre de Grupo | Arcilla arenosa de baja plasticidad |

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS: | AASHTO | Clasificación de Grupo | Índice de Grupo |
|--------------------------|---|------------------------|-----------------|
| | | A-6 | 7 |
| | Tipo habitual de material significativo | Clayey Soils | |
| | Clasificación general como subrasante | Suelos Arcillosos | |
| | | REGULAR A DEFICIENTE | |

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

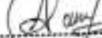
OBSERVACIONES:
BACH. ARDIDY R. CIEZA ROMERO
JEFE DE LABORATORIO

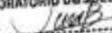
* No se descartaron o encontraron residuos orgánicos en el suelo ensayado

* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN H. HERRERA BARRAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

|  | | INFORME DE ENSAYO | |
|---|---|--|-------------------|
| | | DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO - AGREGADO - NTC 339.217 / MTC 6 108 / ASTM D-2216 | |
| PROYECTO | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | REGISTRO N° | LSP23 - MS - 1017 |
| SOLICITANTE | DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | ENSAYADO POR | JHONATAN H. |
| MATERIAL | NATURAL | ASIST LAB : | ARODY CIEZA |
| CALICATA/MUE C - U / M - 1 | TRATAMIENTO T - 1 | ADICIÓN | 10 % RC |
| LOCALIDAD | JAÉN | FECHA | DICIEMBRE - 2023 |
| DISTRITO | JAÉN | PROVINCIA | JAÉN |
| | | REGION | CAJAMARCA |
| DATOS | | PRUEBA No.1 | PRUEBA No.2 |
| Recipiente No | | P-8 | AB |
| W1 - Masa del recipiente con el espécimen húmedo (g) | | 750.3 | 742.6 |
| W2 - Masa del recipiente con el espécimen seco (g) | | 688.4 | 680.8 |
| Wc - Masa del recipiente (g) | | 120.3 | 119.5 |
| Ww - Masa del agua (g) | | 61.87 | 61.85 |
| Ws - Masa de las partículas sólidas (seco) (g) | | 568.13 | 561.25 |
| W - Contenido de humedad (Ww / Ws)x100 (%) | | 10.89 | 11.02 |
| PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 10.95 | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| * No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado. | | | |
| * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC. | | | |
| DIRECCION CALLE LA COLINA NRO. 351 MONTEGRANDE - A Y CORA NORO SUL DIVINO CAJAMARCA - JAEN - JAEN | | CEL. 98277941 - 97527491 - 91299320 | |


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 BACH. ARODI R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CP: 312615

| | | | |
|--|---|-------------------|--|
|  <small>LABORATORIO DE INVESTIGACIONES</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | SEPARADORES | LSP24 - M5 - 1017 | |

TRATAMIENTO 02

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CORA
 MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL-969577841 - 975421091 - 912493920

PROYECTO : INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 REGISTRO N° : LSP23 - MS - 1017

SOLICITANTE : DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERDADO, LUIS FERNANDO ENSAYADO POR : JHONATAN H.

MATERIAL : NATURAL ASIST LAB : : ARDOLY CIEZA

CALICATAMUESTRA : C - I/M - 1 TRATAMIENTO : T - 2 ADICIÓN : 20 % RC

LOCALIDAD : JAÉN FECHA : DICIEMBRE - 2023

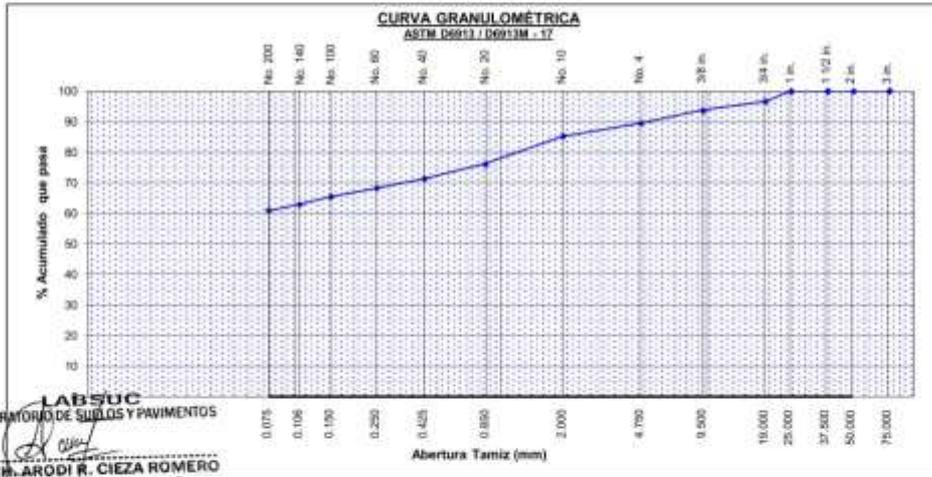
DISTRITO : JAÉN PROVINCIA : JAÉN REGIÓN : CAJAMARCA

| Tamiz (Malla) | Abertura (mm) | Masa retenida (g) | Masa retenida (%) | Acumulado Retenido (%) | Acumulado Pasante (%) |
|---------------|---------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|
| 3 in. | 76.20 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 2 in. | 50.80 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1.12 in. | 36.10 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1 in. | 25.40 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/4 in. | 19.00 | 23 | 3.3 | 3.3 | 97 |
| 3/8 in. | 9.50 | 22 | 3.0 | 6.3 | 94 |
| No. 4 | 4.75 | 30 | 4.3 | 10.6 | 89 |
| No. 10 | 2.00 | 30 | 4.2 | 14.7 | 85 |
| No. 20 | 0.840 | 66 | 9.2 | 24.0 | 76 |
| No. 40 | 0.425 | 33 | 4.6 | 28.6 | 71 |
| No. 60 | 0.250 | 22 | 3.1 | 31.7 | 68 |
| No. 100 | 0.150 | 21 | 2.9 | 34.6 | 65 |
| No. 140 | 0.106 | 18 | 2.5 | 37.1 | 63 |
| No. 200 | 0.075 | 14 | 1.9 | 39.1 | 61 |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|---------------------|
| I. Clasificación visual | : ML - Limo arenoso |
| E. Tamaño máximo de la partícula | : 1 in. |

| CONDICIONES DEL ENSAYO | |
|------------------------|----------|
| I. Método de ensayo | : A |
| E. Tipo de tamizado | : Simple |
| II. Tamiz separador | : No. 4 |

| | |
|--|-------|
| Masa inicial de la muestra seca (g) | : 710 |
| 1 ^{ra} sep. - Fracción ret. limpia y seca (g) | : --- |
| Masa de la fracción fina seca (g) | : --- |
| % Tamiz separador +2 % (1 ^{ra} sep.) | : --- |



LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
BACH. ARDOLY R. CIEZA ROMERO
JEFE DE LABORATORIO

OBSERVACIONES:
* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

| | | | | | |
|-----------------|---|-------------|--------------|-------------------|-----------|
| PROYECTO | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | | REGISTRO N° | LSP23 - MS - 1017 | |
| SOLICITANTE | DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | | ENSAYADO POR | JHONATAN H. | |
| MATERIAL | NATURAL | | ASIST LAB | ARODY CIEZA | |
| CAUCATA/MUESTRA | C - 1/M - 1 | TRATAMIENTO | T - 2 | ADICIÓN | 20 % RC |
| LOCALIDAD | JAÉN | | FECHA | DICIEMBRE - 2023 | |
| DISTRITO | JAÉN | PROVINCIA | JAÉN | REGION | CAJAMARCA |

| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|--|-------|-------|-------|
| Prueba N° | 1 | 2 | 3 |
| N° de golpes | 35 | 21 | 11 |
| Masa del Recipiente (g) | 19.11 | 19.28 | 19.11 |
| Masa del Recipiente + Suelo Húmedo (g) | 42.97 | 41.54 | 42.97 |
| Masa del Recipiente + Suelo Seco (g) | 37.85 | 36.40 | 37.32 |
| Masa del Agua (g) | 5.12 | 5.14 | 5.65 |
| Masa del Suelo Seco (g) | 18.74 | 17.14 | 18.21 |
| Contenido de Humedad (%) | 27.32 | 29.99 | 31.03 |

| CONDICIONES DEL ENSAYO | |
|---------------------------------------|---------------|
| I. Método de ensayo de Límite Líquido | A. Multipunto |
| II. Preparación de muestra | Húmedo |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA | |
|-------------------------------|---------|
| Condición de la muestra | Ahorada |
| Tamaño Máx. de partícula | 1 in. |

| LÍMITE PLÁSTICO | | |
|--|-------|-------|
| Prueba N° | 1 | 2 |
| Masa del Recipiente (g) | 19.10 | 27.93 |
| Masa del Recipiente + Suelo Húmedo (g) | 26.38 | 35.23 |
| Masa del Recipiente + Suelo Seco (g) | 25.25 | 33.98 |
| Masa del Agua (g) | 1.13 | 1.25 |
| Masa del Suelo Seco (g) | 6.15 | 6.05 |
| Contenido de Humedad (%) | 18.37 | 20.66 |



RESULTADOS:

| Límite Líquido | Límite Plástico | Índice de Plasticidad |
|----------------|-----------------|-----------------------|
| 29 | 20 | 9 |

OBSERVACIONES:

- * No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC

ING. JHONATAN HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

BACH. ARODY R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO

DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DE LA
CLASIFICACIÓN DE SUELOS - SUCS (ASTM D2487 - 17e1)
CLASIFICACIÓN DE SUELOS - AASHTO (ASTM D3282 - 18)

PROYECTO : INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO:
RÍO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 REGISTRO N° : LSP23 - MS - 1017

SOLICITANTE : DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO ENSAYADO POR : JHONATAN H.

MATERIAL : NATURAL ASIST LAB : : ARDIDY CIEZA

CALICATA MUESTRA : C - 1/1 M - 1 TRATAMIENTO : T - 2 ADICIÓN : 20 % RC

LOCALIDAD : JAÉN FECHA : DICIEMBRE - 2023

DISTRITO : JAÉN PROVINCIA : JAÉN REGION : CAJAMARCA

| GRANULOMETRÍA: ASTM D6913/613M-17 | | |
|-----------------------------------|-------|----------------------|
| Tamiz | | % Acumulado que Pasa |
| Alternativo | mm | |
| 3 in. | 76.20 | 100 |
| 2 in. | 50.80 | 100 |
| 1 1/2 in. | 38.10 | 100 |
| 1 in. | 25.40 | 100 |
| 3/4 in. | 19.00 | 97 |
| 3/8 in. | 9.50 | 94 |
| No. 4 | 4.75 | 89 |
| No. 10 | 2.00 | 85 |
| No. 20 | 0.840 | 76 |
| No. 40 | 0.425 | 71 |
| No. 60 | 0.250 | 68 |
| No. 80 | 0.177 | 65 |
| No. 100 | 0.150 | 63 |
| No. 200 | 0.075 | 61 |

| HUMEDAD DEL SUELO: ASTM D2216-19 | |
|----------------------------------|------|
| Porcentaje de Humedad (%) | 9.96 |

| | | | | | |
|--------------------------------|------|----------------------------------|------|---------------------------|------|
| D ₁₀ (0,01 mm) | 0,00 | D ₃₀ (0,01 mm) | 0,09 | D ₆₀ (0,01 mm) | 0,00 |
| Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- | Retenido en tamiz 3 in | - |

| DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA | | |
|-----------------------------|----|--------------------|
| % Grava | 11 | % Grava Gruesa : 3 |
| | | % Grava Fina : 8 |
| | | % Arena Gruesa : 4 |
| % Arena | 28 | % Arena Medía : 14 |
| | | % Arena fina : 10 |
| % Finos | 61 | - |

| LÍMITES DE ATTERBERG: ASTM D4318-17 | |
|-------------------------------------|----|
| Límite Líquido (LL) - % | 29 |
| Límite Plástico (LP) - % | 20 |
| Índice Plástico (IP) - % | 9 |

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS: | Símbolo de Grupo |
|--------------------------|--|
| SUCS | CL |
| Nombre de Grupo | Arcilla arenosa de baja plasticidad |

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS: | Clasificación de Grupo | Índice de Grupo |
|---|------------------------|-----------------|
| AASHTO | A-4 | 3 |
| Tipo habitual de material significativo | Silty Soils | |
| Clasificación general como subrasante | Suelos Limosos | |
| | REGULAR A DEFICIENTE | |

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

BACH. ARDIDY R. CIEZA ROMERO
JEFE DE LABORATORIO

OBSERVACIONES:

* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado

* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN H. HERRERA BARRAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

| LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | | INFORME DE ENSAYO | | | |
|--|---|--|----------------------------------|--------------|-------------------|
| | | DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO - AGREGADO - NTC 339.217 / MTC E 108 / ASTM D-2216 | | | |
| PROYECTO | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | | | REGISTRO N° | LSP23 - MS - 1017 |
| SOLICITANTE | DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | | | ENSAYADO POR | JHONATAN H. |
| MATERIAL | NATURAL | | | ASIST LAB : | ARODY CIEZA |
| CALICATA/MUE C - 1/ M - 1 | TRATAMIENTO | | T - 2 | ADICIÓN | 20 % RC |
| LOCALIDAD | JAÉN | | | FECHA | DICIEMBRE - 2023 |
| DISTRITO | JAÉN | PROVINCIA | JAÉN | REGION | CAJAMARCA |
| DATOS | | PRUEBA No.1 | | PRUEBA No.2 | |
| Recipiente No | | 12 | | 45 | |
| W1 - Masa del recipiente con el espécimen húmedo (g) | | 923.6 | | 931.7 | |
| W2 - Masa del recipiente con el espécimen seco (g) | | 850.0 | | 858.0 | |
| Wc - Masa del recipiente (g) | | 112.3 | | 116.8 | |
| Ww - Masa del agua (g) | | 73.56 | | 73.70 | |
| Ws - Masa de las partículas solidas (seco) (g) | | 737.74 | | 741.20 | |
| W - Contenido de humedad (Ww / Ws)x100 (%) | | 9.97 | | 9.94 | |
| PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 9.96 | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | |
| * No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado. | | | | | |
| * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC | | | | | |
| DIRECCION CALLE LA COLINA NRO 301 MONTEGRANDE - 4 T CERCA RICO SOL DRYNO CAJAMARCA - JAEN - JAEN | | | CEL. 9807041 - 9740091 - 9800009 | | |

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
BACH. ARODY R. CIEZA ROMERO
JEFE DE LABORATORIO

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN H. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

| | | | |
|--|---|-------------------|--|
|  <small>LABORATORIO DE INVESTIGACIONES</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | SEPARADORES | LSP24 - M5 - 1017 | |

TRATAMIENTO 03

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CORA
 MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL-969577841 - 975421091 - 912493920

PROYECTO : INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 REGISTRO N° : LSP23 - MS - 1017

SOLICITANTE : DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERDADO, LUIS FERNANDO ENSAYADO POR : JHONATAN H.

MATERIAL : NATURAL ASIST LAB : : ARDGY CIEZA

CALICATAMUESTRA : C - I/M - 1 TRATAMIENTO : T - 3 ADICIÓN : 40 % RC

LOCALIDAD : JAÉN FECHA : DICIEMBRE - 2023

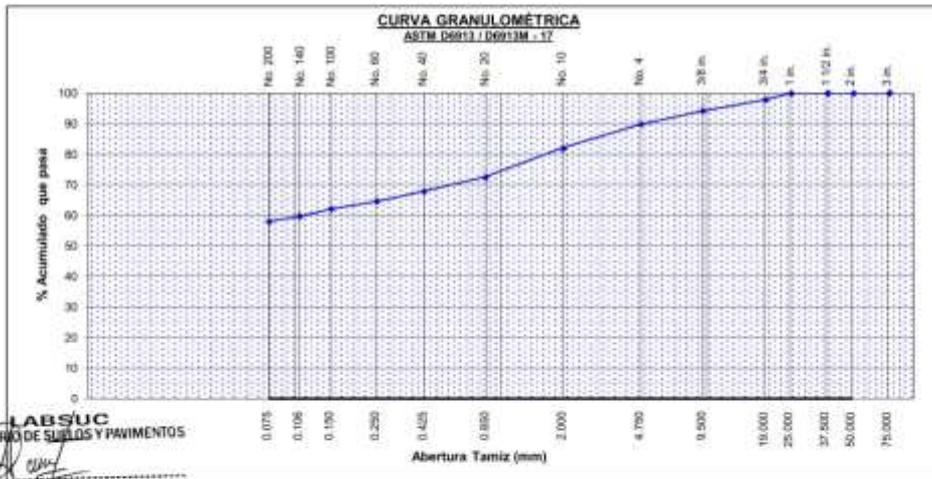
DISTRITO : JAÉN PROVINCIA : JAÉN REGIÓN : CAJAMARCA

| Tamiz (Malla) | Abertura (mm) | Masa retenida (g) | Masa retenida (%) | Acumulado Retenido (%) | Acumulado Pasante (%) |
|---------------|---------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|
| 3 in. | 76.20 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 2 in. | 50.80 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1.12 in. | 36.10 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1 in. | 25.40 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/4 in. | 19.00 | 17 | 2.1 | 2.1 | 98 |
| 3/8 in. | 9.50 | 30 | 3.8 | 5.9 | 94 |
| No. 4 | 4.75 | 34 | 4.2 | 10.1 | 90 |
| No. 10 | 2.00 | 63 | 7.9 | 17.9 | 82 |
| No. 20 | 0.840 | 77 | 9.6 | 27.5 | 72 |
| No. 40 | 0.425 | 37 | 4.7 | 32.2 | 68 |
| No. 60 | 0.250 | 25 | 3.2 | 35.3 | 65 |
| No. 100 | 0.150 | 20 | 2.5 | 37.9 | 62 |
| No. 140 | 0.106 | 20 | 2.5 | 40.3 | 60 |
| No. 200 | 0.075 | 14 | 1.7 | 42.0 | 58 |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA | |
|----------------------------------|---------------------|
| I. Clasificación visual | : ML - Limo arenoso |
| E. Tamaño máximo de la partícula | : 1 in. |

| CONDICIONES DEL ENSAYO | |
|------------------------|----------|
| I. Método de ensayo | : A |
| E. Tipo de tamizado | : Simple |
| II. Tamiz separador | : No. 4 |

| | |
|--|-------|
| Masa inicial de la muestra seca (g) | : 800 |
| 1 ^{ra} sep. - Fracción ret. limpia y seca (g) | : --- |
| Masa de la fracción fina seca (g) | : --- |
| % Tamiz separador +2 % (1 ^{ra} sep.) | : --- |



LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
BACH. ARDGY R. CIEZA ROMERO
JEFE DE LABORATORIO
(OBSERVACIONES)

* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

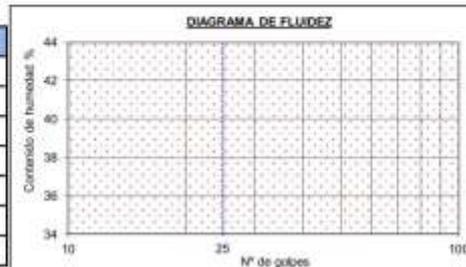
| | | | |
|-------------------------|---|---------------------|---------------------|
| PROYECTO | : INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-BASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | REGISTRO N° | : LSP23 - MS - 1017 |
| SOLICITANTE | : DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | ENSAYADO POR | : JHONATAN H. |
| MATERIAL | : NATURAL | ASIST LAB | : ARODY CIEZA |
| CALICATA/MUESTRA | : C - 1/M - 1 | TRATAMIENTO | : T - 3 |
| LOCALIDAD | : JAÉN | ADICIÓN | : 40 % RC |
| DISTRITO | : JAÉN | PROVINCIA | : JAÉN |
| | | REGION | : CAJAMARCA |

| LÍMITE LÍQUIDO | | | |
|--|-------|-------|-------|
| Prueba N° | 1 | 2 | 3 |
| N° de golpes | 35 | 24 | 12 |
| Masa del Recipiente (g) | 34.96 | 37.12 | 36.21 |
| Masa del Recipiente + Suelo Húmedo (g) | 61.85 | 61.97 | 60.25 |
| Masa del Recipiente + Suelo Seco (g) | 56.52 | 56.82 | 54.94 |
| Masa del Agua (g) | 5.33 | 5.15 | 5.31 |
| Masa del Suelo Seco (g) | 21.56 | 19.70 | 18.73 |
| Contenido de Humedad (%) | 24.72 | 26.14 | 28.35 |

| CONDICIONES DEL ENSAYO | |
|---------------------------------------|----------------|
| I. Método de ensayo de Límite Líquido | : A.M. (punto) |
| II. Preparación de muestra | : Húmedo |

| CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA | |
|-------------------------------|-----------|
| Condición de la muestra | : Atarado |
| Tamaño Máx. de partícula | : 1 R. |

| LÍMITE PLÁSTICO | | |
|--|-------|-------|
| Prueba N° | 1 | 2 |
| Masa del Recipiente (g) | 37.02 | 36.41 |
| Masa del Recipiente + Suelo Húmedo (g) | 44.69 | 44.25 |
| Masa del Recipiente + Suelo Seco (g) | 43.45 | 42.98 |
| Masa del Agua (g) | 1.24 | 1.27 |
| Masa del Suelo Seco (g) | 6.43 | 6.57 |
| Contenido de Humedad (%) | 19.28 | 19.33 |



RESULTADOS:

| Límite Líquido | Límite Plástico | Índice de Plasticidad |
|----------------|-----------------|-----------------------|
| 26 | 19 | 7 |

OBSERVACIONES:

* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado

* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC

DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DE LA
CLASIFICACIÓN DE SUELOS - SUCS (ASTM D2487 - 17e1)
CLASIFICACIÓN DE SUELOS - AASHTO (ASTM D3282 - 18)

PROYECTO : INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-BASANTE DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 REGISTRO N° : LSP23 - MS - 1017

SOLICITANTE : DAVILA TORRES, JOSE SALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO ENSAYADO POR : JHONATAN H.

MATERIAL : NATURAL ASIST LAB : ARODI CIEZA

CALICATA/MUESTRA : C - 1/1M - 1 TRATAMIENTO : T - 3 ADICIÓN : 40 % RC

LOCALIDAD : JAÉN FECHA : DICIEMBRE - 2023

DISTRITO : JAÉN PROVINCIA : JAÉN REGION : CAJAMARCA

| GRANULOMETRÍA: ASTM D6913/D15M-17 | | |
|-----------------------------------|-------|----------------------|
| Tamiz | | % Acumulado que Pasa |
| Alternativo | mm | |
| 3 in. | 76.20 | 100 |
| 2 in. | 50.80 | 100 |
| 1 1/2 in. | 38.10 | 100 |
| 1 in. | 25.40 | 100 |
| 3/4 in. | 19.00 | 98 |
| 3/8 in. | 9.50 | 94 |
| No. 4 | 4.75 | 90 |
| No. 10 | 2.00 | 82 |
| No. 20 | 0.840 | 72 |
| No. 40 | 0.425 | 68 |
| No. 60 | 0.250 | 65 |
| No. 80 | 0.177 | 62 |
| No. 100 | 0.150 | 60 |
| No. 200 | 0.075 | 58 |

| HUMEDAD DEL SUELO: ASTM D2216-19 | |
|----------------------------------|------|
| Porcentaje de Humedad (%) | 7.98 |

| | | | | | |
|--------------------------------|------|----------------------------------|------|---------------------------|------|
| D ₁₀ (0,01 mm) | 0,00 | D ₃₀ (0,01 mm) | 0,15 | D ₆₀ (0,01 mm) | 0,00 |
| Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- | Retenido en tamiz 3 in | - |

| DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA | | |
|-----------------------------|----|--------------------|
| % Grava | 10 | % Grava Gruesa : 2 |
| | | % Grava Fina : 8 |
| % Arena | 32 | % Arena Gruesa : 8 |
| | | % Arena Medía : 14 |
| | | % Arena fina : 10 |
| % Finos | 58 | - |

| LÍMITES DE ATTERBERG: ASTM D4318-17 | |
|-------------------------------------|----|
| Límite Líquido (LL) - % | 26 |
| Límite Plástico (LP) - % | 19 |
| Índice Plástico (IP) - % | 7 |

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS: | Símbolo de Grupo |
|--------------------------|-------------------------------|
| SUCS | CL - ML |
| Nombre de Grupo | #ND |
| | Arcilla limo - arenosa |

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS: | Clasificación de Grupo | Índice de Grupo |
|---|------------------------|-----------------|
| AASHTO | A-4 | 2 |
| Tipo habitual de material significativo | Silty Soils | |
| Clasificación general como subrasante | Suelos Limosos | |
| | REGULAR A DEFICIENTE | |

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
[Firma]
BACH. ARODI R. CIEZA ROMERO
JEFE DE LABORATORIO

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
[Firma]
ING. JHONATAN J. HERRERA BARRAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

OBSERVACIONES:

* No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado

* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC

|  | | INFORME DE ENSAYO | |
|--|--|--|-------------------|
| | | DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO - AGREGADO - NTC 339.217 / MTC E 108 / ASTM D-2216 | |
| PROYECTO | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAWUYJAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | REGISTRO N° | LSP23 - MS - 1017 |
| SOLICITANTE | DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | ENSAYADO POR | JHONATAN H. |
| MATERIAL | NATURAL | ASIST LAB : | ARODY CIEZA |
| CALICATA/MUE C - 1/ M - 1 | TRATAMIENTO T - 3 | ADICIÓN | 40 % RC |
| LOCALIDAD | JAÉN | FECHA | DICIEMBRE - 2023 |
| DISTRITO | JAÉN | PROVINCIA | JAÉN |
| | | REGION | CAJAMARCA |
| DATOS | | PRUEBA No.1 | PRUEBA No.2 |
| Recipiente No | | 25 | 333 |
| W1 - Masa del recipiente con el espécimen húmedo (g) | | 826.0 | 830.5 |
| W2 - Masa del recipiente con el espécimen seco (g) | | 775.3 | 776.5 |
| Wc - Masa del recipiente (g) | | 118.5 | 121.3 |
| Ww - Masa del agua (g) | | 50.74 | 54.01 |
| Ws - Masa de las partículas sólidas (seco) (g) | | 656.76 | 655.19 |
| W - Contenido de humedad (Ww / Ws)x100 (%) | | 7.73 | 8.24 |
| PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | 7.98 | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| * No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensayado | | | |
| * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de LABSUC | | | |
| DIRECCIÓN CALLE LA COLINA NRO. 361 (MONTEGRANDE - 4) / CORA WOOD SOL DIVINO CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN | | CEL: 98777841 - 97424091 - 31049589 | |


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 BACH. ARODI R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 512615

| | | |
|--|---|--|
|  <small>LABORATORIO DE SUSTRATOS</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | ANEXOS | |

ANEXO II

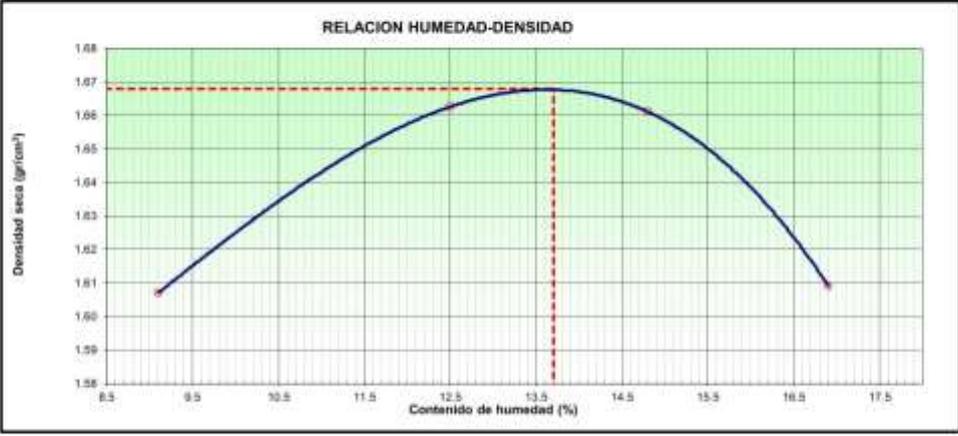
ENSAYOS DE LABORATORIO ESPECIALES

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CORA
MCOO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL-969577841 - 975421091 - 912493920

| | | | |
|--|---|-------------------|--|
|  <small>LABORATORIO DE INVESTIGACIONES</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | SEPARADORES | LSP24 - M5 - 1017 | |

PATRON = T - 0

| | | | | | | |
|--|---|----------|-------------------------------|--|--------------|--------------------|
|  LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E115) | | RUC | 2060454231 | | |
| | | | REG. INDECOPI | 00116277 | | |
| | | | FECHA | COLINA 381-JAEN-CAJAMARCA | | |
| | | | PAGINA | 1 de 1 | | |
| PROYECTO: | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | | | | | |
| UBICACIÓN: | DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA | | | | | |
| SOLICITANTE: | DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | | N° CODIGO: | LSP23 - MS - 1017 | | |
| MATERIAL: | SUELO NATURAL | | FECHA: | DICIEMBRE 2023 | | |
| CALICATA | C - 1 | | | | | |
| METODO DE COMPACTACION: | A | | Peso de Martillo (gr): | 4545 | | |
| | Alt. Mold.(cm): | 11.50 | Diam. Mold. (cm): | 10.11 | | |
| | Peso del Molde (gr): | 4183 | Vol. Mold. (cm3): | 930.82 | | |
| DESCRIPCION | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | OBSERVACION |
| Peso suelo + molde | gr | 5815 | 5924 | 5958 | 5934 | |
| Peso neto del suelo húmedo | gr | 1632 | 1741 | 1775 | 1751 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr/cm3 | 1.753 | 1.870 | 1.907 | 1.881 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 130.50 | 131.40 | 128.60 | 132.40 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 119.62 | 116.80 | 112.02 | 113.26 | |
| Peso de agua | gr | 10.9 | 14.6 | 16.6 | 19.1 | |
| Peso del suelo seco | gr | 119.6 | 116.8 | 112.0 | 113.3 | |
| Contenido de Humedad | % | 9.10 | 12.50 | 14.80 | 16.90 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.61 | 1.66 | 1.66 | 1.61 | |
| | | | | Máxima Densidad Seca (gr/cm³): | 1.668 | |
| | | | | Óptimo Contenido de Humedad (%): | 13.70 | |
| RELACION HUMEDAD-DENSIDAD | | | | | | |
|  | | | | | | |
| OBSERVACIONES : | | | | | | |
| <small>IMPRESION DALLE LA COLINA 381-381 (CENTRO) JAEN - CAJAMARCA</small> | | | | | | |


LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 BACH. ARODI R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO


LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ING. JONATHAN HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

| | | |
|---|---|--|
|  | CBR DE LOS SUELOS (MTC E132) | NÚM. REG. INDECOPI: 2009000221 REG. INDECOPI: 00014077 FECHA: 02/08/2023 PÁGINA: 2 de 2 |
| | | PROYECTO: REPÚBLICA DE PERÚ: OBRAS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-ESTACIÓN DE PAVIMENTO MIXTO DE LA AVENIDA SALSAPURUVAN - JUNÍN - CUMAMARCA 2023 UBICACIÓN: DISTRITO: JAMA, PROVINCIA: JAMA, REGIÓN: CUMAMARCA SOLICITANTE: DR. CELIA TERRELL, ESTE SALVARI Y GUERRERO CERDAS, LUIS FERNANDO N° CONTRATO: L0723 - AM - 1071 FECHA: DICIEMBRE 2023 MATERIAL: SUELO NATURAL CALICATA: C-3 FUENTE: NF-3 PROGRAMA: 0.29 - 1.02 CLASIF. (NICKY): 01 CLASIF. (AMBITO): A - 6.111 |

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | COMPACTACIÓN | | | | TRAYECTORIA | | | |
|---------------------------|--------|--------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| | | 4 | | 5 | | 4 | | 5 | |
| | | 11 | 21 | 11 | 21 | 11 | 21 | 11 | 21 |
| WATER BUCKETS | Nº | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| Nº Cans | Nº | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Wetness + Cap | Nº | 11 | 21 | 11 | 21 | 11 | 21 | 11 | 21 |
| Condition de Muestra | | NE ESTOMADO | SALEADO | NE ESTOMADO | SALEADO | NE ESTOMADO | SALEADO | NE ESTOMADO | SALEADO |
| Nº Muestra + Método | 001 | 1100.2 | 1100.2 | 1100.2 | 1100.2 | 1100.2 | 1100.2 | 1100.2 | 1100.2 |
| Peso Muestra (g) | 001 | 3881.2 | 3881.2 | 3078.2 | 3078.2 | 3048.2 | 3048.2 | 3048.2 | 3048.2 |
| Peso Humedad | 001 | 3885.2 | 4047.0 | 3069.1 | 3069.1 | 3022.8 | 3022.8 | 3022.8 | 3022.8 |
| Porcentaje de Humedad | 001 | 2010.88 | 2218.86 | 2219.18 | 2219.18 | 2218.13 | 2218.13 | 2218.13 | 2218.13 |
| Capacidad Humedad | 001 | 1.748 | 1.884 | 1.788 | 1.788 | 1.832 | 1.832 | 1.878 | 1.901 |
| CONTENIDO DE AGUAS | | | | | | | | | |
| F. Humedad = 10% | 001 | 135.58 | 138.79 | 132.20 | 135.80 | 142.28 | 142.20 | 136.79 | 137.00 |
| Peso Suelo = 10% | 001 | 120.24 | 126.42 | 114.50 | 123.80 | 128.19 | 128.14 | 125.64 | 127.06 |
| Peso Agua | 001 | 13.35 | 13.32 | 19.69 | 12.00 | 14.09 | 14.06 | 13.16 | 12.94 |
| Peso Tara | 001 | 25.48 | 26.40 | 27.30 | 25.80 | 25.50 | 28.10 | 26.38 | 27.90 |
| Nº Muestra + Método | 001 | 87.84 | 88.03 | 88.03 | 87.25 | 89.18 | 84.10 | 86.64 | 84.14 |
| Coeficiente de Variación | % | 13.30% | 14.40% | 13.80% | 13.37% | 15.47% | 18.80% | 15.34% | 13.30% |
| Cantidad de Pruebas | | 12.80% | 12.80% | 12.80% | 12.80% | 12.80% | 12.80% | 12.80% | 12.80% |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | 1.837 | 1.845 | 1.888 | 1.888 | 1.881 | 1.888 | 1.858 | 1.881 |

| TIPO DE | CANTIDAD | MUESTRA DE SUELO (Nº) | | | | MUESTRA DE SUELO (Nº) | | | | MUESTRA DE SUELO (Nº) | | | |
|---------|----------|-----------------------|--------|-------|--------|-----------------------|--------|-------|--------|-----------------------|--------|-------|--------|
| | | 11 | 21 | 11 | 21 | 11 | 21 | 11 | 21 | 11 | 21 | | |
| 1 | 2 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 |
| 2 | 2 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 |
| 3 | 2 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 |
| 4 | 2 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 |

| TIPO DE | CANTIDAD | MUESTRA DE SUELO (Nº) | | | | MUESTRA DE SUELO (Nº) | | | | MUESTRA DE SUELO (Nº) | | | |
|---------|----------|-----------------------|--------|-------|--------|-----------------------|--------|-------|--------|-----------------------|--------|-------|--------|
| | | 11 | 21 | 11 | 21 | 11 | 21 | 11 | 21 | 11 | 21 | | |
| 1 | 2 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 |
| 2 | 2 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 |
| 3 | 2 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 |
| 4 | 2 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 | 8.880 | 10.000 |

OBSERVACIONES:

PROYECTO: CALLE LA COLONIA DEL MONTAÑÓN - 4ª ETAPA MIXTO DEL DISTRITO CUMAMARCA - JUNÍN - 2023


LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 BACH. ARODI R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO


LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ING. JONATAN J. HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

| | | |
|---|--|--|
|  | CBR DE LOS SUELOS (MTC E132) | N°: 200000021 REG. INDECOPI: 202100177 FECHA: 2021/08/04/05-06/06/07 PAGINA: 2 de 2 |
| | | PROYECTO: INFLUENCIA DE REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-ASAPTE DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA SACAY LUMBA - JEN - CANTAMARCA 2021 UBICACIÓN: DISTRITO: JEN, PROVINCIA: JEN, REGIÓN: CUSAMARCA SOLICITANTE: DARULA TORRES, JOSÉ SALVAM Y BARBERO CORDO, LUIS FERNANDO |
| MATERIAL: SUELO NATURAL MUESTRA: M-1 CLASIF. (USACO): II | N° CODIGO: L0118 - M3 - 1017 FECHA: DICIEMBRE 2021 CALICATA: C-1 PROFUND: 0.30 - 1.00 CLASIF. (ASAPTE): A-4 (11) | |

EC = 12 GOLPES MOLDE 01



EC = 25 GOLPES MOLDE 02



EC = 56 GOLPES MOLDE 03



CURVA DENSIDAD - C.B.R.



| VALOR | TESTADO | PRUEBA DE LABOR | PRUEBA DE LABOR | VALOR | PRUEBA DE LABOR |
|-------|---------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|
| N° | VALOR | VALOR | VALOR | N° | VALOR |
| 1 | 0.7 | 20.1 | 1.00 | 1 | 1.35 |
| 2 | 0.7 | 41.05 | 1.00 | 2 | 1.35 |
| 3 | 0.7 | 26.1 | 1.00 | 3 | 1.35 |

| VALORES DEL DISEÑO DE PROYECTO MODIFICADO | | VALOR C.B.R. | |
|---|-------|--|-------|
| ESFUERZO ÚNICA MÁXIMA (kg/cm²) | 1.000 | C.B.R. Para el 95 % de la M.D.S. (0.7) | 1.70% |
| CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) | 63.70 | | |
| PROCESO DE MUESTREO | | 90 DATOS | |

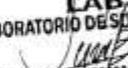
OBSERVACIONES :

DIRECCION: CALLE LA COLONIA N° 301, DEPTO. JEN. JEN - CUSAMARCA
 TEL: 94577341 - 94577341 - 94577343

TEL: 94577341 - 94577341 - 94577343

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 BACH. ARODI R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 ING. JONATHAN J. HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

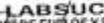
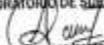
| | | | |
|---|---|-------------------|--|
|  <small>LABORATORIO DE SUBSTRATOS</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | SEPARADORES | LSP24 - M5 - 1017 | |

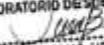
TRATAMIENTO 01

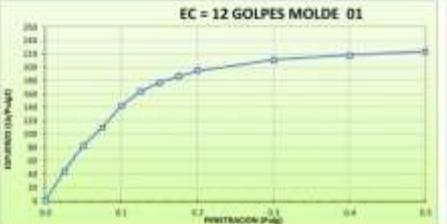
DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CORA
 MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL-968577841 - 975421081 - 912483820

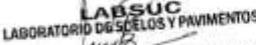
| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------------------|--------------------|
|  LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E115) | | | RUC | 2060454231 | |
| | | | | REG. INDECOPI | 00116277 | |
| | | | | FECHA | COLINA 381-JAEN-CAJAMARCA | |
| | | | | PAGINA | 1 de 1 | |
| PROYECTO: | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | | | | | |
| UBICACIÓN: | DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA | | | | | |
| SOLICITANTE: | DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | | | N° CODIGO: | LSP24 - MS - 1017 | |
| | | | | FECHA: | Ene-24 | |
| CALICATA/ MUESTRA TRATAMIENTO: | C - 1 / M - 1 T - 1 | ADICIÓN | | | 10 % RC | |
| METODO DE COMPACTACION: | A | | Peso de Martillo (gr): 4545 | | | |
| | Alt. Mold.(cm): 11.60 | Diam. Mold. (cm): 10.11 | Vol. Mold. (cm ³): 930.82 | | | |
| Peso del Molde (gr): | 4183 | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | OBSERVACION |
| Peso suelo + molde | gr | 5856 | 5971 | 6021 | 5949 | |
| Peso neto del suelo húmedo | gr | 1673 | 1788 | 1838 | 1766 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr/cm ³ | 1.797 | 1.921 | 1.975 | 1.897 | |
| Peso del suelo húmedo + tara | gr | 112.30 | 108.60 | 110.30 | 110.90 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 104.25 | 98.09 | 97.32 | 95.09 | |
| Peso de agua | gr | 8.0 | 10.5 | 13.0 | 15.8 | |
| Peso del suelo seco | gr | 104.3 | 98.1 | 97.3 | 95.1 | |
| Contenido de Humedad | % | 7.72 | 10.71 | 13.33 | 16.62 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.67 | 1.74 | 1.74 | 1.67 | |
| Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) : | | | | | 1.748 | |
| Óptimo Contenido de Humedad (%): | | | | | 12.50 | |
| RELACION HUMEDAD-DENSIDAD | | | | | | |
|  | | | | | | |
| OBSERVACIONES : | | | | | | |
| <small>DIRECCION CALLE LA COLINA 381 DE MONTEPARTE - 4 - CERRA NEBO EL OMBRO CAJAMARCA - JAEN - JAEN</small> | | | | | | |


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 BACH. ARODI R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 ING. JUAN ANTONIO HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

|  | CBR DE LOS SUELOS (MTC E132) | | N° C N° MUESTRA FECHA PAGINA | 200000001 00000007 00/00/00 00:00:00 2 de 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---------------------------------------|--|-------------------|-------------------|---|-----|--------|------|-------|------|---|-----|--------|------|-------|------|---|-----|--------|------|-------|------|---|--|--|--|--|--|----------------|--|-------------------------------|------|---|--------|----------------------------------|-------|--|--|----------------------|--|-------|--|
| | PROYECTO: UBICACIÓN: SOLICITANTE: CALICATA: MUESTRA: | INFLUENCIA DE REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-ASAPTE DE PAVIMENTO REVISO DE LA AVENIDA SACAPAY LUMBA - JEN - CAJAMARCA 2024 DISTRITO DE JEN - PROVINCIA DE JEN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA OFICINA TÉCNICA, JOSÉ SALVADOR Y BARBERO CORDOZO, LUIS HERNANDEZ N° CODIGO: LSP24 - M3 - 0017 FECHA: 09/04 TRATAMIENTO: T 1, 3 ADICIÓN: 3F N° RC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>NÚM. M</th> <th>Penetración (mm)</th> <th>RESISTENCIA (kg/cm²)</th> <th>RESISTENCIA (MPa)</th> <th>C.B.R. (%)</th> <th>GRANULOSIDAD (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.1</td> <td>100.00</td> <td>1.00</td> <td>11.20</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.1</td> <td>100.00</td> <td>1.00</td> <td>11.20</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.1</td> <td>100.00</td> <td>1.00</td> <td>11.20</td> <td>1.00</td> </tr> </tbody> </table> | NÚM. M | Penetración (mm) | RESISTENCIA (kg/cm²) | RESISTENCIA (MPa) | C.B.R. (%) | GRANULOSIDAD (mm) | 1 | 0.1 | 100.00 | 1.00 | 11.20 | 1.00 | 2 | 0.1 | 100.00 | 1.00 | 11.20 | 1.00 | 3 | 0.1 | 100.00 | 1.00 | 11.20 | 1.00 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">VALORES DEL ENSAYO DE PRUEBAS INDIVIDUALES</th> <th colspan="2">VALORES C.B.R.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GRANULOSIDAD SEGUN NORMA (mm)</td> <td>1.00</td> <td>C.B.R. Para el 95 % de la M.D.S. (0.1")</td> <td>11.20%</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (OPIMA) (%)</td> <td>27.50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">PROCESO DE OBTENCIÓN</td> <td colspan="2">SI/NO</td> </tr> </tbody> </table> | | | | VALORES DEL ENSAYO DE PRUEBAS INDIVIDUALES | | VALORES C.B.R. | | GRANULOSIDAD SEGUN NORMA (mm) | 1.00 | C.B.R. Para el 95 % de la M.D.S. (0.1") | 11.20% | CONTENIDO DE HUMEDAD (OPIMA) (%) | 27.50 | | | PROCESO DE OBTENCIÓN | | SI/NO | |
| NÚM. M | Penetración (mm) | RESISTENCIA (kg/cm²) | RESISTENCIA (MPa) | C.B.R. (%) | GRANULOSIDAD (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0.1 | 100.00 | 1.00 | 11.20 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0.1 | 100.00 | 1.00 | 11.20 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0.1 | 100.00 | 1.00 | 11.20 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VALORES DEL ENSAYO DE PRUEBAS INDIVIDUALES | | VALORES C.B.R. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRANULOSIDAD SEGUN NORMA (mm) | 1.00 | C.B.R. Para el 95 % de la M.D.S. (0.1") | 11.20% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (OPIMA) (%) | 27.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROCESO DE OBTENCIÓN | | SI/NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIRECCIÓN CALLE LA COLINA N° 301 BARRIO SAN JUAN DE LOS RIOS CAJAMARCA - JEN - JEN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 BACH. ARDÍ R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

| | | | |
|--|---|-------------------|--|
|  <small>LABORATORIO DE INVESTIGACIONES</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | SEPARADORES | LSP24 - M5 - 1017 | |

TRATAMIENTO 02

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CORA
 MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL-969577841 - 975421091 - 912493920

| | | | | | | |
|--|---|--------------------------------|--|---------------------------|----------|--------------------|
| LABSUC <small>LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</small> | ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E115) | | RUC | 2060454231 | | |
| | | | REG. INDECOPI | 00116277 | | |
| | | | FECHA | COLINA 383-IMDN-CAJAMARCA | | |
| | | | PAGINA | 1 de 1 | | |
| PROYECTO: | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | | | | | |
| UBICACIÓN: | DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA | | | | | |
| SOLICITANTE: | DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | N° CODIGO: | LSP24 - MS - 1017 | | | |
| CALICATA/ MUESTRA: | C - 1 / M - 1 | FECHA: | Ene-24 | | | |
| TRATAMIENTO: | T - 2 | ADICIÓN | 20 % RC | | | |
| METODO DE COMPACTACION: | | A | Peso de Martillo (gr): 4545 | | | |
| Alt. Mold.(cm): 9.98 | | Diam. Mold. (cm): 10.94 | Vol. Mold. (cm³): 937.77 | | | |
| Peso del Molde (gr): 4193 | | | | | | |
| DESCRIPCION | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | OBSERVACION |
| Peso suelo + molde | gr | 6026 | 6122 | 6140 | 6124 | |
| Peso neto del suelo húmedo | gr | 1835 | 1929 | 1947 | 1931 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr/cm ³ | 1.957 | 2.057 | 2.076 | 2.059 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 128.40 | 126.30 | 130.10 | 129.40 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 118.80 | 113.90 | 116.00 | 113.20 | |
| Peso de agua | gr | 9.6 | 12.4 | 14.1 | 16.2 | |
| Peso del suelo seco | gr | 118.8 | 113.9 | 116.0 | 113.2 | |
| Contenido de Humedad | % | 8.08 | 10.89 | 12.16 | 14.31 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.81 | 1.86 | 1.85 | 1.80 | |
| Máxima Densidad Seca (gr/cm³): 1.855 | | | | | | |
| Óptimo Contenido de Humedad (%): 11.40 | | | | | | |
| <p style="text-align: center;">RELACION HUMEDAD-DENSIDAD</p> | | | | | | |
| OBSERVACIONES : | | | | | | |
| <small>SECCION DE LA RELACION DE INVESTIGACION - 41 CERRILLO DEL ZINCO CUAREMA - JAEN - PERU</small> | | | | | | |

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 BACH. ARODI R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

| | | | | | |
|---|--|--|--|---|---|
|  LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | CEN DE SUELOS (LABORATORIO) (NTE 6122) | | | N° DE N° DE DECOR FECHA PAGINA | PROYECTO N° DE DISEÑO LÍNEA DE CARRILLO |
| | PROYECTO: IMPULSION DE RESULTOS DE CONSTRUCCION EN LA SUB-ESTACION DE PAVIMENTO REGIO DE LA AVENIDA SACATZUMAMA - JARÍN - CAJAMARCA 2014 | | | | |
| | UBICACION: DISTRITO DE JARÍN - PROVINCIA DE JARÍN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA | | | | |
| | SOLICITANTE: DIGNA TORRES, KATZ GILVANI Y SERRANO CRISTO, LUIS FERRNANDEZ | | | | N° CODIGO: FECHA: |
| CAJUELA: C - 1 | | | | TRATAMIENTO: 1 - 2 | |
| MUESTRA: M. 1 | | | | ADICION: 20 % AC | |

| EXHIBICION | | EXHIBICION | | | | | |
|-----------------------------|--------|-------------|--------|----------|--------|-------------|--------|
| N° MUESTRA | UNIDAD | L | | S | | U | |
| | | g | % | g | % | g | % |
| N° Capas | Ap | 5 | | 5 | | 5 | |
| N° Capas + Lado | Ap | 5 | | 5 | | 5 | |
| Condicion de Muestra | | NE SATURADO | | SATURADO | | NE SATURADO | |
| P. Acarreo + Mide | g | 1025.9 | 1000.0 | 1025.9 | 1000.0 | 1025.9 | 1000.0 |
| Peso Hielo (g) | g | 855.9 | 83.3 | 855.9 | 83.3 | 855.9 | 83.3 |
| Peso Horno (g) | g | 400.9 | 39.1 | 400.9 | 39.1 | 400.9 | 39.1 |
| Resumen del Muestreo | g | 2130.00 | 208.4 | 2130.00 | 208.4 | 2130.00 | 208.4 |
| Desviación Muestral | g | 1.073 | 0.207 | 1.073 | 0.207 | 1.073 | 0.207 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | |
| P. Humido + Tara | g | 207.00 | 211.30 | 208.00 | 212.00 | 209.00 | 213.00 |
| Peso Tara + Tara | g | 200.00 | 205.00 | 205.00 | 208.00 | 207.00 | 211.00 |
| Peso Agua | g | 20.00 | 20.30 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| Peso Tara | g | 191.00 | 191.00 | 190.00 | 190.00 | 190.00 | 190.00 |
| P. Horno Tara | g | 178.11 | 178.00 | 179.00 | 179.00 | 178.00 | 178.00 |
| Contenido de Humedad | % | 11.00% | 11.00% | 11.00% | 11.00% | 11.00% | 11.00% |
| Cantidad Presente | | 11.00% | 11.00% | 11.00% | 11.00% | 11.00% | 11.00% |
| SENO(θ) (g/g) | | 1.977 | 1.978 | 1.974 | 1.981 | 1.974 | 1.978 |

| EXHIBICION | | | | | | | | | | |
|------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| N° MUESTRA | UNIDAD | L | | | S | | | U | | |
| | | g | % | g | % | g | % | g | % | |
| 0 | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 10 | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 20 | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 30 | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 40 | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |

| EXHIBICION - HETEROGEO | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|--|--|
| HETEROGEO | UNIDAD | MUESTRA M | | | MUESTRA N | | | MUESTRA O | | | MUESTRA P | | |
| | | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % | | |
| 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 0.01 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 0.02 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 0.03 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 0.04 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 0.05 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 0.06 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 0.07 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 0.08 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 0.09 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 0.10 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |

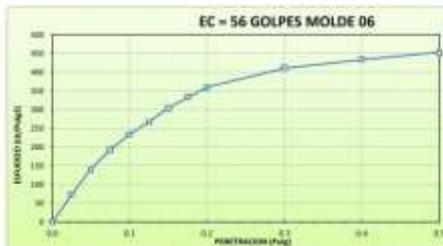
OBSERVACIONES:

DIRECCION: CALLE LA COLONIA N° 21 MONTECARMEL - A 1.5 KM. NOROCCIDENTE DEL DISTRITO DE JARÍN - CAJAMARCA


LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 BACH. AROLDI R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO


LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ING. THOMAS HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

| | | |
|---|---|---|
|  | CBR DE SUELOS (LABORATORIO) (INTE 6332) | NIT: 200904231 NIT: 200904231 FECHA: 02/08/2014 PAGINA: 3 de 3 |
| | | PROYECTO: INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-BASE DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA SACAYAHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2014 UBICACIÓN: DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA SOLICITANTE: SILVIA TORRES, ANE GALVANI Y GIBERRO CHACCO, LUIS PERALTA N° CORREO: 13034 - 041 - 1017 REDDA: Ene 24 TRATAMIENTO: T - 2 ADICIÓN: 30 % KL |
| CALICATA: C - 1 MUESTRA: M - 1 | | |



| MOLDE | IMPULSIONES | RESISTENCIA PENETRACION (kg/cm²) | RESISTENCIA PENETRACION (MPa) | C.B.R. | RESISTENCIA (kg/cm²) |
|-------|-------------|----------------------------------|-------------------------------|--------|----------------------|
| 04 | 12 | 350 | 3.5 | 21.7 | 1.76 |
| 05 | 25 | 350 | 3.5 | 21.7 | 1.76 |
| 06 | 56 | 350 | 3.5 | 21.7 | 1.76 |

| VALORES DEL DISEÑO DE PRODUCTO MODIFICADO | | VALORES C.B.R. | |
|---|-------|---------------------------------------|-------|
| DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) | 1.76 | C.B.R. Para el 95 % de la M.S. (0.17) | 21.8% |
| CONTENIDO DE HÍDRATOS ÓPTIMO (%) | 11.30 | | |

| | |
|------------------------|---------|
| PERIODO DE DURABILIDAD | 90 DÍAS |
|------------------------|---------|

OBSERVACIONES: 1.7625

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 BACH. ARODI R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO

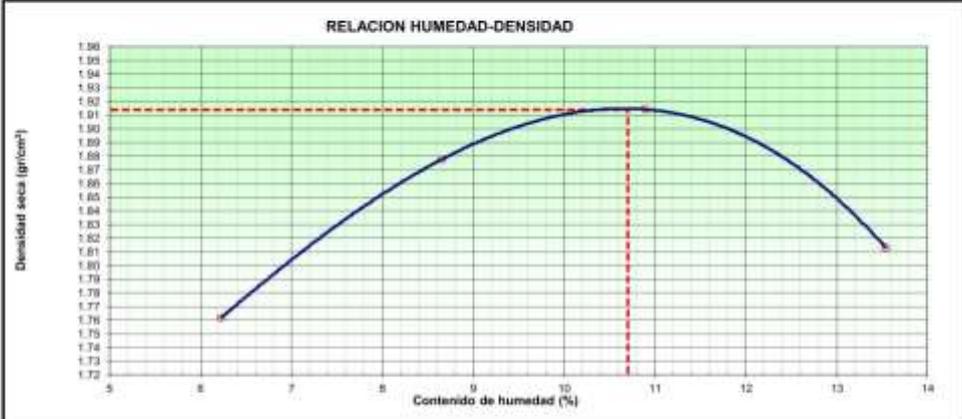
LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ING. JACQUELINE HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

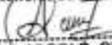
| | | | |
|--|---|-------------------|--|
|  <small>LABORATORIO DE INVESTIGACIONES</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | SEPARADORES | LSP24 - M5 - 1017 | |

TRATAMIENTO 03

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CORA
 MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL-969577841 - 975421091 - 912493920

| | | | | | | |
|---|---|--------|------------------------|---|--------------------------------|-------------|
|  LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E115) | | | RUC | 2090454231 | |
| | | | | REG. INDECOPI | 00116277 | |
| | | | | FECHA | COLINA 383-IAEN-CAJAMARCA | |
| | | | | PAGINA | 1 de 1 | |
| PROYECTO: | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024 | | | | | |
| UBICACIÓN: | DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA | | | | | |
| SOLICITANTE: | DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO | | | N° CODIGO: | LSP24 - MS - 1017 | |
| | | | | FECHA: | Ene-24 | |
| CALICATA/ MUES | C - 1 / M - 1 | | | ADICIÓN | 40 % RC | |
| TRATAMIENTO | 1 - 3 | | | | | |
| METODO DE COMPACTACION: | A | | Peso de Martillo (gr): | | 4545 | |
| | Alt. Mold. (cm): | 11.60 | Diam. Mold. (cm): | 10.11 | Vol. Mold. (cm ³): | |
| | Peso del Molde (gr): | 4183 | | | 930.82 | |
| DESCRIPCION | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | OBSERVACION |
| Peso suelo + molde | gr | 5925 | 6082 | 6159 | 6099 | |
| Peso neto del suelo húmedo | gr | 1742 | 1899 | 1976 | 1916 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr/cm ³ | 1.871 | 2.040 | 2.123 | 2.058 | |
| Peso del suelo húmedo+tara | gr | 130.20 | 131.31 | 128.90 | 132.43 | |
| Peso del suelo seco + tara | gr | 122.57 | 120.85 | 115.88 | 116.64 | |
| Peso de agua | gr | 7.6 | 10.5 | 12.6 | 15.8 | |
| Peso del suelo seco | gr | 122.6 | 120.9 | 115.9 | 116.6 | |
| Contenido de Humedad | % | 6.23 | 8.65 | 10.89 | 13.54 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 1.76 | 1.88 | 1.91 | 1.81 | |
| Máxima Densidad Seca (gr/cm ³): | | | | | 1.914 | |
| Óptimo Contenido de Humedad (%): | | | | | 10.70 | |
| RELACION HUMEDAD-DENSIDAD | | | | | | |
|  | | | | | | |
| OBSERVACIONES : | | | | | | |
| | | | | | | |
| <small>IMPRESION: CALLE LA COLINA 383-381 MONTEGRANDE - 41004 MONTEGRANDE CAJAMARCA - JAEN - PERU</small> | | | | <small>CEL. 980778491 - 97901800 - 91000000</small> | | |


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

BACH. ARODI R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ING. JHONALANI HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

|  | CBR DE LOS SUELOS (MTC E132) | | RUC: 200904221 REG. INDECOPI: 00214077 FECHA: 2020/08/24 PÁGINA: 2 de 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|----------------------|----------------------|----------------------|---|-----|-----|-----|-------|------|---|-----|-------|-----|-------|------|---|--|--|---|--|----------------|--|------------------------------|-------|---|--------|---------------------------------|-------|--|--|
| | PROYECTO: INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-GRANTE DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA SALSAPILAMAY - JAÉN - CAJAMARCA 2019 UBICACIÓN: DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA SOLICITANTE: DÁVILA TORRES, JOSÉ SALVAM Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO N° ORDEN: 10718 / ML - 1817 FECHA: 04-04-24 TRATAMIENTO: T - 5 ADICIÓN: 45 N.R.C. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO: UBICACIÓN: SOLICITANTE: CARGATA: MUESTRA: | INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-GRANTE DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA SALSAPILAMAY - JAÉN - CAJAMARCA 2019 DISTRITO DE JAÉN - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA DÁVILA TORRES, JOSÉ SALVAM Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO E - 1 M - 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>MOJ. n°</th> <th>Penetración (mm)</th> <th>MOJES MOJIDA (DENSIDAD (kg/m³))</th> <th>RESISTENCIA (kg/cm²)</th> <th>C.B.R. (%)</th> <th>MOJES MOJIDA (g/cm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.1</td> <td>194</td> <td>100</td> <td>27.58</td> <td>1.94</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.1</td> <td>207.5</td> <td>100</td> <td>27.58</td> <td>1.91</td> </tr> </tbody> </table> | MOJ. n° | Penetración (mm) | MOJES MOJIDA (DENSIDAD (kg/m³)) | RESISTENCIA (kg/cm²) | C.B.R. (%) | MOJES MOJIDA (g/cm³) | 1 | 0.1 | 194 | 100 | 27.58 | 1.94 | 2 | 0.1 | 207.5 | 100 | 27.58 | 1.91 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">VALORES DEL ENSAYO DE PRUEBA MODIFICADA</th> <th colspan="2">VALORES C.B.R.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³)</td> <td>1.914</td> <td>C.B.R. Para el 95 % de la M.O.S. (A.1)*</td> <td>27.58%</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%)</td> <td>33.70</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | VALORES DEL ENSAYO DE PRUEBA MODIFICADA | | VALORES C.B.R. | | DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) | 1.914 | C.B.R. Para el 95 % de la M.O.S. (A.1)* | 27.58% | CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) | 33.70 | | |
| MOJ. n° | Penetración (mm) | MOJES MOJIDA (DENSIDAD (kg/m³)) | RESISTENCIA (kg/cm²) | C.B.R. (%) | MOJES MOJIDA (g/cm³) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0.1 | 194 | 100 | 27.58 | 1.94 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0.1 | 207.5 | 100 | 27.58 | 1.91 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VALORES DEL ENSAYO DE PRUEBA MODIFICADA | | VALORES C.B.R. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm³) | 1.914 | C.B.R. Para el 95 % de la M.O.S. (A.1)* | 27.58% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%) | 33.70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PRECISO CALLE LA COLONIA DE BONTORONDE - 11 CORAMUSE DEL DISTRITO CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 BACH. ARÓDI R. CIEZA ROMERO
 JEFE DE LABORATORIO

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ING. JONATAN J. HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

| | | |
|--|---|--|
|  <small>LABORATORIO DE INVESTIGACIONES</small> | TESIS: "INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA SUB-RASANTE DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA SACSAYHUAMÁN - JAÉN - CAJAMARCA 2024". | SOLICITANTE - BACH: DÁVILA TORRES, JOSÉ GALVANI Y GUERRERO CERCADO, LUIS FERNANDO |
| | ANEXOS | |

ANEXO III

CERTIFICADOS DE INDECOPI Y CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CORA
MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL-968577841 - 975421081 - 912483820



PERU

Presidencia
del Consejo de Ministros

INDECOPI

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00116277

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 014173-2019/DSD - INDECOPI de fecha 28 de junio de 2019, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo.

Distingue : Estudios de mecánica de suelos, concreto y asfalto

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0796363-2019

Titular : GROUP JHAC S.A.C.

País : Perú

Vigencia : 28 de junio de 2029

Tomo : 0582

Folio : 091

RAY MELONI GARCIA
Director
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ING. JONATHAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-051-2023

Página 1 de 4

| | | |
|--------------------------|--|---|
| 1. Expediente | 0358 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. | |
| 3. Dirección | CAL COLONIA N° 316 - CAJAMARCA - JAEN | Los resultados son validos en el momento de la calibración. 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 reglamento vigente. |
| 4. Instrumento calibrado | BALANZA ELECTRÓNICA | CALIBRATEC 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. |
| Marca | OHAUS | |
| Modelo | NV622Z4 | |
| N° de serie | 8341346598 | |
| Identificación | No indica | |
| Procedencia | China | |
| Capacidad máxima: | 620 g | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| División de escala (d) | 0,01 g | |
| Div. de verificación (e) | 0,1 g | |
| Capacidad minima | 0,2 g | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| Clase de exactitud | III | |
| 5. Fecha de calibración | 2023-05-17 | |

Fecha de Emisión

2023-05-26

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

8. Condiciones ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 29,3 °C | 29,6 °C |
| Humedad relativa | 66 % | 66 % |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|---|----------------------------|
| PESATEC | Juego de pesas de 1 mg a 2 kg de clase M1 | 1492-MPES-C-2022 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 620 g la balanza indicaba 619.74 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud han sido determinados por el fabricante.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 5 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.

Revisión 00

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ ventascalibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

11. Inspección Visual

| | | | |
|------------------|----------|------------|----------|
| Ajuste a cero | Tiene | Escala | No Tiene |
| Oscilación libre | Tiene | Cursor | No Tiene |
| Plataforma | Tiene | Nivelación | Tiene |
| Sistema de traba | No Tiene | | |

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| | Inicial | Final | | Inicial | Final |
|---------------------|------------------|---------|---------------------|------------------|--------|
| Temperatura | 29,5 °C | 29,7 °C | Humedad | 65,0 % | 65,0 % |
| Carga L1 | 300,001 g | | Carga L2 | 600,001 g | |
| I | ΔL | E | I | ΔL | E |
| g | g | g | g | g | g |
| 300,00 | 0,006 | -0,002 | 600,01 | 0,008 | 0,006 |
| 300,00 | 0,006 | -0,002 | 600,01 | 0,007 | 0,007 |
| 300,01 | 0,005 | 0,009 | 600,00 | 0,003 | 0,001 |
| 300,00 | 0,007 | -0,003 | 600,01 | 0,007 | 0,007 |
| 300,00 | 0,007 | -0,003 | 600,01 | 0,008 | 0,006 |
| 300,01 | 0,008 | 0,006 | 600,01 | 0,007 | 0,007 |
| 300,01 | 0,009 | 0,005 | 600,00 | 0,004 | 0,000 |
| 300,01 | 0,008 | 0,006 | 600,01 | 0,007 | 0,007 |
| 300,00 | 0,004 | 0,000 | 600,01 | 0,008 | 0,006 |
| 300,00 | 0,005 | -0,001 | 600,01 | 0,009 | 0,005 |
| Dif Máx. Encontrada | 0,012 | | Dif Máx. Encontrada | 0,007 | |
| EMP | 0,30 | | EMP | 0,30 | |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| | Inicial | Final | | Inicial | Final |
|-------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Temperatura | 29,7 °C | 29,6 °C | Humedad | 63,0 % | 65,0 % |

| Pos. Carga | Determinación del Error en Cero E_0 | | | | Determinación del Error Corregido E_c | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|------|--------------|---------|---|--------|--------------|--------|---------|
| | C. mínima g | I g | ΔL g | E_0 g | Carga L g | I g | ΔL g | E g | E_c g |
| 1 | 0,100 | 0,10 | 0,006 | -0,001 | 200,001 | 200,00 | 0,007 | -0,003 | -0,002 |
| 2 | | 0,10 | 0,008 | -0,003 | | 200,01 | 0,008 | 0,006 | 0,009 |
| 3 | | 0,10 | 0,007 | -0,002 | | 200,01 | 0,005 | 0,009 | 0,011 |
| 4 | | 0,10 | 0,006 | -0,001 | | 200,00 | 0,004 | 0,000 | 0,001 |
| 5 | | 0,10 | 0,005 | 0,000 | | 199,99 | 0,005 | -0,011 | -0,011 |
| Error máximo permitido (\pm) | | | | | | | | | 0,20 |

Revisión 00

LABSUC
LABORATORIO DE SELLOS Y PAVIMENTOS
ING. JUANITA J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

ENSAYO DE PESAJE

| | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Temperatura | Inicial | Final | Humedad | Inicial | Final |
| | 29,6 °C | 29,8 °C | | 65,0 % | 65,0 % |

| Carga L g | Carga creciente | | | | Carga decreciente | | | | EMP g |
|----------------------|-----------------|---------|--------|---------|-------------------|---------|--------|---------|----------|
| | I g | ΔL g | E g | Ec g | I g | ΔL g | E g | Ec g | |
| E _n 0,100 | 0,10 | 0,006 | -0,001 | | | | | | |
| 0,200 | 0,20 | 0,006 | -0,001 | 0,000 | 0,20 | 0,006 | -0,001 | 0,000 | 0,10 |
| 60,000 | 60,00 | 0,004 | 0,001 | 0,002 | 60,00 | 0,005 | 0,000 | 0,001 | 0,20 |
| 120,000 | 120,00 | 0,005 | 0,000 | 0,001 | 120,01 | 0,005 | 0,010 | 0,011 | 0,20 |
| 150,000 | 150,00 | 0,006 | -0,001 | 0,000 | 150,01 | 0,007 | 0,008 | 0,009 | 0,20 |
| 200,001 | 200,00 | 0,006 | -0,002 | -0,001 | 200,01 | 0,006 | 0,008 | 0,009 | 0,20 |
| 250,001 | 250,01 | 0,008 | 0,006 | 0,007 | 250,01 | 0,005 | 0,009 | 0,010 | 0,30 |
| 300,001 | 300,01 | 0,007 | 0,007 | 0,008 | 300,01 | 0,006 | 0,008 | 0,009 | 0,30 |
| 350,001 | 350,00 | 0,004 | 0,000 | 0,001 | 350,01 | 0,007 | 0,007 | 0,008 | 0,30 |
| 400,002 | 400,01 | 0,008 | 0,005 | 0,006 | 400,01 | 0,006 | 0,007 | 0,008 | 0,30 |
| 620,001 | 620,01 | 0,009 | 0,005 | 0,006 | 620,01 | 0,009 | 0,005 | 0,006 | 0,30 |

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza
I: Lectura de indicación de la balanza
E: Error encontrado
EMP: Error máximo permitido

E_n: Error en cero
Ec: Error corregido
ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,000045 \text{ g}^2 + 0,00000000087 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000012 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

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, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

LABSUC
LABORATORIO DE SEÑALES Y PAVIMENTOS
[Firma]
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@calibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-050-2023

Página 1 de 4

| | | |
|--------------------------|--|---|
| 1. Expediente | 0358 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. | |
| 3. Dirección | CAL LA COLONIA N° 316 - CAJAMARCA - JAEN | |
| 4. Instrumento calibrado | BALANZA ELECTRÓNICA | Los resultados son válidos en el momento de la calibración. 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 reglamento vigente. |
| Marca | OHAUS | |
| Modelo | R21PE30 | CALIBRATEC 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. |
| N° de serie | 8640110596 | |
| Identificación | No indica | |
| Procedencia | China | |
| Capacidad máxima: | 30000 g | |
| División de escala (d) | 1 g | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Div. de verificación (e) | 10 g | |
| Capacidad mínima | 200 g | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| Clase de exactitud | III | |
| 5. Fecha de calibración | 2023-05-17 | |

Fecha de Emisión

2023-05-26

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615
Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

8. Condiciones ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 29,3 °C | 29,5 °C |
| Humedad relativa | 67 % | 68 % |

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|---|----------------------------|
| PESATEC | Juego de pesas de 1 mg a 2 kg de clase M1 | 1492-MPES-C-2022 |
| TOTAL WEIGHT | Pesa de 5 kg de clase M2 | CM-4235-2022 |
| TOTAL WEIGHT | Pesa de 10 kg de clase M2 | CM-4188-2022 |
| TOTAL WEIGHT | Pesa de 20 kg de clase M2 | CM-4239-2022 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 30000 g la balanza indicaba 29992 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud han sido determinados por el fabricante.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 5 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a $0,00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.

11. Inspección Visual

| | | | |
|------------------|----------|------------|----------|
| Ajuste a cero | Tiene | Escala | No tiene |
| Oscilación libre | Tiene | Cursor | No tiene |
| Plataforma | Tiene | Nivelación | Tiene |
| Sistema de traba | No tiene | | |

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| | Inicial | Final | | Inicial | Final |
|---------------------|-------------------|---------|---------------------|-------------------|--------|
| Temperatura | 29,5 °C | 29,6 °C | Humedad | 66,0 % | 66,0 % |
| Carga L1 | 15 000,3 g | | Carga L2 | 30 001,2 g | |
| I | ΔL | E | I | ΔL | E |
| g | g | g | g | g | g |
| 15 000 | 0,5 | -0,3 | 30 001 | 0,8 | -0,5 |
| 15 000 | 0,7 | -0,5 | 30 001 | 0,9 | -0,6 |
| 15 000 | 0,6 | -0,4 | 30 000 | 0,3 | -1,0 |
| 15 000 | 0,4 | -0,2 | 30 000 | 0,4 | -1,1 |
| 15 000 | 0,6 | -0,4 | 30 001 | 0,8 | -0,5 |
| 15 000 | 0,7 | -0,5 | 30 000 | 0,3 | -1,0 |
| 15 000 | 0,5 | -0,3 | 30 000 | 0,4 | -1,1 |
| 15 000 | 0,7 | -0,5 | 30 000 | 0,5 | -1,2 |
| 15 000 | 0,3 | -0,1 | 30 000 | 0,4 | -1,1 |
| 15 000 | 0,7 | -0,5 | 30 000 | 0,4 | -1,1 |
| Dif Máx. Encontrada | 0,4 | | Dif Máx. Encontrada | 0,7 | |
| EMP | 20 | | EMP | 30 | |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| | Inicial | Final | | Inicial | Final | | | | |
|------------------------------|--|---------|---------|----------------|--|--------|-----|-----|----------------|
| Temperatura | 29,6 °C | 29,6 °C | Humedad | 66,0 % | 66,0 % | | | | |
| Pos. Carga | Determinación del Error en Cero E ₀ | | | | Determinación del Error Corregido E _c | | | | |
| | C. mínima | I | ΔL | E ₀ | Carga L | I | ΔL | E | E _c |
| | g | g | g | g | g | g | g | g | g |
| 1 | 100,0 | 100 | 0,6 | -0,1 | 10 000,0 | 10 000 | 0,5 | 0,0 | 0,1 |
| 2 | | 100 | 0,5 | 0,0 | | 10 001 | 0,8 | 0,7 | 0,7 |
| 3 | | 100 | 0,6 | -0,1 | | 10 000 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| 4 | | 100 | 0,5 | 0,0 | | 10 000 | 0,4 | 0,1 | 0,1 |
| 5 | | 100 | 0,7 | -0,2 | | 10 000 | 0,4 | 0,1 | 0,3 |
| Error máximo permitido (±) | | | | | | | | | 20 |

Revisión 00

LABSUC
LABORATORIO DE SEÑALES Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

ENSAYO DE PESAJE

| | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | Inicial | Final | | Inicial | Final |
| Temperatura | 29,6 °C | 29,7 °C | Humedad | 67,0 % | 67,0 % |

| Carga L g | Carga creciente | | | | Carga decreciente | | | | EMP g |
|----------------------|-----------------|---------|--------|---------|-------------------|---------|--------|---------|----------|
| | I g | ΔL g | E g | Ec g | I g | ΔL g | E g | Ec g | |
| E ₀ 100,0 | 100 | 0,6 | -0,1 | | | | | | |
| 200,0 | 200 | 0,6 | -0,1 | 0,0 | 200 | 0,7 | -0,2 | -0,1 | 10 |
| 3 000,0 | 3 000 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 3 000 | 0,7 | -0,2 | -0,1 | 10 |
| 6 000,3 | 6 000 | 0,7 | -0,5 | -0,4 | 6 000 | 0,5 | -0,3 | -0,2 | 20 |
| 7 500,3 | 7 500 | 0,6 | -0,4 | -0,3 | 7 500 | 0,4 | -0,2 | -0,1 | 20 |
| 10 000,0 | 10 000 | 0,7 | -0,2 | -0,1 | 10 000 | 0,5 | 0,0 | 0,1 | 20 |
| 12 000,0 | 12 000 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 12 000 | 0,6 | -0,1 | 0,0 | 20 |
| 15 000,3 | 15 000 | 0,5 | -0,3 | -0,2 | 15 000 | 0,7 | -0,5 | -0,4 | 20 |
| 20 001,2 | 20 001 | 0,7 | -0,4 | -0,3 | 20 000 | 0,7 | -1,4 | -1,3 | 20 |
| 25 001,5 | 25 001 | 0,8 | -0,8 | -0,7 | 25 000 | 0,6 | -1,6 | -1,5 | 30 |
| 30 001,2 | 30 001 | 0,8 | -0,5 | -0,4 | 30 001 | 0,8 | -0,5 | -0,4 | 30 |

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza
I: Lectura de indicación de la balanza
E: Error encontrado
EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero
Ec: Error corregido
ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,33 \text{ g}^2 + 0,00000000080 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000022 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

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, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

LABSUC
LABORATORIO DE SOLOS Y PAVIMENTOS
[Firma]
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ ventascalibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-010-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 2

1. Expediente: 358
2. Solicitante: LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
3. Dirección: CALLE LA COLONIA NRO. 316 - CAJAMARCA- JAEN - JAEN
4. Equipo: HORNO - ESTUFA
Marca: ARSON GROUPS
Modelo: HR 701
N° de serie: 202042
Procedencia: PERÚ
Identificación: NO INDICA
Ubicación: LABORATORIO DE MATERIALES

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. 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 reglamento vigente.

CALIBRATEC 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.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

| Descripción | Dispositivo de control | Instrumento de medición |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| Intervalo de indicación | 0 °C a 300 °C | 0 °C a 300 °C |
| Resolución | 1 °C | 1 °C |
| Tipo | Digital | Digital |

5. Fecha de calibración: 2023-05-17

Fecha de Emisión:

2023-05-31

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615
Jefe del Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ ventascalibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-010-2023

Página 2 de 7

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

7. Lugar de calibración

LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

8. Condiciones ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 28,8 °C | 30,3 °C |
| Humedad relativa | 71,0 % | 71,0 % |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| LT-0417-2023 | Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH10) con incertidumbre en el orden de 0,15 °C a 0,16 °C | SAT |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La carga para la medición consistió de muestras con muestras.

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ ventascalibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-010-2023

Página 3 de 7

11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio 29.4 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 3 horas
El controlador se seteo en 110 °C

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

| Tiempo min | Term. del equipo °C | TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C) | | | | | | | | | | T. prom °C | T _{max} - T _{min} °C |
|---------------|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|------------------|---|
| | | NIVEL SUPERIOR | | | | | NIVEL INFERIOR | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 00 | 109 | 106,2 | 107,4 | 107,0 | 108,0 | 107,3 | 112,4 | 112,5 | 112,5 | 112,3 | 112,7 | 109,8 | 6,5 |
| 02 | 110 | 107,0 | 108,1 | 107,7 | 108,7 | 108,1 | 113,3 | 113,3 | 113,3 | 113,0 | 113,4 | 110,6 | 6,4 |
| 04 | 110 | 107,3 | 107,8 | 107,4 | 108,5 | 107,7 | 113,7 | 113,8 | 113,8 | 113,5 | 114,0 | 110,7 | 6,7 |
| 06 | 109 | 106,4 | 107,6 | 107,2 | 108,2 | 107,5 | 112,8 | 112,9 | 113,0 | 112,3 | 113,3 | 110,1 | 6,9 |
| 08 | 109 | 106,0 | 107,2 | 106,7 | 108,0 | 107,0 | 112,6 | 112,8 | 113,0 | 112,5 | 112,8 | 109,9 | 6,9 |
| 10 | 109 | 106,6 | 107,9 | 107,5 | 108,5 | 107,7 | 113,0 | 113,1 | 113,1 | 112,8 | 113,1 | 110,3 | 6,5 |
| 12 | 110 | 107,5 | 108,5 | 108,0 | 108,9 | 108,3 | 114,1 | 114,1 | 114,2 | 113,8 | 114,2 | 111,2 | 6,7 |
| 14 | 110 | 107,7 | 108,7 | 108,2 | 109,3 | 108,6 | 114,6 | 114,2 | 114,2 | 113,9 | 114,2 | 111,4 | 6,8 |
| 16 | 109 | 106,6 | 107,7 | 107,4 | 108,3 | 107,6 | 112,9 | 113,0 | 113,0 | 112,7 | 113,4 | 110,3 | 6,8 |
| 18 | 110 | 106,7 | 107,7 | 107,2 | 108,2 | 107,5 | 113,2 | 113,3 | 113,3 | 113,0 | 113,4 | 110,3 | 6,7 |
| 20 | 110 | 107,3 | 108,3 | 107,7 | 108,3 | 108,1 | 113,6 | 113,7 | 113,7 | 113,5 | 113,7 | 110,8 | 6,4 |
| 22 | 109 | 106,9 | 108,2 | 107,4 | 108,8 | 108,0 | 113,3 | 113,3 | 113,3 | 113,0 | 113,4 | 110,6 | 6,5 |
| 24 | 109 | 106,2 | 107,8 | 107,3 | 107,9 | 107,6 | 112,7 | 112,8 | 113,0 | 112,4 | 112,8 | 110,0 | 6,7 |
| 26 | 109 | 106,4 | 107,5 | 106,9 | 107,8 | 107,4 | 112,6 | 112,7 | 112,9 | 112,5 | 113,0 | 110,0 | 6,6 |
| 28 | 110 | 107,4 | 108,3 | 107,8 | 108,9 | 108,4 | 113,5 | 113,6 | 113,7 | 113,4 | 113,8 | 110,9 | 6,4 |
| 30 | 110 | 107,2 | 108,6 | 108,0 | 109,1 | 108,3 | 113,9 | 114,1 | 114,1 | 113,8 | 114,2 | 111,1 | 6,9 |
| 32 | 110 | 107,5 | 108,8 | 108,3 | 109,4 | 108,6 | 113,6 | 113,8 | 113,7 | 113,4 | 114,0 | 111,1 | 6,5 |
| 34 | 109 | 106,9 | 108,2 | 107,7 | 108,8 | 108,0 | 113,3 | 113,4 | 113,4 | 113,2 | 113,6 | 110,6 | 6,7 |
| 36 | 109 | 106,1 | 107,5 | 107,0 | 108,1 | 107,3 | 112,5 | 112,6 | 112,7 | 112,3 | 112,6 | 109,9 | 6,5 |
| 38 | 110 | 107,2 | 107,0 | 106,6 | 107,5 | 107,0 | 113,1 | 113,3 | 113,3 | 113,0 | 113,1 | 110,1 | 6,8 |
| 40 | 109 | 106,9 | 107,5 | 107,0 | 108,2 | 107,4 | 113,4 | 113,6 | 113,6 | 113,3 | 113,6 | 110,4 | 6,7 |
| 42 | 109 | 106,2 | 107,4 | 106,8 | 108,0 | 107,2 | 112,6 | 112,7 | 112,9 | 112,6 | 112,9 | 109,9 | 6,7 |
| 44 | 110 | 107,3 | 108,5 | 107,9 | 109,1 | 108,3 | 113,4 | 113,5 | 113,4 | 113,1 | 113,4 | 110,8 | 6,1 |
| 46 | 110 | 106,9 | 108,2 | 107,7 | 108,9 | 108,1 | 113,1 | 113,2 | 113,2 | 112,9 | 113,3 | 110,5 | 6,4 |
| 48 | 110 | 107,1 | 108,4 | 107,9 | 109,0 | 108,2 | 113,3 | 113,4 | 113,4 | 113,1 | 113,4 | 110,7 | 6,3 |
| 50 | 109 | 106,8 | 108,0 | 107,5 | 108,6 | 107,8 | 113,0 | 113,1 | 113,1 | 112,8 | 113,2 | 110,4 | 6,4 |
| 52 | 109 | 106,0 | 107,3 | 106,8 | 107,9 | 107,1 | 112,3 | 112,5 | 112,7 | 112,4 | 112,6 | 109,8 | 6,6 |
| 54 | 111 | 107,7 | 108,0 | 107,5 | 108,7 | 107,6 | 113,7 | 113,8 | 113,8 | 113,5 | 114,0 | 110,8 | 6,5 |
| 56 | 110 | 107,6 | 108,5 | 108,0 | 109,1 | 107,5 | 113,6 | 113,9 | 114,0 | 113,7 | 114,1 | 111,0 | 6,6 |
| 58 | 110 | 107,0 | 108,1 | 107,6 | 108,6 | 107,1 | 113,0 | 113,1 | 113,1 | 112,8 | 113,2 | 110,4 | 6,2 |
| 60 | 109 | 106,5 | 107,8 | 107,4 | 106,9 | 106,9 | 112,7 | 112,7 | 112,9 | 112,4 | 112,8 | 109,9 | 6,3 |
| T. PROM | | 106,9 | 108,0 | 107,4 | 108,4 | 107,7 | 113,2 | 113,3 | 113,3 | 113,0 | 113,4 | 110,5 | |
| Temp. máxima | | 107,7 | 108,8 | 108,3 | 109,4 | 108,6 | 114,6 | 114,2 | 114,2 | 113,9 | 114,2 | | |
| Temp. mínima | | 106,0 | 107,0 | 106,6 | 106,9 | 106,9 | 112,3 | 112,5 | 112,5 | 112,3 | 112,6 | | |
| DTT | | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 2,5 | 1,7 | 1,2,3 | 1,7 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | | |

LABSUC
LABORATORIO DE SELLOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ ventas@calibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-010-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 7

| PARÁMETROS | Valor °C | Incertidumbre °C |
|---|----------|------------------|
| Máxima Temperatura medida | 114,6 | 0,4 |
| Mínima Temperatura medida | 106,0 | 0,3 |
| Desviación de Temperatura en el Tiempo | 2,5 | 0,1 |
| Desviación de Temperatura en el Espacio | 6,5 | 0,1 |
| Estabilidad medida | 1,25 | 0,05 |
| Uniformidad medida | 6,9 | 0,2 |

- T, PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T, prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T_{MAX} : Temperatura máxima.
T_{MIN} : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,6 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo CUMPLE con los límites especificados de temperatura

LABSUC
LABORATORIO DE SIELOS Y PAVIMENTOS
ING. JONATÁN HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

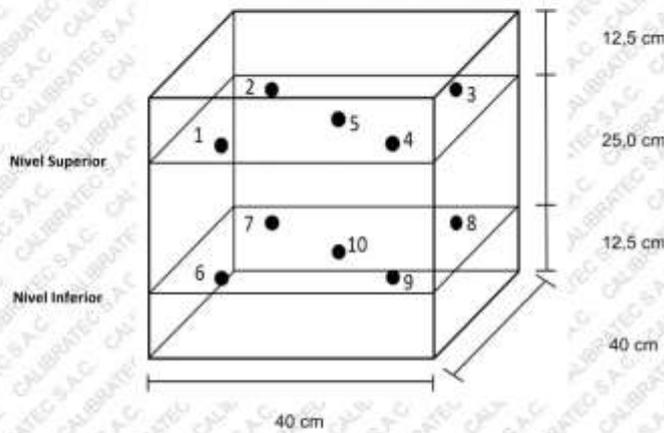
Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ ventascalibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
 Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1.5 cm por encima de la carga más alta.
 Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1.5 cm por debajo de la parrilla inferior.
 Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 5 cm de las paredes laterales y a 5 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

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 $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

LABSUC
LABORATORIO DE SIELOS Y PAVIMENTOS
[Firma]
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ ventas@calibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-010-2023

Página 6 de 7

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C



Revisión 00

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ING. JUAN ANTONIO HERRERA BARAHONA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 312615

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ ventascalibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-010-2023

Página 7 de 7

FOTOGRAFÍA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
[Signature]
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

INFORME DE VERIFICACION CA-IV-097-2023

Página 1 de 3

| | |
|----------------------------|--|
| 1. Expediente | 0358 |
| 2. Solicitante | LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. |
| 3. Dirección | CAL. LA COLONIA N° 316 - CAJAMARCA - JAEN |
| 4. Instrumento de medición | EQUIPO DE LÍMITE LÍQUIDO (Cazuela Casagrande) |
| Marca | PERUTEST |
| Modelo | PT-CC |
| Número de Serie | 28 |
| Tipo | ANALÓGICO |
| Código de Identificación | NO INDICA |
| 5. Fecha de Verificación | 2023-05-17 |

Fecha de Emisión

2023-05-26

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615
Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

6. Método de Verificación

La Verificación se realizó tomando las medidas del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional ASTM D4318 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plastic Index of Soils."

7. Lugar de Verificación

Laboratorio LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

8. Condiciones ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 28,4 °C | 28,6 °C |
| Humedad Relativa | 66 % | 66 % |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|---|----------------------------|
| METROIL | PIE DE REY DIGITAL de 200 mm MARCA: INSIZE | 1AD-0845-2022 |
| METROIL | TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO | 1AT-1704-2022 |

10. Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICACIÓN**.

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
JMB
ING. JHONATAN J. HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

DIMENSIONES DE LA BASE

| Altura (mm) | Largo (mm) | Ancho (mm) |
|-------------|------------|------------|
| 50,10 | 151,00 | 126,00 |

HERRAMIENTA DE RANURADO

EXTREMO CURVADO

| Espesor (mm) | Borde Cortante (mm) | Ancho (mm) |
|--------------|---------------------|------------|
| 10,01 | 2,01 | 13,60 |

DIMENSIONES DE LA COPA

| Diámetro de la copa (mm) | Espesor de la copa (mm) | Profundidad de la copa (mm) |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 94,00 | 2,00 | 27,50 |

Fin del Documento

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

[Firma]
ING. JHONATAN HERRERA BARAHONA
Av. OMBUQUEN 158 - Comas - Lima - Lima
CIP: 912615B
ventas@calibratec@gmail.com
CALIBRATEC SAC

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-045-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

| | | |
|---|---|--|
| <p>1. Expediente</p> <p>2. Solicitante</p> <p>3. Dirección</p> <p>4. Instrumento calibrado</p> <p> MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA CBR)</p> <p> Marca</p> <p> Modelo</p> <p> N° de serie</p> <p> Identificación</p> <p> Procedencia</p> <p> Intervalo de indicación</p> <p> Resolución</p> <p> Clase de exactitud</p> <p> Modo de fuerza</p> <p> Indicador Digital</p> <p> Marca No indica Serie No indica</p> <p> Modelo No indica Resolución 0,1 kgf</p> <p> Transductor de Presión</p> <p> Marca No indica Serie No indica</p> <p> Modelo No indica</p> <p>5. Fecha de calibración</p> | <p>0358</p> <p>LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p>CAL. LA COLONIA N° 316 - CAJAMARCA - JAEN</p> <p>PERÚTEST</p> <p>PT-CBR</p> <p>M00002</p> <p>NINGUNA</p> <p>PERÚ</p> <p>0 kgf a 5000 kgf</p> <p>0,1 kgf / 0,1 kN</p> <p>No indica</p> <p>Compresion</p> | <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. 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 reglamento vigente.</p> <p>CALIBRATEC 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.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p> |
|---|---|--|

Fecha de Emisión

2023-05-26

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. (INDUSTRIAL) HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-045-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

8. Condiciones de calibración

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 29,1 °C | 29,1 °C |
| Humedad relativa | 68 % | 68 % |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|---|----------------------------|
| PUCP | Celda de carga de 10 t con una incertidumbre de 34 kg | INF-LE N° 093-23 A/C |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN HERRERA BARAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ ventascalibratec@gmail.com
📍 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-045-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

| Indicación de la máquina de ensayo | | Indicación del transductor de fuerza patrón | | | | | Promedio | Error de medición |
|------------------------------------|------|---|-------------|-------------|--------------|----------------------|----------|-------------------|
| | | 1ra Serie | 2da Serie | 3ra Serie | | 4ta Serie Accesorios | | |
| | | Ascenso kgf | Ascenso kgf | Ascenso kgf | Descenso kgf | Ascenso kgf | | |
| % | kgf | | | | | kgf | kgf | |
| 10 | 500 | 501,16 | 501,16 | 502,17 | -- | -- | 501,5 | -1,50 |
| 20 | 1000 | 1001,16 | 1001,16 | 1001,16 | -- | -- | 1001,2 | -1,16 |
| 30 | 1500 | 1502,16 | 1502,16 | 1502,16 | -- | -- | 1502,2 | -2,16 |
| 40 | 2000 | 2001,79 | 2002,19 | 2003,19 | -- | -- | 2002,4 | -2,39 |
| 50 | 2500 | 2501,23 | 2502,73 | 2501,23 | -- | -- | 2501,7 | -1,73 |
| 60 | 3000 | 3003,30 | 3003,30 | 3004,30 | -- | -- | 3003,6 | -3,63 |
| 70 | 3500 | 3500,87 | 3499,87 | 3499,37 | -- | -- | 3500,0 | -0,04 |
| 80 | 4000 | 3999,47 | 3999,47 | 3999,97 | -- | -- | 3999,6 | 0,37 |
| 90 | 4500 | 4498,58 | 4498,58 | 4499,58 | -- | -- | 4498,9 | 1,08 |
| 100 | 5000 | 4998,71 | 4998,21 | 4999,21 | -- | -- | 4998,7 | 1,29 |

| Indicación de la máquina de ensayo | | Errores relativos de medición | | | | | Incertidumbre de medición relativa |
|------------------------------------|------|-------------------------------|---------------|----------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|
| | | Indicación | Repetibilidad | Reversibilidad | Resolución relativa | Error con accesorios | |
| | | q % | b % | v % | a % | % | |
| % | kgf | | | | | % | |
| 10 | 500 | -0,30 | 0,20 | -- | 0,02 | -- | 1,36 |
| 20 | 1000 | -0,12 | 0,00 | -- | 0,01 | -- | 0,81 |
| 30 | 1500 | -0,14 | 0,00 | -- | 0,01 | -- | 0,67 |
| 40 | 2000 | -0,12 | 0,07 | -- | 0,01 | -- | 0,61 |
| 50 | 2500 | -0,07 | 0,06 | -- | 0,00 | -- | 0,58 |
| 60 | 3000 | -0,12 | 0,03 | -- | 0,00 | -- | 0,56 |
| 70 | 3500 | 0,00 | 0,04 | -- | 0,00 | -- | 0,55 |
| 80 | 4000 | 0,01 | 0,01 | -- | 0,00 | -- | 0,55 |
| 90 | 4500 | 0,02 | 0,02 | -- | 0,00 | -- | 0,54 |
| 100 | 5000 | 0,03 | 0,02 | -- | 0,00 | -- | 0,54 |

| Clase de la escala de la máquina de ensayo | Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1) | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------|----------------|---------------------|---------|
| | Indicación | Repetibilidad | Reversibilidad | Resolución relativa | Cero f0 |
| | q % | b % | v % | a % | % |
| 0,5 | ± 0,50 | 0,5 | ± 0,75 | ± 0,25 | ± 0,05 |
| 1 | ± 1,00 | 1,0 | ± 1,50 | ± 0,50 | ± 0,10 |
| 2 | ± 2,00 | 2,0 | ± 3,00 | ± 1,00 | ± 0,20 |
| 3 | ± 3,00 | 3,0 | ± 4,50 | ± 1,50 | ± 0,30 |

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f₀) 0,00 %

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

LABSUC
LABORATORIO DE SELLOS Y PAVIMENTOS
ING. HONATAN J. HERRERA BARRAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-045-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

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 $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

LABSUC
LABORATORIO DE SIELOS Y PAVIMENTOS
ING. JHONATAN HERRERA BARRAHONA
INGENIERO CIVIL
CIP: 312615

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☑ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☑ ventascalibratec@gmail.com
☑ CALIBRATEC SAC

Anexo 6. Resultados del análisis estadístico y diseño pavimento

Análisis de la varianza

Variable N R² R² Aj CV

CBR (%) 12 0.96 0.94 13.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 932.30 3 310.77 58.32 <0.0001

Tratamientos 932.30 3 310.77 58.32 <0.0001

Error 42.63 8 5.33

Total 974.93 11

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.03564

Error: 5.3284 gl: 8

Tratamientos Medias n E.E.

T3 (40%) 27.50 3 1.33 A

T2 (20%) 22.00 3 1.33 A B

T1 (10%) 17.20 3 1.33 B

T0 (0%) 3.70 3 1.33 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cálculo del diseño de pavimento

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO-AASHTO 93

Características del suelo de fundación

Características de los Materiales

CBR-Sub Rasante
 1500.CBR 3000.CBR 4326.Ln(CBR)+241
 Mr-Sub Rasante (psi)
 Mr-SubBase (psi)

Espesor de Sub Base = 6.00 in
 Mk = 25.00 pci

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE REACCIÓN EFECTIVO

*Mr: módulo resiliente

Datos de Diseño

| | | |
|---|----------|--------------------------------------|
| ESAL's (ejes equiv. 8.2t) | 3.28E+06 | |
| Serviciabilidad Inicial (pi) | 4.5 | |
| Serviciabilidad Final (pt) | 2 | |
| Confiabilidad (R) | 80 | (Desplegable) |
| Desviación Estándar Total (So) | 0.35 | Pavimentos Rígidos entre 0.30 y 0.40 |
| Coefficiente de Transferencia de Carga (J) | 3.2 | |
| Resistencia a Compresión C ^o (f'c) | 280 | Kg/cm2 |
| Coefficiente de Drenaje (Cd) | 1 | |
| Módulo Ruptura (fr) | 476 | lb/pulg2 |
| Módulo de Elasticidad Concreto (Es) | 3593830 | lb/pulg2 |
| Diferencia de Serviciosabilidad (Δpsi) | 2.5 | |
| Desviación Estándar Normal (Zr) | -0.841 | |

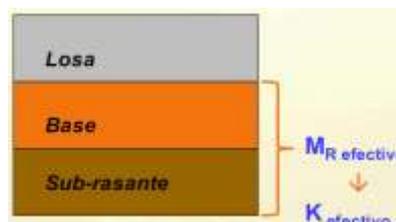
Calculos

| | |
|--------------------------|-------------|
| | Losa Rígida |
| Mk-SubRasante-correctado | 25.00 pci |
| log(Esal) | 6.51644 |
| Zr x So | -0.29435 |
| log(ΔPsi/(4.5-1.5)) | -0.07918 |

f(x) = -5.89E-01

Cálculo del Espesor "D"

Espesor de PAVIMENTO



Cálculo

D
 "Espesor" D(in) = 7.98 "Espesor" D(cm) = 20.50

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO-AASHTO 93

Características del suelo de fundación

Características de los Materiales

| | | | |
|-----------------|---|----------------------|--------|
| CBR-Sub Rasante | 3.70 | Mr-Sub Rasante (psi) | 5550 |
| | <input checked="" type="radio"/> 1500.CBR <input type="radio"/> 3000.CBR <input type="radio"/> 4326.Ln(CBR)+241 | | |
| | Mr-SubBase (psi) | | 150000 |

Espesor de Sub Base = 6.00 in
Mk= 25.00 pci

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE REACCIÓN EFECTIVO

*Mr: módulo resiliente

Datos de Diseño

| | | |
|---|----------|--------------------------------------|
| ESAL's (ejes equiv. 8.2t) | 3.28E+06 | |
| Serviciabilidad Inicial (pi) | 4.5 | |
| Serviciabilidad Final (pt) | 2 | |
| Confiabilidad (R) | 80 | (Desplegable) |
| Desviación Estándar Total (So) | 0.35 | Pavimentos Rígidos entre 0.30 y 0.40 |
| Coefficiente de Transferencia de Carga (J) | 3.2 | |
| Resistencia a Compresión C ^o (f'c) | 280 | Kg/cm2 |
| Coefficiente de Drenaje (Cd) | 1 | |
| | | |
| Módulo Ruptura (fr) | 476 | lb/pulg2 |
| Módulo de Elasticidad Concreto (Es) | 3593830 | lb/pulg2 |
| Diferencia de Serviciosabilidad (Δpsi) | 2.5 | |
| Desviación Estándar Normal (Zr) | -0.841 | |

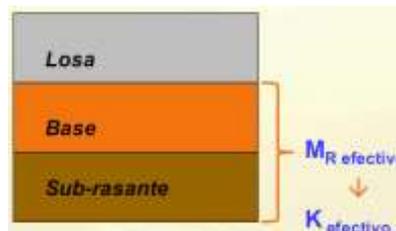
Calculos

| | |
|--------------------------|-------------|
| | Losa Rígida |
| Mk-SubRasante-correctado | 25.00 pci |
| log(Esal) | 6.51644 |
| Zr x So | -0.29435 |
| log(ΔPsi/(4.5-1.5)) | -0.07918 |

f(x) = 3.77E-07

Cálculo del Espesor "D"

Espesor de PAVIMENTO



Cálculo

| | | |
|-------------------|------|-------------------------|
| | D | |
| "Espesor" D(in) = | 9.78 | "Espesor" D(cm) = 25.00 |

Anexo 7. Panel fotográfico de la investigación



Figura 12. Recolección de residuos de construcción de escombreras de la ciudad de Jaén.



Figura 13. Obtención de muestras de suelo natural para análisis.



Figura 14. Muestras de suelo natural listas para ser llevadas a laboratorio para análisis y para diseño de mezclas según los tratamientos.



Figura 15. Molido y tamizado del material de construcción reciclado para ser aplicado al suelo natural.



Figura 16. Mezcla del suelo natural con los residuos de construcción procesados según los tratamientos planteados, para ser llevados a laboratorio.



Figura 16. Ensayo de contenido de humedad y peso específico del suelo.



Figura 17. Análisis granulométrico del material de residuos de construcción.



Figura 18. Ensayos de Proctor modificado y C.B.R. del suelo de sub rasante