



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

"Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, Pueblo Libre, Jaén – 2023"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR

Guerrero Izaga, Ricardo Alexander (orcid.org/0000-0003-0622-5801)

ASESOR:

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (orcid.org/0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

PIURA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo principalmente a Dios, mi padre celestial, por ser mi luz en los momentos de oscuridad, mi fortaleza en los momentos de debilidad. A mi preciosa Amari, mi niña en el cielo, que, aunque no está físicamente con nosotros, siempre está presente en mi corazón, A mi pequeño hijo Zabdiel, que es una fuente de alegría y motivación en mi vida, A mis queridos padres, por su amor incondicional, por su apoyo constante y por todas las enseñanzas que nos han dado, A mi pareja, que ha estado a mi lado en cada paso de este viaje y finalmente a mis hermanos por creer en mí.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios padre por todas las bendiciones que hasta el día de hoy me sigue dando. A mis padres, cuyo amor y sacrificio han sido mi faro, mis hijos por ser mi inspiración y fortaleza, a mi pareja por su apoyo inquebrantable. Estaré siempre agradecido.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén – 2023", cuyo autor es GUERRERO IZAGA RICARDO ALEXANDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, 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.

PIURA, 15 de Marzo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE DNI: 07239759 ORCID: 0000-0002-0684-5114	Firmado electrónicamente por: CANCHOZUNIGA el 19-03-2024 13:18:48

Código documento Trilce: TRI - 0740252



DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, GUERRERO IZAGA RICARDO ALEXANDER estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis Completa titulada: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén – 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis Completa:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He 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 asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
RICARDO ALEXANDER GUERRERO IZAGA DNI: 71724433 ORCID: 0000-0003-0622-5801	Firmado electrónicamente por: RGUERREROIZ el 15- 03-2024 17:36:41

Código documento Trilce: TRI - 0740254



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
ÍNDICE DE FIGURA	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos.....	16
3.6. Método de análisis de datos	16
3.7. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN.....	24
VI. CONCLUSIONES.....	28

VII. RECOMENDACIONES.....	29
REFERENCIAS	30
ANEXOS.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
Tabla 2:Resultado de calicata C-01, C-02, C-03	18
Tabla 3: Resultado de ensayo de Proctor modificado para las calicatas C-01, C-02, C-03.	19
Tabla 4:Resultado de ensayo de CBR para las calicatas C-01, C-02, C-03	21

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1:Máxima densidad seca C-01, C-02, C-03	19
Gráfico 2:Óptimo contenido de humedad C-01, C-02, C-03	20
Gráfico 3:CBR al 100% con penetración al (0.1”) de las calicatas C-01, C-02, C-03	21
Gráfico 4: CBR al 95% con penetración al (0.1”) de las calicatas C-01, C-02, C-03	22
Gráfico 5:CBR al 100% con penetración al (0.2”) de las calicatas C-01, C-02, C-03	22
Gráfico 6:CBR al 95% con penetración al (0.2”) de las calicatas C-01, C-02, C-03	23

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Estructura de la celulosa	11
---	----

RESUMEN

La investigación es de tipo experimental, de tipo cuantitativa-aplicada, con diseño de análisis comparativa, cuya variable dependiente capacidad portante de subrasante en suelos expansivos y su variable independiente es uso de fibras de celulosa, cuyo objetivo es analizar si las fibras celulosas mejoran las propiedades físicas y propiedades mecánicas en la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, sector pueblo libre, Jaén – 2023, cuyos resultados contiene en sus calicatas CL arcilla arenosa de baja plasticidad, índice de sales de 2000ppm, cuyo máxima densidad seca máxima es 1.99 gr/cm^3 en la C-2 en el patrón, y su opimo contenido de humedad máximo es 13.56% en la C-2 al 5%, su CBR menos desfavorable es C-1 al 95% con penetración 0.2" es 1.28%, se concluye que un porcentaje de fibra de celulasa, agregado de con penetración de (0.1") al 100% y 95%, existe una ligera varianza, demostrando que el más adecuado es el agregado de con penetración de (0.1") al 100%., además de ello el resultado óptimo es de con penetración de (0.2") al 100% y comparando ambas penetraciones de (0.1" y 0.2"), la más optima sería la de 0.2" al 100%.

Palabras clave: Capacidad portante, fibras celulosas, suelos expansivos, Subrasante.

ABSTRACT

The research is experimental, quantitative-applied, with a comparative analysis design, whose dependent variable is the bearing capacity of subgrade in expansive soils and its independent variable is the use of cellulose fibers, the objective of which is to analyze whether cellulose fibers improve the physical properties and mechanical properties in the bearing capacity of subgrade in expansive soils, Pueblo Libre sector, Jaén - 2023, whose results contain CL sandy clay of low plasticity in its pits, salt index of 2000ppm, whose maximum dry density is 1.99 gr /cm³ in C-2 in the pattern, and its optimal maximum moisture content is 13.56% in C-2 at 5%, its least unfavorable CBR is C-1 at 95% with penetration 0.2" 1.28%, it is concluded that a percentage of cellulase fiber, aggregate with penetration of (0.1") at 100% and 95%, there is a slight variance, demonstrating that the most appropriate is the aggregate with penetration of (0.1") at 100%., In addition, the optimal result is with 100% penetration of (0.2") and comparing both penetrations of (0.1" and 0.2"), the most optimal would be 0.2" at 100%.

Keywords: Bearing capacity, cellulose fibers, expansive soils, Subgrade.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional en las regiones del mundo que tienen un alto porcentaje de suelos expansivos y no tienen los recursos para gestionar adecuadamente estos suelos, las personas podrían enfrentar desafíos económicos significativos. Los costos de reparación de infraestructuras dañadas pueden ser muy altos, y los desafíos de construir en suelos expansivos pueden llevar a la desigualdad económica. (Ahmad, 2022), la necesidad de investigar y desarrollar nuevas tecnologías y técnicas para construir sobre suelos expansivos puede requerir una inversión significativa. Si los países no cooperan en la investigación y el intercambio de conocimientos, esto podría dar lugar a problemas de eficiencia y equidad. Por otro lado. (Lambropoulos, et al; 2020), comenta que los suelos expansivos presentan características geotécnicas que obstaculizan el proceso constructivo de las diferentes infraestructuras lo que requiere de medidas específicas para mejorar su estabilidad y capacidad de carga. Desde la perspectiva a nivel nacional, los problemas con los suelos expansivos pueden dificultar el desarrollo de nuevas áreas urbanas y la expansión de las existentes. Esto puede limitar el crecimiento económico y provocar de los precios un aumento de la vivienda si la demanda supera la oferta tal como lo expresa (Piedra, et al; 2021), desde el punto de vista de (Cordova, et al; 2022), los suelos expansivos presentan un desafío significativo en términos de capacidad portante de la subrasante. Estos suelos se caracterizan por experimentar cambios volumétricos considerables en respuesta a las fluctuaciones en la humedad. En períodos de sequía, los suelos expansivos tienden a contraerse, lo que puede provocar asentamientos diferenciales y la formación de grietas en la subrasante. La deficiente capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos puede dar lugar a una serie de problemas en la infraestructura. Por ejemplo, en carreteras, se pueden producir deformaciones y hundimientos, lo que afecta negativamente la comodidad y seguridad del tráfico. Cabe resaltar que, a nivel regional en la ciudad de Cajamarca, Perú, donde se encuentran suelos expansivos, pueden surgir varios problemas relacionados con la capacidad portante de la subrasante; como es el hinchamiento del suelo, estos suelos expansivos tienden a expandirse cuando absorben agua y se contraen cuando se secan. Este ciclo de expansión y contracción puede provocar asentamientos diferenciales en la subrasante, lo que afecta la capacidad portante de la misma,

asimismo se presenta hinchamiento y la contracción provocando grietas y fisuras en la subrasante. Estas grietas pueden comprometer la estabilidad del pavimento y aumentar el riesgo de daños estructurales. (Salcedo, 2021), Dentro de este marco se da a conocer que, a nivel local, sector Pueblo Libre - Jaén, reconocido por su alta presencia de suelos expansivos, ha experimentado problemas relacionados con la capacidad portante de la subrasante, lo que ha generado dificultades en la construcción y mantenimiento de infraestructuras como carreteras y edificaciones. En respuesta a esta problemática, se ha planteado como propósito de esta tesis investigar el uso de fibras celulósicas como una solución en la subrasante en suelos expansivos. Ante ellos se formula el problema general: ¿Cómo influirá el uso de las fibras celulósicas en las propiedades físicas y mecánicas para mejorar la capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos, sector pueblo libre, Jaén – 2023?, En los problemas específicos se tienen las siguientes preguntas: ¿De qué manera el uso de las fibras celulósicas en la subrasante en suelos expansivos mejorara la propiedad física en el sector pueblo libre, Jaén – 2023?, ¿De qué manera el uso de las fibras celulósicas en la subrasante en suelos expansivos mejorara la propiedad mecánica en el sector pueblo libre, Jaén – 2023?, ¿De qué manera el uso de las fibras celulósicas en la subrasante en los suelos expansivos mejorara el impacto ambiental en el sector pueblo libre, Jaén – 2023?. En tal sentido se aborda la justificación técnica por lo que se fundamenta en respaldar la implementación de esta investigación, llevando a cabo estudios geotécnicos exhaustivos para caracterizar adecuadamente el suelo expansivo en Pueblo Libre, Jaén. Se realizarán pruebas para evaluar la viabilidad de las fibras celulósicas como agente de mejora del suelo y se diseñará un plan experimental para implementar la adición de fibras celulósicas a la subrasante. Además, se establecerán criterios de control de calidad para monitorear y evaluar la eficacia de la técnica, mediante pruebas de laboratorio y de campo. Por otro lado, la justificación metodológica de esta tesis se basa en la caracterización del suelo expansivo, la evaluación de la viabilidad de las fibras celulósicas y el diseño experimental con criterios de control de calidad. Estos enfoques garantizan una investigación rigurosa y científica para obtener datos confiables y evaluar la efectividad de las fibras celulósicas en mejora de la capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos de Pueblo Libre, Jaén. En tal sentido se realiza la justificación social de esta tesis radicando en la mejora de la

infraestructura vial del distrito de Pueblo Libre, Jaén. Al utilizar fibras celulósicas la capacidad portante para mejorar de la subrasante en suelos expansivos, se logrará construir carreteras y vías de acceso más duraderas y seguras. Esto beneficia directamente a los residentes locales su calidad de vida al mejorar y facilitar su acceso a servicios esenciales. Por otro lado, la justificación práctica en la necesidad se basa en la problemática de abordar de los suelos expansivos en Pueblo Libre, Jaén, y en el potencial de las fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de la subrasante. Dentro de este marco se elabora el **objetivo general**: Analizar si las fibras celulósicas mejoran las propiedades físicas y propiedades mecánicas en la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, sector pueblo libre, Jaén – 2023, Asimismo se plantean los objetivos específicos: Determinar si el uso de las fibras celulósicas en la subrasante en los suelos expansivos mejorara las propiedades físicas en el sector pueblo libre, Jaén – 2023; Determinar si el uso de las fibras celulósicas en la subrasante en los suelos expansivos mejorara las propiedades mecánicas en el sector pueblo libre, Jaén – 2023; Determinar si el uso de las fibras celulósicas en la subrasante en los suelos expansivos mejorara el impacto ambiental en el sector pueblo libre, Jaén – 2023. En la hipótesis general: Si la adición de fibras de celulosa influye en las propiedades físicas y mecánicas en la subrasante en suelos expansivos en el sector Pueblo Libre, Jaén - 2023, Las hipótesis específicas se formula de la siguiente manera; Si la adición de fibras celulósicas influye en las propiedades físicas en la subrasante en suelos expansivos en el sector pueblo libre, Jaén – 2023. Si la adición de fibras celulósicas influye en las propiedades mecánicas en la subrasante en suelos expansivos en el sector pueblo libre, Jaén – 2023. Si la adición de fibras celulósicas influye en el impacto ambiental en la subrasante en suelos expansivos en el sector pueblo libre, Jaén – 2023.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional de acuerdo con (Vigneshwaran, et al; 2020), cuyo **objetivo** de su investigación fue examinar el uso de fibras naturales y sintéticas en materiales como refuerzo de construcción, especialmente en concreto, y evaluar sus efectos en las propiedades mecánicas del material compuesto. De la investigación La **metodología** es de tipo aplicada, con un diseño experimental, utilizando un enfoque cuantitativo. En sus **resultados** manifestaron que la adición de fibras en el concreto mejoró su desempeño mecánico hasta un 1.0%. Sin embargo, se observó que una adición adicional de fibras más allá de este porcentaje disminuyó el desempeño mecánico debido a la falta de trabajabilidad del material. Se **concluyó** que se recomienda utilizar hasta un 1.0% de fibra para mejorar la capacidad de tracción del concreto, el uso de fibras naturales y sintéticas en materiales de construcción como refuerzo, especialmente en concreto, ofrece ventajas significativas en términos de propiedades mecánicas. La proporción de fibra necesaria en el refuerzo de fibra natural es menor en comparación con el refuerzo tradicional, lo que resulta en beneficios energéticos y económicos.

Como afirma, (Ashok, et al; 2020), en su **objetivo** fue analizar de este estudio el efecto de las modificaciones químicas en la fibra de la vaina de areca en el comportamiento de tracción y flexión, con el fin de evaluar su potencial aplicabilidad en sectores como la industria automotriz y del embalaje. La muestra del estudio consistió en fibras de la vaina de areca, tanto sin modificar como modificadas químicamente. La **metodología** es aplicada, con un diseño experimental - cuantitativo. Los **resultados** mostraron que las modificaciones químicas en la superficie de las fibras de la vaina de areca tuvieron un impacto significativo en su resistencia a la tracción y flexión. Se observó que las fibras modificadas presentaban una mayor resistencia a la tracción en comparación con las fibras sin modificar. Sin embargo, la resistencia a la flexión disminuyó en las fibras modificadas en comparación con las fibras crudas. A partir de este estudio, que el método se **concluye** sintético de la fibra de la vaina de areca puede mejorar su resistencia a la tracción, lo que la hace potencialmente útil en aplicaciones que requieren alta

resistencia. Sin embargo, una reducción se observó a la flexión en la resistencia después de las modificaciones químicas.

Según (Casciati, et al; 2022), El **objetivo** fue investigar de este estudio la tasa de infiltración en un compuesto de suelo reforzado con fibras naturales en aplicaciones de ingeniería civil. Se buscó analizar cómo la presencia de fibras afecta la infiltración de agua en el compuesto y su relevancia para el diseño de infraestructuras geotécnicas y la predicción del comportamiento de la erosión del suelo. La **metodología** es de tipo aplicada de diseño experimental - cuantitativo. En sus **resultados** manifiesta que existió un aumento donde se atribuyó al flujo preferencial a lo largo de las fibras presentes en el compuesto. Se discutió cómo la densidad del compuesto y el tipo de fibra afectaron la tasa de infiltración. A partir de este estudio, se **concluye** que la incorporación de fibras naturales en un compuesto de suelo reforzado aumenta la tasa de infiltración en comparación con el suelo sin refuerzo. Esto tiene implicaciones importantes para el diseño de infraestructuras geotécnicas, como terraplenes de carreteras y subrasantes rurales, así como para predecir el comportamiento de la erosión del suelo.

A **nivel nacional** afirma, (Carrasco y Medina, 2021), en su **objetivo** evaluar cómo las fibras celulósicas de resina de plátano puede contribuir a mejorar la estabilidad y resistencia de la subrasante, con el fin de ofrecer una solución efectiva y sostenible las condiciones para mejorar del camino. En su **metodología** de se utilizó un enfoque cuantitativo y se empleó un diseño experimental. En sus **resultados** se encontró que de resina de plátano una adición del 2.3% mejoró el Índice de Resistencia al Cortante no Confinado (CBR) de la subrasante en un 1.32%, pasando de un valor inicial de 7.24% a 8.56%. En **conclusión**, se encontró que la adición de resina de plátano en suelos contribuye a mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante. Se demostró que la proporción óptima de resina de plátano para obtener la máxima resistencia es del 4.6%.

Como afirma, (Hoyle & Rodríguez, 2019), afirma que el **objetivo** fue explorar la efectividad de la ceniza de eucalipto y fibras de musa paradisiaca para estabilizar suelos. La **metodología** del estudio es experimental de un diseño cuasi experimental. En sus **resultados** al realizar diversas pruebas y análisis, se descubrió que las hojas incineradas pierden alrededor del 80% de su volumen. En cuanto a las cenizas, se determina que contienen un 24.2% de cal, mientras que el raquis presenta un 36% de celulosa. En términos de mecánica de suelos, se clasifica el suelo según AASHTO como A-2-6(0). Asentando en los obtenidos resultados, se **concluye** que la sustitución del 10% de ceniza y fibras es la más favorable para la estabilización de suelos. Esto se corrobora con el valor de CBR del 11.2% al 95%, lo que indica una mayor resistencia.

Desde el punto de vista de (Martinez, 2020), el **objetivo** fue evaluar el comportamiento del suelo y sus agregados en un 10% y 20%. La **metodología** es de tipo aplicativa, con un nivel explicativo y un diseño experimental, utilizando un enfoque cuantitativo. Los **resultados** de los ensayos obtenidos desvelar de la ceniza de cáscara de arroz que el uso incrementa la resistencia de la subrasante, con un aumento del CBR al 95% del 10% al 13% cuando se agrega el 20% de ceniza de cáscara de arroz. Además, se logra una máxima densidad seca de compactación de 1.76 gr/cm³. En **conclusión**, este estudio demuestra que la adición mejora la resistencia de la subrasante en suelos arcillosos.

En la teoría relacionada al tema de investigación, se exploran los conceptos y dimensiones pertinentes, así como los indicadores relevantes, las fibras celulósicas son fibras derivadas de materiales de origen vegetal que contienen una alta proporción de celulosa, un polímero natural que se encuentra en la estructura de las plantas. Estas fibras se extraen de diferentes fuentes vegetales, como madera, algodón, lino, bambú, bagazo de caña de azúcar y otros residuos de plantas. (Calderón, et al; 2022), Las fibras celulósicas tienen propiedades físicas y químicas únicas que las hacen versátiles y adecuadas

para diversas aplicaciones. Algunas de las características importantes de las fibras celulosas incluyen:

Resistencia mecánica: las fibras celulosas tienen una alta resistencia a la tracción y flexión, lo que las hace adecuadas para reforzar materiales y mejorar su resistencia y durabilidad. (Lancioni, et al; 2023).

Capacidad de retención de agua: las fibras celulosas tienen una alta capacidad para retener agua, lo que les permite absorber y retener la humedad en diferentes materiales y entornos. (Moradi, et al; 2023).

Biodegradabilidad: las fibras celulosas son biodegradables y se descomponen de manera natural con el tiempo, lo que las convierte en una opción más sostenible con la naturaleza en símil de las fibras sintéticas. (Monfared, et al; 2023).

Compatibilidad con otros materiales: las fibras celulosas pueden mezclarse con una amplia variedad de materiales, como plásticos, polímeros y hormigón, lo que les permite mejorar las propiedades de esos materiales y ampliar sus aplicaciones. (Adiguzel, et al; 2023).

Baja densidad: las fibras celulosas suelen tener una baja densidad, lo que las hace más ligeras en comparación con otros materiales, lo que puede ser beneficioso en aplicaciones donde se busca reducir el peso o mejorar la eficiencia. (Abhijeet, et al; 2020), se refiere la capacidad portante de un suelo a la capacidad para soportar una carga aplicada sin experimentar fallas o excesivas deformaciones. Es una propiedad importante a considerar en la ingeniería geotécnica y en la construcción de estructuras, como cimentaciones, carreteras, edificios y puentes (Gebremichael, et al; 2023). La capacidad portante de un suelo depende de varios factores, incluyendo su tipo, composición, densidad, contenido de agua, estructura y consolidación. Algunos de los términos comúnmente utilizados para describir la capacidad portante incluyen:

Carga admisible: Es el tope máximo donde se aplica a un suelo sin que ocurra un asentamiento o una falla inaceptable. La carga admisible depende del suelo en su capacidad portante y de los criterios de diseño utilizados para determinar los factores de seguridad. (Qiankun, et al; 2023).

Índice de capacidad portante (CBR): Es un parámetro utilizado para evaluar la capacidad portante de suelos granulares en ingeniería vial. Se determina comparando la presión de carga requerida para penetrar un pistón en el suelo con la presión de carga requerida para penetrar el suelo de referencia. (Qiang y Xu, 2023), La capacidad portante de un suelo se evalúa mediante ensayos de laboratorio y pruebas in situ, como ensayos de placa de carga, ensayos de penetración estándar, ensayos de CBR, entre otros. Estos ensayos proporcionan información sobre la resistencia y el comportamiento del suelo bajo carga, lo que permite determinar su capacidad para soportar estructuras y cargas específicas. (Han, et al; 2022), Los suelos expansivos son suelos que experimentan cambios volumétricos significativos en respuesta a variaciones en el contenido de humedad. Estos suelos tienen la capacidad de expandirse cuando están húmedos y contraerse cuando se secan. Este comportamiento puede ocasionar problemas geotécnicos y estructurales en las construcciones que se apoyan sobre ellos. Los suelos expansivos suelen estar compuestos principalmente por arcillas, que tienen una estructura cristalina en capas y una capacidad alta de retener agua. Cuando el suelo se humedece, las partículas de arcilla absorben agua y se hinchan, aumentando su volumen. (Wang, et al; 2021), Algunas características y problemas asociados con los suelos expansivos son:

Cambios volumétricos: los suelos expansivos pueden experimentar cambios volumétricos significativos, lo que puede provocar movimientos y deformaciones en las estructuras construidas sobre ellos. Estos cambios pueden ser estacionales, ocurriendo durante períodos de lluvias y sequías, o pueden ser más persistentes si el suelo está expuesto a ciclos de humedecimiento y secado. (Yongmei, et al; 2021).

Aumento de la plasticidad: los suelos expansivos suelen tener una alta plasticidad, lo que significa que tienen una mayor capacidad de deformación bajo carga. Esto puede dificultar la construcción de cimentaciones estables y requerir medidas adicionales para mitigar los problemas asociados. (Han, et al; 2022).

Grietas y fisuras: la contracción y expansión del suelo expansivo puede dar lugar a la formación de grietas y fisuras. Estas grietas consiguen sobresaltar

la estabilidad de las estructuras y permitir la infiltración de agua, lo que puede agravar los problemas del suelo. (Zhigang, et al; 2020).

Cambios en la capacidad portante: La capacidad portante de los suelos expansivos puede variar considerablemente con los cambios en la humedad. Cuando el suelo se humedece y se expande, su capacidad portante puede disminuir, lo que puede resultar en asentamientos y deformaciones no deseadas. (Gauvin y Matrieu, 2020).

Análisis granulométrico: Este estudio permite determinar la distribución de tamaños de partículas en el suelo, lo cual es importante para comprender su composición y comportamiento. (Lambropoulos, et al; 2020).

Límites de Atterberg: Se realizan ensayos los límites para determinar de consistencia del suelo, incluyendo el LQ y LP. Estos límites ayudan a clasificar el suelo y evaluar su plasticidad. (Ruiz, et al; 2021).

Proctor modificado: Se lleva a cabo el ensayo de compactación Proctor modificado para determinar la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo del suelo con y sin la adición de fibras celulósicas. (Netinger, et al; 2020).

Ensayo de resistencia al corte: Se realiza el ensayo de resistencia al corte, como el ensayo de corte directo o el ensayo de compresión no confinada, para evaluar la resistencia y la capacidad portante del suelo con diferentes porcentajes de fibras celulósicas. (Wynne, et al; 2022).

Índice de resistencia al cortante (CBR): Se realiza el ensayo de CBR para determinar la resistencia del suelo a través de la carga necesaria para penetrar un pistón en el suelo compactado. Esto permite evaluar cómo la adición de fibras celulósicas influye en la capacidad portante del suelo. (Garrote, et al; 2019).

Análisis térmico de las fibras celulósicas: Se realiza un análisis térmico, como la termogravimetría (TGA) o el análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC), información para obtener sobre las propiedades térmicas y la composición de las fibras celulósicas utilizadas. (Harpaz, et al; 2022), Para determinar la variable dependiente "Capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos", es necesario realizar ensayos y análisis específicos que evalúen la capacidad del suelo para soportar cargas sin experimentar fallas o

deformaciones excesivas. Aquí hay algunas sugerencias sobre cómo puedes abordar esta determinación:

Ensayo de Índice de Resistencia al Cortante (CBR)

Este ensayo es comúnmente utilizado en ingeniería geotécnica para evaluar la capacidad portante de suelos. Se ejecuta mediante la diligencia de una gabela en un pistón estándar que penetra en el suelo. La carga emplazada para la penetración se compara con la carga necesaria para un suelo de referencia, y se expresa como un porcentaje. El valor obtenido representa la capacidad portante del suelo. (Diera, et al; 2023).

Ensayo de placa de carga

Consiste en la toma de una carga controlada sobre una placa colocada en la superficie del suelo. Se mide la deformación y se evalúa la capacidad portante en aplicación de la carga generada y la respuesta del suelo. (Kammoun, et al; 2023)

Ensayo de compresión no confinada: Este ensayo se utiliza para evaluar la resistencia del suelo a través de la aplicación de una carga axial en una muestra cilíndrica sin restricciones laterales. Se mide la resistencia a la compresión y se relaciona con la capacidad portante del suelo. (Rezaee y Tabesh, 2022).

Propiedades químicas y físicas de la celulosa

Las propiedades de la celulosa consisten en propiedades físicas y químicas. La celulosa de cadena larga tiene propiedades físicas más fuertes y es más resistente a la degradación causada por efectos térmicos, químicos y biológicos. (Osore, 2022)

Aquí te mencionamos algunas de las propiedades de la celulosa:

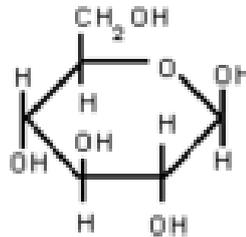
- Puede descomponerse por hidrólisis, oxidación, fotoquímica o mecánicamente para reducir el peso molecular.
- Insoluble en agua o disolventes orgánicos, pero parcialmente soluble en soluciones alcalinas.
- En estado seco, la celulosa es higroscópica, dura y quebradiza. Si la pulpa contiene suficiente agua, quedará blanda. Entonces, el papel del agua aquí es el de suavizante.
- La celulosa en cristales **es más fuerte que** su forma amorfa.

- Tiene alta resistencia a la tracción.
- Capaz de formar una red.
- soluble en agua no es fácilmente, orgánicos álcalis y disolventes.
- Relativamente incolora.
- Tiene de unión una capacidad más fuerte.

Propiedades químicas

La celulosa se forma por la unión de moléculas de β -D-glucosa mediante enlaces β -1,4-O-glucosídico. Al totalmente hidrolizarse glucosa se obtiene. La es una larga celulosa de peso molecular variable cadena polimérica, con fórmula empírica $(C_6H_{10}O_5)_n$, con valor mínimo de $n = 200$.

Figura 1. Estructura de la celulosa



Fuente: (Osore, 2022)

Propiedades físicas:

Es un sólido blanco, inodoro e insípido que no se disuelve en agua. La celulosa tiene una estructura fibrosa. Está presente en las paredes celulares junto con otras sustancias orgánicas como la lignina o la pectina. La celulosa se puede disolver utilizando el llamado reactivo de Schweizer, una solución química de dihidróxido de tetraaminocobre (II)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de esta tesis sería una investigación experimental, ya que busca analizar la capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos mediante la adición de fibras de celulosa. Se realizarán pruebas y ensayos para comparar la probeta de CBR convencional con la probeta CBR mejorado con fibras, lo que implica la manipulación y control de variables para obtener resultados comparativos.

Enfoque de investigación

enfoque sería cuantitativo, ya que permite una evaluación objetiva y medible de los efectos de la técnica de las fibras celulosas en la de la subrasante capacidad portante en suelos expansivos, proporcionando resultados cuantificables que pueden ser analizados y comparados de manera sistemática.

3.1.2. Diseño de investigación

al diseño en cuanto de investigación, se menciona que se trata de un análisis comparativo. En un diseño de grupos controlados, se compararía la capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos con y sin la adición de fibras celulosas, utilizando un grupo de control y un grupo experimental.

3.2. Variables y operacionalización

Independiente: Uso de fibras de celulosa

Definición conceptual

La definición conceptual del uso de fibras de celulosa se refiere a incorporar material celulósico, como papel o madera, en diferentes aplicaciones las propiedades para mejorar mecánicas y funcionales de suelos o materiales específicos. En ingeniería geotécnica y de pavimentos, se utilizan fibras de celulosa para estabilizar suelos expansivos y aumentar la capacidad de carga de subrasantes. Estas

fibras se mezclan con el suelo durante la compactación, actuando como refuerzos internos que incrementan la cohesión y resistencia, reducen la expansividad y mejoran la capacidad de soportar cargas (Liu et al. 2023).

Definición operacional

En este estudio, se investigará la adición de las fibras celulósicas en las propiedades físicas y mecánicas. Para ello, se realizarán diferentes dosificaciones de fibras celulósicas, específicamente en porcentajes del 2%, 4% y 5%. Estas dosificaciones permitirán evaluar precisa de manera el efecto de las fibras celulósicas en las propiedades del material en estudio.

Dependiente: Capacidad portante de subrasante en suelos expansivos

La capacidad portante de subrasante en suelos expansivos se refiere a la habilidad del terreno para soportar cargas estructurales sin experimentar asentamientos excesivos o daños debido a la expansión y contracción del suelo causada por variaciones en su contenido de humedad. Es un aspecto crucial en la ingeniería civil, ya que garantiza la estabilidad y durabilidad de las construcciones que se realizan sobre suelos expansivos, como carreteras, edificaciones y otras infraestructuras (Zada et al. 2023).

Definición operacional

En este estudio, se definirá operacionalmente la capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos a través de la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas. Estas propiedades nos permitirán determinar la resistencia del suelo y su estabilidad ante los asentamientos.

Dimensiones

- Dosificaciones
- Propiedades físicas
- Propiedades mecánicas

Indicadores

- 2%, 4% y 5%
- Clasificación de suelo SUCS y AASTHO
- Granulometría
- Contenido de humedad
- Limite plástico %
- Limite líquido %

Escala de medición

La capacidad portante de la subrasante se mide mediante la escala de la razón de medición continua, utilizando unidades de resistencia detrás de utilizar el ensayo de CBR (California Bearing Ratio) lo cual se evaluará de manera cuantitativa y objetiva la capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

La población en esta tesis se refiere al conjunto completo de elementos o casos que cumplen con ciertas características y que son relevantes para el estudio (Huarie, 2019), en este caso, la población esta conforma por la calle Coricancha Mza. C. Lote. 11 sec. Pueblo Libre – Jaén.

3.3.2. Muestra

La muestra se centrará en una zona específica del sector Pueblo Libre, ubicada en el distrito de Jaén, que abarcó aproximadamente 10 cuadras, con una longitud de alrededor de 1.5 km. Para recopilar las muestras de suelo necesarias, se realizarán calicatas de acuerdo con las normas establecidas, las cuales requerían una profundidad mínima de 1.50 m. Estas calicatas se llevarán a cabo mediante excavaciones en el distrito de Jaén.

3.3.3. Muestreo

Se seleccionan muestras de suelo de manera aleatoria en la zona de la investigación de Pueblo Libre, Jaén. Esto implica asignar a cada punto de muestreo una probabilidad igual de ser seleccionado, lo que proporciona una representación imparcial y equitativa de la población.

3.3.4. Unidad de análisis

El análisis de datos se centraría en la recopilación, medición y evaluación de propiedades y características específicas de los suelos expansivos antes y después de aplicar la técnica de mejoramiento con fibras celulósicas. Las mediciones pueden incluir propiedades geotécnicas como la cohesión, la resistencia al corte, la expansividad y la capacidad portante. La comparación de datos recopilados antes y después del tratamiento permitiría evaluar la eficacia del uso de fibras celulósicas la capacidad portante para mejorar de la subrasante en suelos expansivos.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En este proyecto, se utilizaron técnicas de recolección de datos como la observación directa y la experimentación. Estas técnicas serán aplicadas durante los ensayos realizados en el laboratorio, donde se evaluaron diferentes dosificaciones de fibra de celulosa.

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Descripción	Técnicas	Instrumentos
Análisis Granulométrico de suelos por tamizado	Observación directa	(ASTM D422, MTC, E107)
Contenido húmedo del suelo		– ASTM C39 -ASTM C78 y fichas de datos de laboratorio
Limites líquidos de suelos		(ASTM D2216, MTC E108).
Límite Plástico de los suelos e Índice de plasticidad		(ASTM D4318, MTC E110) (ASTM D 41318, MTC E 111) SUCS (ASTM D2487)

Fuente: Elaboración propia

Instrumento de recolección de datos

En esta investigación, se utilizarán fichas de resultados de laboratorio y fichas de recolección de datos para registrar y recopilar la información obtenida durante los ensayos y la adición de fibras de celulosa.

Validez: Es fundamental utilizar métodos y técnicas confiables y validados para evaluar las propiedades de la fibra de celulosa y asegurar la validez de los resultados. Asimismo, se debe considerar y controlar las variables relevantes, así como factores que puedan influir en los resultados, como las condiciones de laboratorio y la calidad de los materiales utilizados.

Confiabilidad de los instrumentos: Para garantizar la confiabilidad de los instrumentos utilizados en la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de la fibra de celulosa, es crucial realizar una calibración adecuada de los equipos de medición y seguir procedimientos estandarizados.

3.5. Procedimientos

Los procedimientos utilizados en el estudio consistieron en los siguientes pasos:

- Selección del área de estudio en Pueblo Libre, Jaén.
- Preparación de muestras de suelo mediante calicatas.
- Dosificación de fibras celulosas en porcentajes específicos.
- Preparación de muestras de suelo con fibras celulosas.
- Realización de ensayos de laboratorio, incluyendo análisis granulométrico, límites de Atterberg, ensayos de compactación y ensayos de capacidad de soporte.
- Análisis obtenidos de los resultados para evaluar el impacto de las fibras celulosas en la capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos.

3.6. Método de análisis de datos

Es un análisis comparativo, donde se compararán los resultados obtenidos para el diseño patrón y con las fibras de celulosa, examinando las diferencias en las propiedades mecánicas a través de análisis cuantitativos.

3.7. Aspectos éticos

Beneficencia: Se busca asegurar que la investigación tenga un propósito beneficioso, mejorando las condiciones de infraestructuras y reduciendo riesgos asociados a suelos expansivos. Se valora el impacto positivo a

largo plazo en seguridad y estabilidad de las construcciones, así como la mitigación de daños y costos de reparación.

No maleficencia: Se evalúan cuidadosamente los posibles riesgos y efectos adversos que puedan surgir debido al uso de fibras celulósicas en suelos expansivos. Se toman para minimizar medidas impactos negativos en el medio ambiente y salud humana, y se actúa en caso de detectar consecuencias perjudiciales.

Autonomía: Si la investigación involucra a participantes humanos, se obtiene su consentimiento informado y libre para participar. Se brinda información completa sobre el propósito, métodos, riesgos y beneficios para que puedan tomar decisiones informadas sin coacción.

Justicia: Se seleccionan los participantes de manera justa y equitativa, evitando discriminación. Se asegura que los beneficios y avances en conocimiento sean compartidos de manera equitativa y accesible para toda la comunidad científica y la sociedad. Se consideran las implicaciones sociales, culturales y económicas para el bienestar general de la población local y global.

IV. RESULTADOS

4.1. Se presenta los resultados de las propiedades física del suelo en el sector pueblo libre, para ellos se extrajo tres calicatas a cielo abierto.

Tabla 2: Resultado de calicata C-01, C-02, C-03

	C-01	C-02	C-03
Estratos	E-01	E-01	E-01
Profundidad	0.10-1.50m	0.10-1.50m	0.10-1.50m
Contenido de humedad	22.35%	17.04%	18.17%
L. Líquido	32.03%	33.03%	33.50%
L. Plástico	13.36%	13.61%	13.62%
Índice de plasticidad	18.67%	19.42%	19.88%
Clasificación SUCS	CL (Arcilla arenosa de baja plasticidad)	CL (Arcilla arenosa de baja plasticidad)	CL (Arcilla arenosa de baja plasticidad)
Clasificación AASHTO	A-6(10) (Malo)	A-6(7) (Malo)	A-6(7) (Malo)
Sales	2000ppm	1000ppm	2000ppm

Fuente: Elaboración propia

Descripción: La tabla N°2 nos muestra de los ensayos los resultados que se realizaron al suelo de las tres calicatas con muestras alteradas, donde obtenemos sus características además de clasificación de suelos tanto por SUCS Y AASHTO

4.2. Se muestran los resultados del uso de las fibras celulósicas en la subrasante en los suelos expansivos para verificar la mejorar de las propiedades mecánicas en el sector pueblo libre.

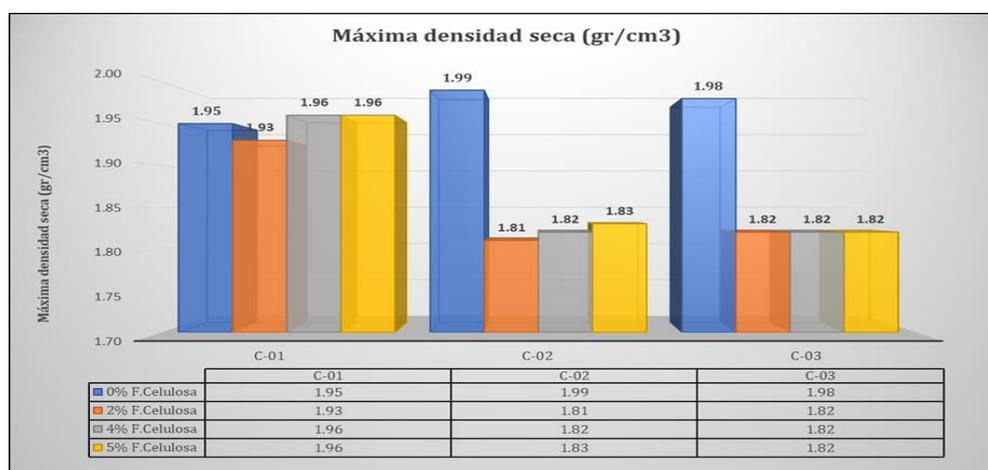
Tabla 3: Resultado de ensayo de Proctor modificado para las calicatas C-01, C-02, C-03.

Calicata	Adición	Máxima densidad seca (gr/cm3)	Optimo contenido de humedad (%)
C-1	0%	1.95	12.27%
	2%	1.93	12.09%
	4%	1.96	12.75%
	5%	1.96	12.80%
C-2	0%	1.99	11.33%
	2%	1.81	13.30%
	4%	1.82	13.35%
	5%	1.83	13.56%
C-3	0%	1.98	11.24%
	2%	1.82	11.33%
	4%	1.82	13.40%
	5%	1.82	13.53%

Fuente: Elaboración propia

Descripción: La tabla N°3 los resultados nos muestran del ensayo de Proctor modificado para las tres calicatas y a su vez cada uno con sus porcentajes de adiciones de fibras de celulosas de aserrín al 2%,4%y 5%, además del del óptimo contenido de humedad.

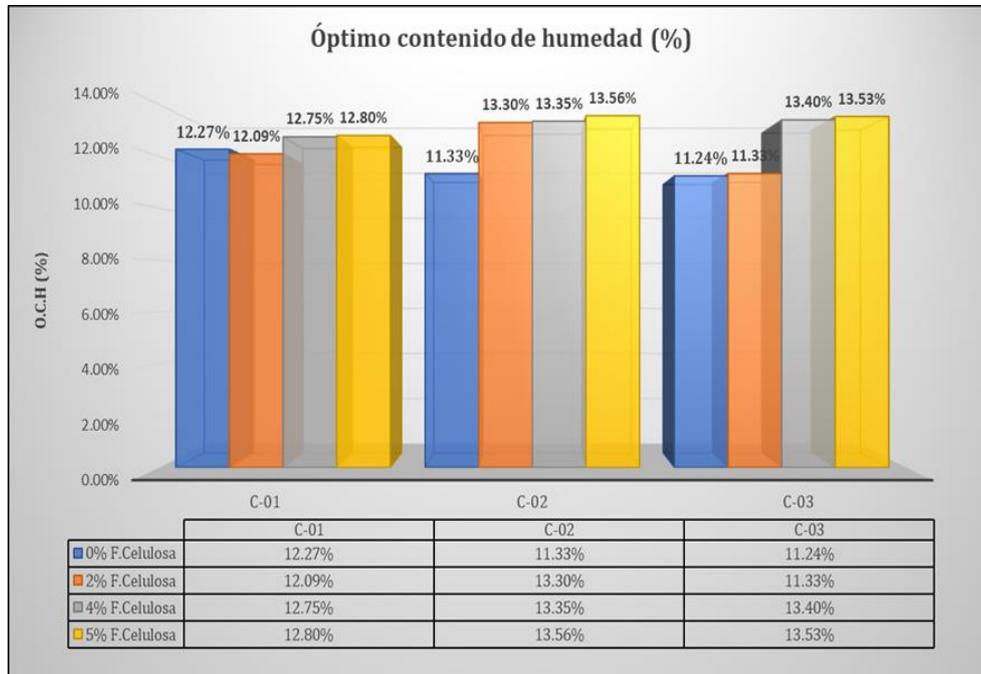
Gráfico 1: Máxima densidad seca C-01, C-02, C-03



Fuente: Elaboración propia

Descripción: La gráfica N°1 nos muestra los resultados de la MDS en unidades de gr/cm³ obtenidos de Proctor modificado, para cada una de las calicatas y a su vez para los diferentes porcentajes de fibra de celulosa, donde se observa que el porcentaje patrón al 0% el es mayor respecto a las adiciones.

Gráfico 2: Óptimo contenido de humedad C-01, C-02, C-03



Fuente: Elaboración propia

Descripción: La gráfica N°2 nos muestra los resultados del OCH en unidades de % del ensayo obtenidos de Proctor modificado, para cada una de las calicatas y a su vez para los diferentes porcentajes de fibra de celulosa, donde se observa que a mayor sea el porcentaje de adición de fibra de celulosa mayor es el óptimo contenido de humedad respecto al óptimo contenido de humedad patrón que es el 0%.

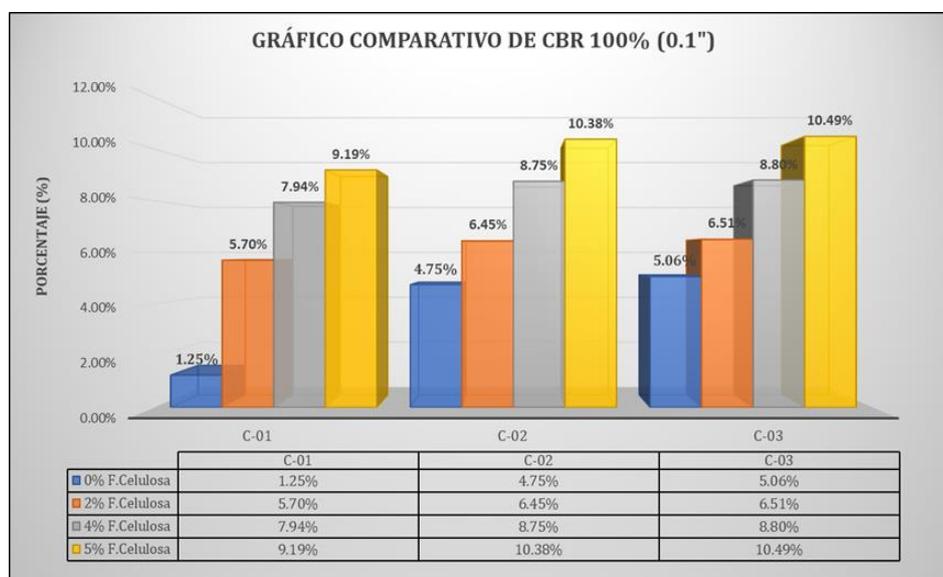
Tabla 4: Resultado de ensayo de CBR para las calicatas C-01, C-02, C-03

Calicata	Adición	Penetración (0.1")		Penetración (0.2")	
		100%	95%	100%	95%
C-1	0%	1.25%	1.25%	1.30%	1.28%
	2%	5.70%	5.70%	8.17%	7.32%
	4%	7.94%	7.94%	9.86%	9.70%
	5%	9.19%	9.19%	11.82%	11.28%
	0%	4.75%	3.67%	6.21%	3.58%
C-2	2%	6.45%	6.45%	10.86%	6.40%
	4%	8.75%	8.75%	13.95%	9.08%
	5%	10.38%	10.38%	16.06%	10.00%
	0%	5.06%	3.62%	7.56%	3.57%
C-3	2%	6.51%	6.51%	10.74%	6.46%
	4%	8.80%	8.80%	13.94%	9.13%
	5%	10.49%	10.49%	15.90%	10.10%
	0%	5.06%	3.62%	7.56%	3.57%

Fuente: Elaboración propia

Descripción: La tabla N°3 nos muestra los resultados del ensayo CBR para las tres calicatas y a su vez cada uno con sus porcentajes de adiciones de fibras de celulosas de madera al 2%,4%y 5%, en estas tablas nos muestra en CBR para una penetración 0.1" y 0.2".

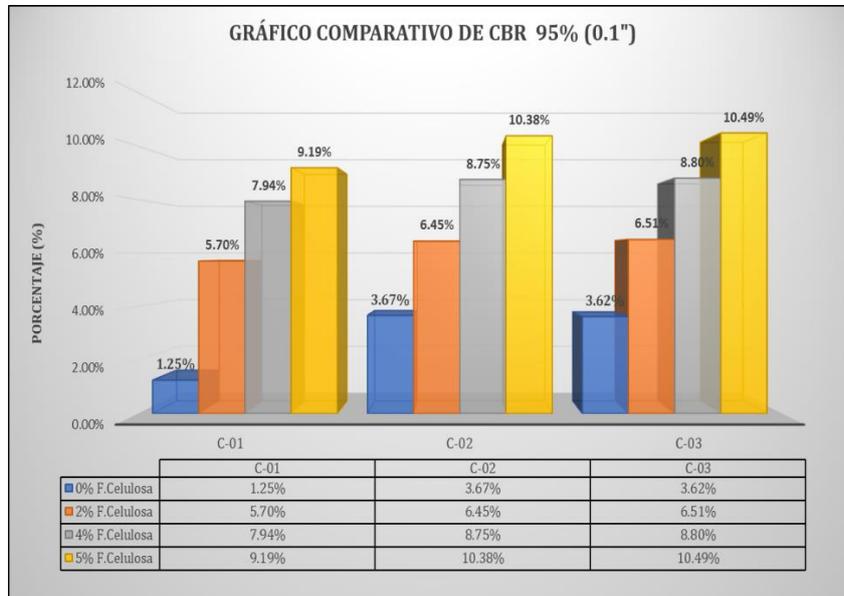
Gráfico 3: CBR al 100% con penetración al (0.1") de las calicatas C-01, C-02, C-03



Fuente: Elaboración propia

Descripción: La gráfica N°3 nos muestra los resultados del ensayo de CBR con penetración a (0.1”) al 100% donde se observa que el CBR patrón es menor respecto a los CBR con adición de fibra de celulosa al 2%,4% y 5%, por lo tanto, entre mayor sea la adición la capacidad portante del suelo mejora.

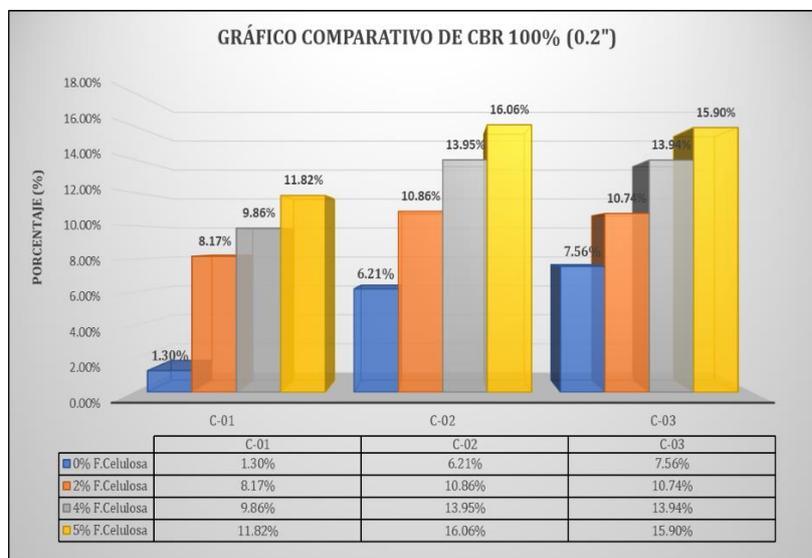
Gráfico 4: CBR al 95% con penetración al (0.1”) de las calicatas C-01, C-02, C-03



Fuente: Elaboración propia

Descripción: La gráfica N°4 nos muestra los resultados del ensayo de CBR con penetración a (0.1”) al 95% donde se observa que el CBR patrón es menor respecto a los CBR con adición de fibra de celulosa al 2%,4% y 5%, por lo tanto, entre mayor sea la adición la capacidad portante del suelo mejora.

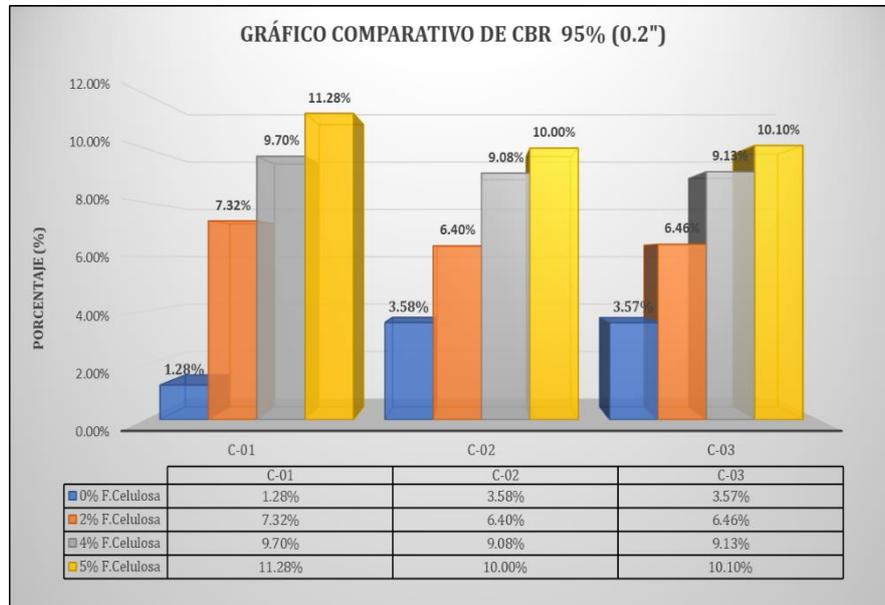
Gráfico 5: CBR al 100% con penetración al (0.2”) de las calicatas C-01, C-02, C-03



Fuente: Elaboración propia

Descripción: La gráfica N°5 nos muestra los resultados del ensayo de CBR con penetración a (0.2") al 100% donde se observa que el CBR patrón es menor respecto a los CBR con adición de fibra de celulosa al 2%,4% y 5%, por lo tanto, entre mayor sea la adición la capacidad portante del suelo mejora.

Gráfico 6:CBR al 95% con penetración al (0.2") de las calicatas C-01, C-02, C-03



Fuente: Elaboración propia

Descripción: La gráfica N°6 nos muestra los resultados del ensayo de CBR con penetración a (0.2") al 100% donde se observa que el CBR patrón es menor respecto a los CBR con adición de fibra de celulosa al 2%,4% y 5%, por lo tanto, entre mayor sea la adición la capacidad portante del suelo mejora.

4.3. Se determina el uso de las fibras de celulosas en la subrasante en los suelos expansivos mejora el impacto ambiental en el sector pueblo libre.

- ✓ Las fibras de celulosa que se utilizaron para esta investigación, fue del desecho que es comúnmente llamamos "aserrín", provenientes de las madereras, carpinterías etc. En esta investigación se pretenden reutilizar ese desecho en algo que contribuyan a la capacidad del suelo, donde se plantea que en vez de que este material sea quemado se pretenda utilizar en mejoras del suelo así obtiene buenos resultados y con respecto a la parte ambiental reducir la contaminación por el desecho antes mencionado.

V. DISCUSIÓN

Para (Hoyle & Rodríguez, 2019), nos explica en su investigación que, para aplicar los aditivos primero mejora la subrasante teniendo como clasificación al AASHTO A-2-6 (0), esto se asemeja a los valores obtenidos la cual es necesario una mejora en subrasante, en nuestros resultados se mostró que en la calicata I, los estratos son E-01, el contenido de humedad es 22.35%, el L. líquido es 32.03%, L. plástico es 13.36%, tiene un índice de plasticidad de 18.67%, una clasificación SUCS con CL (arcilla arenosa de baja plasticidad), su clasificación AASHTO A-6(10) (malo) y sus sales 2000ppm; en la calicata II, los estratos son E-01, la profundidad es de 0.10-1.50m, el contenido de humedad es 17.04%, el L. líquido es 33.03%, L. plástico es 13.61%, tiene un índice de plasticidad de 19.42%, una clasificación SUCS con CL (arcilla arenosa de baja plasticidad), su clasificación AASHTO A-6(7) (malo) y sus sales 1000ppm y en la calicata III, los estratos son E-01, la profundidad es de 0.10-1.50m, el contenido de humedad es 18.17%, el L. líquido es 33.50%, L. plástico es 13.62%, tiene un índice de plasticidad de 19.88%, una clasificación SUCS con CL (arcilla arenosa de baja plasticidad), su clasificación AASHTO A-6(7) (malo) y sus sales 2000ppm, según la investigación que hemos realizado y teniendo en cuenta estos resultados de las tres calicatas con muestras alteradas, se obtuvo sus características además su clasificación de suelos tanto por SUCS Y AASHTO, dando fe de lo investigado por los autores Hoyle & Rodríguez .

Como afirmó, (Ashok, et al; 2020), en su objetivo de este estudio fue analizar el efecto de las modificaciones químicas en la fibra de la vaina de areca en el comportamiento de tracción y flexión, con el fin de evaluar su potencial aplicabilidad en sectores como la industria automotriz y del embalaje, se observó una reducción en la resistencia a la flexión después de las modificaciones químicas. A comparación con esta investigación, en nuestro estudio en la calicata I, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado de optimo contenido de humedad de 12.27%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado de optimo contenido de humedad de 12.09%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado de optimo contenido de humedad de 12.75% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado de optimo contenido de humedad de 12.80%; en la Calicata II, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado de optimo contenido de humedad de 11.33%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado de optimo

contenido de humedad de 13.30%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado de optimo contenido de humedad de 13.35% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado de optimo contenido de humedad de 13.56% y en la Calicata III, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado de optimo contenido de humedad de 11.24%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado de optimo contenido de humedad de 11.33%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado de optimo contenido de humedad de 13.40% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado de optimo contenido de humedad de 13.53%, con estos resultados queda demostrado que al agregar mayor porcentaje de fibra de celulosa, este aumenta su optimo contenido de humedad, quedando así con un resultado óptimo. Al comparar los resultados hace que la investigación sea viable.

Como afirma, (Hoyle & Rodríguez, 2019), cuyo objetivo fue explorar la efectividad de la ceniza de eucalipto y fibras de musa paradisiaca para estabilizar suelos. se concluye que la sustitución del 10% de ceniza y fibras es la más favorable para la estabilización de suelos. Esto se corrobora con el valor de CBR del 11.2% al 95%, lo que indica una mayor resistencia. En nuestros resultados, el Resultado de ensayo de CBR para las calicatas C-01, C-02, C-03, nos demostró en la calicata I, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 100% de 1.25%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 100% de 5.70%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 100% de 7.94% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 100% de 9.19%; en la calicata II, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 100% de 4.75%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 100% de 6.45%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 100% de 8.75% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 100% de 10.38% y en la calicata III, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 100% de 5.06%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 100% de 6.51%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 100% de 8.80% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 100% de 10.49%, comparando con la calicata I, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado con

penetración de (0.1") al 95% de 1.25%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 95% de 5.70%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 95% de 7.94% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 95% de 9.19%; la calicata II, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 95% de 3.67%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 95% de 6.45%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 95% de 8.75% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 95% de 10.38% y en la calicata III, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 95% de 3.62%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 95% de 6.51%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 95% de 8.80% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado con penetración de (0.1") al 95% de 10.49%, donde en ambos valores, existe una ligera varianza, en nuestra investigación se demuestra que el más adecuado es el agregado de con penetración de (0.1") al 100%. Esto nos garantiza la viabilidad de la investigación a comparación de la investigación Hoyle & Rodríguez, el cual indica que Esto se corrobora con el valor de CBR del 11.2% al 95%, lo que indica una mayor resistencia.

A lo que afirma, (Carrasco & Medina, 2021), en su objetivo evaluar cómo las fibras celulósicas de resina de plátano pueden contribuir a mejorar la estabilidad y resistencia de la subrasante, con el fin de ofrecer una solución efectiva y sostenible para mejorar las condiciones del camino. En conclusión, se encontró que la adición de resina de plátano en suelos contribuye a mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante. Se demostró que la proporción óptima de resina de plátano para obtener la máxima resistencia es del 4.6%; comparando el Resultado de ensayo de CBR para las calicatas C-01, C-02, C-03; con la calicata I, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 100% de 1.30%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 100% de 8.17%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 100% de 9.86% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 100% de 11.82%; con la calicata II, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 100% de

6.21%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 100% de 10.86%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 100% de 13.95% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 100% de 16.06% y con la calicata III, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 100% de 7.56%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 100% de 10.74%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 100% de 13.94% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 100% de 15.90%; comparando con la calicata I, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 95% de 1.28%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 95% de 7.32%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 95% de 10.07% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 95% de 11.28%; con la calicata II, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 95% de 3.58%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 95% de 6.40%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 95% de 9.08% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 95% de 10.00% y con la calicata III, al adicionar 0% de fibra de celulosa, este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 95% de 3.57%, al adicionar 2% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 95% de 6.46%, al adicionar el 4% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 95% de 9.13% y al adicionar el 5% este nos arroja el resultado con penetración de (0.2") al 95% de 10.10%; comparando con el resultado con penetración de (0.2") al 100%, el resultado óptimo es de con penetración de (0.2") al 100% y comparando ambas penetraciones de (0.1" y 0.2"), la más optima sería la de 0.2" al 100%. En ambas las conclusiones dan un buen resultado en la mejora del suelo en su capacidad portante y en la relación del uso de las fibras garantiza al usarla una mejora en el medio ambiente ya que es un producto que se encuentra desperdiciado en el medio ambiente, el buen uso de la obtención hace que mejore el impacto ambiental, cumpliendo con las normativas vigentes ambiental.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que, teniendo estos resultados de las tres calicatas con muestras alteradas, donde se obtuvo sus características físicas, con un contenido de humedad de C-1: 22.35%, C-2: 17.04%, C-3: 18.17% con índice de plasticidad C-1: 18.67%, C-2 ES 19.42% Y C-3: 19.88%, además su clasificación de suelos tanto por AASTHO A-6-7(MALO) Y SUCS es CL (arcilloso con baja plasticidad).
2. Se concluye que, en las tres calicatas extraídas la que mejor tiene influencia es en la segunda calicata siendo el mayor óptimo contenido de humedad 13.56%, seguido de la C3 con la adición de 5% es de 13.53%, por lo tanto, existe una influencia significativa en las calicatas en relación a otros porcentajes como el 4% que llevo el 13.40% en C-3 y en C-2 llevo a 13.35%.
3. Se concluye que, comparando con el resultado con penetración de (0.2") al 100%, con el de penetración de (0.2") al 95%, el resultado óptimo es de con penetración de (0.2") al 100% y comparando ambas penetraciones de (0.1" y 0.2"), la más optima sería la de 0.2" al 100%.
4. Se concluye que, las fibras de celulosa que se utilizaron para esta investigación, fue del desecho que es comúnmente llamamos "aserrín", provenientes de las madereras, carpinterías etc. En esta investigación se pretender reutilizar ese desecho en algo que contribuyan a la capacidad del suelo, donde se plantea que debes de que este material sea quemado se pretenden utilizar en mejoras del suelo así obtiene buenos resultados y con respecto a la parte ambiental reducir la contaminación por el desecho antes mencionado.

VII. RECOMENDACIONES

1. Es recomendable que se analice las propiedades físicas y mecánicas con calicatas más profundas para saber su compartimiento y así establecer mejor CBR para la subrasante
2. Se debe tener en cuenta la influencia de aditivos con mayores profundidades en calicatas para establecer mejor el óptimo de densidad seca
3. Se recomienda, el uso de este material adicionante por que mejora eficaz el CBR de diseño la subrasante y probar con más porcentajes superiores.
4. Se recomienda usar materiales innovadores, los cuales sean amigables con el medio ambiente, para así contribuir con la lucha de cuidar el medio ambiente.

REFERENCIAS

- Amendola y otros. (2017). *Study of the application of asset management in Colombian road infrastructure: design of a management model*. July, 645–657. <http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/360/AT02-021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Amorós y Bendezú. (2019). Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm². 2019, 128. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626313/BENDEZU_UJ.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Andachi. (2020). Estudio del módulo de elasticidad estático del hormigón en base a su resistencia a la compresión fabricado con materiales de las minas: La playa, ubicada en el cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi y Salvador, Ubicada en el Cantón Ambato Provincia de Tugu. *Universidad Técnica de Ambato*, 1–124. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31423/1/Tesis I. C. 1407 - Andachi Solis Oscar Eduardo.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31423/1/Tesis_I_C.1407-Andachi_Solis_Oscar_Eduardo.pdf)
- Antunez. (2019). Resistencia a la compresión y flexión de concreto con 10% y 20% de fibras de caucho reciclado. *Universidad San Pedro*.
- Aquino y Mosqueira. (2019). Variación de la resistencia a la flexión de vigas de concreto armado al ser reforzadas con láminas de fibras de carbono (CFRP). *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(4), 1–12. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2663>
- ABHIJEET ET AL., 2020. Utilization of waste glass powder in the production of cement and concrete. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 124, no. May, pp. 866-877. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2016.08.016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061823007900>.
- ADIGUZEL ET AL., 2023. Application and optimization of bipolar membrane process for drinking water production from Black Sea. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 408, no. July. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2023.136814. Disponible en:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652623009721>.
- AHMAD, 2022. Construcción y Materiales de Construcción Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras Naturales y Sintéticas: Una Revisión. *Construcción y Materiales de Construcción* [en línea], pp. 1-25. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127353>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822010339>.
- ASHOK ET AL., 2020. Propiedades de tracción y flexión de las fibras de la vaina de areca. *Materiales hoy: Actas* [en línea], no. 2013, pp. 2016-2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.10.049>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785318323368>.
- CALDERÓN ET AL., 2022. Microbiome, resistome and mobilome of chlorine-free drinking water treatment systems. *bioRxiv* [en línea], vol. 235, no. May, pp. 2022.12.08.519565. DOI <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119905>. Disponible en: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.12.08.519565v1%0Ahttps://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.12.08.519565v1.abstract>.
- CARRASCO Y MEDINA, 2021. *Influencia de la resina de plátano para aumentar el CBR de la Sub Rasante Moyobamba-2021* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 0000000242738. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- CASCIATI ET AL., 2022. Resilience and sustainability for educational buildings. *Journal of Infrastructure Intelligence and Resilience* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 100005. ISSN 27729915. DOI [10.1016/j.iintel.2022.100005](https://doi.org/10.1016/j.iintel.2022.100005). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772991522000056>.
- CÓRDOVA ET AL., 2022. Effect of low pH on growth and shell mechanical properties of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus*. *Marine Environmental Research* [en línea], vol. 177, no. May, pp. 1-16. ISSN 18790291. DOI [10.1016/j.marenvres.2022.105639](https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105639). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141113622000848>.
- DIERA ET AL., 2023. A non-target screening study of high-density polyethylene pipes revealed rubber compounds as main contaminant in a drinking water distribution system. *Water Research* [en línea], vol. 229, no. February. ISSN

18792448. DOI 10.1016/j.watres.2022.119480. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135422014257>.
- GARROTE ET AL., 2019. Civil engineering works versus self-protection measures for the mitigation of floods economic risk. A case study from a new classification criterion for cost-benefit analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction* [en línea], vol. 37, no. July. ISSN 22124209. DOI 10.1016/j.ijdr.2019.101157. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212420918312184>.
- GAUVIN Y MATRIEU, 2020. Durability study of vinylester/silicate nanocomposites for civil engineering applications. *Polymer Degradation and Stability* [en línea], vol. 121, no. November, pp. 359-368. ISSN 01413910. DOI 10.1016/j.polymdegradstab.2015.09.010. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141391015300835>.
- GEBREMICHAEL ET AL., 2023. Waste glass recycling : The combined effect of particle size and proportion in concrete manufactured with waste recycled glass. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 392, no. August. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132044>. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061823017580>.
- HAN ET AL., 2022. Performance of sustainable concrete made from waste oyster shell powder and blast furnace slag. *Journal of Building Engineering* [en línea], vol. 47, no. April. ISSN 23527102. DOI 10.1016/j.job.2021.103918. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221017769>.
- HARPAZ ET AL., 2022. Potencial de los algoritmos de aprendizaje automático supervisado para estimar el impacto de los escenarios de uso eficiente del agua en la acumulación de sólidos en las alcantarillas. *Investigación del agua Volumen* [en línea], pp. 1-18. DOI <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118247>. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004313542200210X>.
- HOYLE Y RODRÍGUEZ, 2019. *Estabilización del suelo de la trocha carrozable con fibras de raquis de Musa Paradisiaca y cenizas de hojas Eucaliptus de los caseríos Canchas a Colcap, Jimbe, Santa, Áncash – 2019* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 0000000345. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/46335/Hoyle_VPM-Rodriguez_LCA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- KAMMOUN ET AL., 2023. Comparative study of deterministic and probabilistic assessments of microbial risk associated with combined sewer overflows upstream of drinking water intakes. *Environmental Challenges* [en línea], vol. 12, no. August. ISSN 26670100. DOI 10.1016/j.envc.2023.100735. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667010023000598>.
- LAMBROPOULOS ET AL., 2020. Reforming Civil Engineering Studies in Recession Times. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [en línea], vol. 119, no. March, pp. 776-785. ISSN 18770428. DOI 10.1016/j.sbspro.2014.03.087. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814021788>.
- LANCIONI ET AL., 2023. Polyethylene pipes exposed to chlorine dioxide in drinking water supply system: A critical review of degradation mechanisms and accelerated aging methods. *Water Research* [en línea], vol. 238, no. June. ISSN 18792448. DOI 10.1016/j.watres.2023.120030. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135423004669>.
- LIU ET AL., 2023. Microstructural feature of cellulose fibre in cement-based composites at different curing temperature. *Journal of Building Engineering* [en línea], vol. 63, no. January, pp. 4-9. ISSN 23527102. DOI 10.1016/j.jobbe.2022.105569. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221450952300164X>.
- MARTINEZ, 2020. *Estabilización de suelos arcillosos adicionando el 10 y 20% de ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de Subrasante en el Distrito de Bernal* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- MONFARED ET AL., 2023. A systematic study on composite materials in civil engineering. *Ain Shams Engineering Journal* [en línea], vol. 6, no. April, pp. 1-78. ISSN 20904479. DOI 10.1016/j.asej.2023.102251. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447923001405>.
- MORADI ET AL., 2023. Removal of chloride ion from drinking water using Ag NPs-Modified bentonite: Characterization and optimization of effective parameters

- by response surface methodology-central composite design. *Environmental Research* [en línea], vol. 223, no. April. ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2023.115484. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935123002761>.
- NETINGER ET AL., 2020. Application of blast furnace slag in civil engineering. *Characteristics and Uses of Steel Slag in Building Construction* [en línea], no. 0, pp. 51-66. DOI 10.1016/b978-0-08-100368-8.00004-x. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978008100368800004X>.
- PIEDRA ET AL., 2021. Evaluación de la estabilización de un suelo expansivo utilizando ceniza de cáscara de arroz, distrito de Jaén, Cajamarca, Perú. [en línea], vol. 8, pp. 1-6. DOI <https://doi.org/10.26495/icti.v8i2.1914>. Disponible en: <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1914>.
- QIANG Y XU, 2023. Compression behavior and permeability of concrete composed of glass sand and rice husk ash. *Journal of Building Engineering* [en línea], no. June. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107095>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710223012743>.
- QIANKUN ET AL., 2023. Experimental investigation of concrete prepared with waste rubber and waste glass. *Ceramics International* [en línea], vol. 49, no. 11. ISSN 02728842. DOI 10.1016/j.ceramint.2023.02.058. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272884223003462>.
- REZAAE Y TABESH, 2022. Effects of inflow, infiltration, and exfiltration on water footprint increase of a sewer system: A case study of Tehran. *Sustainable Cities and Society* [en línea], vol. 79, no. April. ISSN 22106707. DOI 10.1016/j.scs.2022.103707. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670722000397>.
- RUIZ ET AL., 2021. Learning from hydrological and hydrogeological problems in civil engineering. Study of reservoirs in Andalusia, Spain. *Engineering Geology* [en línea], vol. 282, no. March. ISSN 00137952. DOI 10.1016/j.enggeo.2020.105916. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013795220318135>.
- SALCEDO, 2021. *Caracterización del uso de estabilizantes químicos para mejorar la capacidad portante del pavimento a nivel de afirmado y propuesta de*

aplicación, Cajamarca [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30232/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VIGNESHWARAN ET AL., 2020. Recent advancement in the natural fiber polymer composites: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 277, no. December. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.124109. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620341548>.

WANG ET AL., 2021. Optimal design and operation of hybrid renewable energy system for drinking water treatment. *Energy* [en línea], vol. 219, no. March. ISSN 03605442. DOI 10.1016/j.energy.2020.119673. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220327808>.

WYNNE ET AL., 2022. Perceptions of long-term monitoring for civil and structural engineering. *Structures* [en línea], vol. 41, no. July, pp. 1616-1623. ISSN 23520124. DOI 10.1016/j.istruc.2022.05.090. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352012422004520>.

YONGMEI ET AL., 2021. A UVC based advanced photooxidation reactor design for remote households and communities not connected to a municipal drinking water system. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea], vol. 9, no. 3. ISSN 22133437. DOI 10.1016/j.jece.2021.105162. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343721001391>.

ZADA ET AL., 2023. Recent advances in expansive soil stabilization using admixtures: current challenges and opportunities. *Case Studies in Construction Materials* [en línea], vol. 18, no. July, pp. 1-32. ISSN 22145095. DOI 10.1016/j.cscm.2023.e01985. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221450952300164X>.

ZHIGANG ET AL., 2020. Study of uniform experiment design method applying to civil engineering. *Procedia Engineering* [en línea], vol. 31, pp. 739-745. ISSN 18777058. DOI 10.1016/j.proeng.2012.01.1095. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812011198>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente: fibras celulósicas	Esta variable se refiere a la incorporación de fibras celulósicas en el suelo expansivo con el propósito de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Las fibras celulósicas son materiales derivados de la celulosa presente en plantas y tienen la capacidad de modificar las características del suelo, como su resistencia y estabilidad. (Salezi et al., 2022)	En este estudio, se investigará la influencia de las fibras celulósicas en las propiedades físicas y mecánicas. Para ello, se realizarán diferentes dosificaciones de fibras celulósicas, específicamente en porcentajes del 2%, 4% y 5%. Estas dosificaciones permitirán evaluar de manera precisa el efecto de las fibras celulósicas en las propiedades del material en estudio.	Dosificación	2%	Razón
				4%	
				5%	
Variable dependiente: Capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos.	Esta variable se refiere a la capacidad del suelo expansivo para soportar cargas y resistir deformaciones bajo la subrasante, que es la capa inferior de una carretera o estructura. La capacidad portante está relacionada con la resistencia del suelo y su capacidad para soportar las cargas sin sufrir fallas, asentamientos excesivos o deformaciones que puedan comprometer la estabilidad de las estructuras construidas sobre él. (Tanishita et al., 2023)	En este estudio, se definirá operacionalmente la capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos a través de la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas. Estas propiedades nos permitirán determinar la resistencia del suelo y su estabilidad ante los asentamientos. De esta manera, podremos obtener una medida cuantitativa de la capacidad portante del suelo, lo que nos proporcionará información crucial para comprender su comportamiento y su idoneidad para aplicaciones específicas.	Propiedades físicas	Granulometría (%)	Razón
				Contenido de humedad	
				Clasificación de suelo SUCS y AASTHO	Razón
				Limite líquido %	
			Limite plástico %	Razón	
			Propiedades mecánicas		Máxima densidad seca (gr/cm ³)
Óptimo contenido de humedad %					
CBR (%)					

Nota: Elaboración propia

Anexo 2. Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Metodología
PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	HIPÓTESIS GENERAL:	VARIABLE INDEPENDIENTE				Tipo de Investigación: Aplicada Diseño de Investigación: Experimental Población: será en el laboratorio F&M Engineering and Construction S.A.C, donde se realizarán 16 Proctor y 12 cbr por calicata agregando de forma parcial la fibra celulosa en porcentaje de 2%,4% y 5% analizando Muestra: 48 moldes de proctor cuya medida es 4"x4.60" y 32 Cbr 6"x7" Técnicas: Observación directa Instrumentos de recolección de datos: Fichas de
¿Cómo influirá el uso de las fibras celulósicas en las propiedades físicas y mecánicas para mejorar la capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos, sector pueblo libre, Jaén – 2023?	Analizar si las fibras celulósicas mejoran las propiedades físicas y propiedades mecánicas en la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, sector pueblo libre, Jaén – 2023	La adición de fibras celulósicas influye en las propiedades físicas y mecánicas en la subrasante en suelos expansivos en el sector Pueblo Libre, Jaén - 2023	Fibras Celulosas	Dosificación de las Fibras Celulosas	2%, 4% y 5% de Fibra Celulosas.	Excel	
PROBLEMAS ESPECIFICOS:	OBJETIVOS ESPECIFICOS:	HIPOTESIS ESPECIFICAS:	VARIABLE DEPENDIENTE				
1) ¿De qué manera el uso de las fibras celulósicas en la subrasante en suelos expansivos mejorara la propiedad física y mecánicas en el sector pueblo libre, Jaén – 2023?	1). Determinar si el uso de las fibras celulósicas en la subrasante en los suelos expansivos mejorara la propiedad física en el sector pueblo libre, Jaén – 2023.	1) La adición de fibras celulósicas influye en las propiedades físicas y mecánicas en la subrasante en suelos expansivos en el sector pueblo libre, Jaén – 2023		Propiedades físicas	Contenido de humedad	ASTM D – 2216 NTP. 339.127	
					Limite liquido %	ASTM D - 4318 NTP. 339.29	
					Limite plástico %		
					Granulometría %	ASTM D – 422 NTP. 339.128	
2) ¿De qué manera el uso de las fibras celulósicas en la subrasante en suelos expansivos mejorara la propiedad mecánica en el sector pueblo libre, Jaén – 2023?	2) Determinar si el uso de las fibras celulósicas en la subrasante en los suelos expansivos mejora la propiedad mecánica en el sector pueblo libre, Jaén – 2023.	2) La adición de fibras celulósicas influye en las propiedades mecánicas en la subrasante en suelos expansivos en el sector pueblo libre, Jaén – 2023	Capacidad portante de la subrasante en suelos expansivos.		Clasificación de suelo SUCS y AASHTO	NTP. 339.134 ASTM D 3282	

3) ¿De qué manera el uso de las fibras celulosas en la subrasante en los suelos expansivos mejorara el impacto ambiental en el sector pueblo libre, Jaén – 2023?	3) Determinar si el uso de las fibras celulosas en la subrasante en los suelos expansivos mejorara el impacto ambiental en el sector pueblo libre, Jaén – 2023.	3) La adición de fibras celulosas influye en el impacto ambiental en la subrasante en suelos expansivos en el sector pueblo libre, Jaén – 2023.		Propiedades mecánicas	Máxima densidad seca (gr/cm3)	ASTM D - 4253	laboratorio
					Optimo contenido de humedad %	ASTM D - 2216	
					CBR	ASTM D - 1883	

Nota: Elaboración propia

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA EL PROYECTO:

“Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén – 2023”

SOLICITADO: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

UBICACIÓN: JAÉN, JAÉN, CAJAMARCA

RESPONSABLE: ING. ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE

Setiembre, 2023



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

INDICE

1. GENERALIDADES	3
1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO	3
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
1.3 NORMATIVA VIGENTE	3
1.4 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
2. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL AREA DE ESTUDIO	4
2.1 GEOLOGIA	4
2.2 GEOMORFOLOGIA	4
3. PROTOCOLO DE INVESTIGACION	5
3.1 TÉCNICAS DE INVESTIGACION DE CAMPO	5
CALICATAS	5
3.2 PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO	5
3.3 IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL DE AGUAS FREATICAS IN SITU	6
3.4 ENSAYOS DE LABORATORIO	6
4. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS	6
4.2 PLASTICIDAD	7
4.3 ÍNDICE DE GRUPO	7
4.4 HUMEDAD	8
5. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE	9
4. ANÁLISIS DE AGRESIVIDAD DEL SUELO	10
8. CONCLUSIONES	11
9. RECOMENDACIONES	11
10. Bibliografía	12
11. PANEL FOTOGRAFICO	¡Error! Marcador no definido.


ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495



fmengineeringsac@gmail.com

Indecopi

N°00146584
N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente Informe Técnico tiene como objetivo reportar e interpretar los resultados del estudio de mecánica de suelos de la investigación "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023", Para tal efecto se ha desarrollado la presente investigación geotécnica, en la cual se complementan trabajos de campo, ensayos de laboratorio y cálculos de gabinete, a fin de esclarecer las características del subsuelo, y el comportamiento del mismo, frente a esfuerzos producidos por solicitaciones propias de proyectos viales.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Las fases de exploración, análisis de campo y ensayos de laboratorios efectuados, así como la aplicación de la Ingeniería Geotécnica han sido desarrolladas con el objetivo de establecer las características de los suelos subyacentes y cuanto pueden deformarse por la aplicación de cargas que impondrán los vehículos sobre las vías proyectadas y la estructura sobre el suelo de fundación.

1.3 NORMATIVA VIGENTE

El siguiente Estudio de Mecánica de Suelos, fue desarrollado en concordancia con las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones:

- A. CE.010: "Pavimentos Urbanos"
- B. Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC.

1.4 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio, está ubicada Pueblo libre-Jaén-Cajamarca



Fig.1: Departamento de
Cajamarca

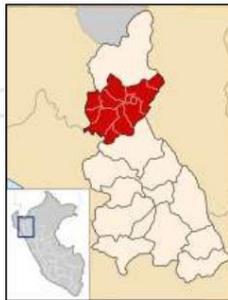


Fig.2: Provincia de Jaén

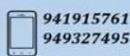


Fig.3: Distrito de Jaén


ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



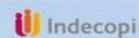
Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineeringsac@gmail.com



N°00146584
N°00146585



Iso 9001:2015

2. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 GEOLOGIA

En Jaén se ha identificado afloramientos restringidos de calizas pertenecientes al Grupo Pucará los que infra yacen a rocas volcánicas de la formación Oyotún.

El Grupo Pucará está constituido por calizas de color gris, pardo amarillento con tonalidades rojizas por meteorización, lo conforman estratos medios a delgados, de textura microcristalina, son a veces ondulados y de aspecto brechoide. Hay afloramientos que encuentran otras particularidades, tienen venillas de calcita recristalizada y también algunas concreciones de chert y material silíceo.

También se presentan brechas calcáreas con fracturas irregulares, en estratos gruesos, macizos, que tienden a formar escarpas, la brecha se compone de fragmentos correspondientes a calizas que muestran contornos angulosos y tamaño variada, englobados en una matriz de color gris violáceo de grano fino, de naturaleza calcárea y calcáreo silíceo.

Edad y correlación. -Se ha identificado monotis típica del Noriano. Se correlaciona con la formación La Leche, también es correlacionable con la Formación Santiago.

2.2 GEOMORFOLOGIA

Complejo de terrazas inundable y no inundable

Ocupa una extensión de 42,267.41 has que equivale al 1.28% de la superficie total estudiada, comprende altitudes de 200 y 2150 m.s.n.m.

Corresponde a valles interandinos en los que existe terrazas inundables y no inundables ubicados por encima de la llanura o planicie de inundación aluvial y fluvial, originados por depósitos aluviales y fluviales del holoceno como consecuencia del transporte de sedimentos originados de procesos denudacionales y erosivos de las partes altas de las colinas y de las montañas como reflejo del accionar de los agentes geomorfológicos externos; muy excepcionalmente son originados por depósitos fluvio-glaciares del pleistoceno.

Específicamente se localiza como un área relativamente pequeña en la margen del río Chinchipe a la altura de los distritos de Huarango y San Ignacio y, del río Tabaconas al sur del distrito de La Coipa, todos de la provincia de San Ignacio; otra zona que se extiende por las márgenes del río Chinchipe atravesando el distrito de Santa Rosa, hasta el río Marañón; asimismo existe otra zona bien marcada en el distrito de Bellavista (valle Shumba), así como en el distrito de Jaén de la provincia del mismo nombre.


ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495



fmengineering@gmail.com

Indecopi

N°00146584
N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Otra zona representativa se localiza en el distrito de Condebamba nombrado como el Valle de Condebamba; ocupa sectores de los ríos Cajamarquino y Crisnejas y prácticamente todo el sector del río Condebamba; se extiende desde el Sur Este del distrito de Cachachi y Sur Oeste del distrito de Chancay (río Cajamarquino), hasta el Sur Este del distrito de Cachachi y Su Oeste del distrito de Cajabamba.

Asimismo, incluye importante área en las márgenes de los ríos de Nancho y parte baja del río Jequetepeque, así como del río Chotano entre los distritos de Chota y Lajas. Actualmente, en la totalidad de estas áreas y por la virtud de su clima, se viene practicando una agricultura intensiva con cultivos anuales como el arroz, el maíz amarillo duro, caña de azúcar y algunos frutales como el mango, la palta, productos de exportación. La pendiente dominante fluctúa del 2 al 8%.

3. PROTOCOLO DE INVESTIGACION

3.1 TÉCNICAS DE INVESTIGACION DE CAMPO CALICATAS

Este sistema de exploración permite evaluar directamente las diferentes características del subsuelo pues facilita la visualización de la estratigrafía del suelo in situ y la extracción de muestras con características y propiedades en estado natural.

La exploración del subsuelo se realizó mediante tres (03) excavaciones a cielo abierto o calicatas, previamente ubicadas, con un área de influencia que cubre estratégicamente el área de estudio.

3.2 PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Esta etapa ha comprendido las siguientes actividades:

1. El solicitante identificó previamente la ubicación de los puntos de exploración (calicatas), conviniendo en que cada calicata abarque un área de estudio adecuadamente repartida.
2. Se realizó la exploración del suelo de las calicatas, en un área de aproximadamente 0.80x0.80m. y a una profundidad mínima de 1.50m., desde el nivel del terreno natural.
3. Se extrajeron muestras representativas de los estratos identificados para cada calicata, en cantidad suficiente para la realización de los ensayos de laboratorio estándar y especiales. Asimismo, se identificaron las características físicas del suelo (color, textura, olor, entre otras).
4. Las muestras se extrajeron mediante la utilización de herramientas manuales de extracción de suelo.


ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineeringsac@gmail.com



N°00146584
N°00146585



Iso 9001:2015

3.3 IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL DE AGUAS FREATICAS IN SITU

En la fecha del mes de diciembre de excavación, no se ha detectado la presencia de nivel freático. Cabe indicar que el clima en la fecha, es templado-caluroso con valores de temperatura comprendidos entre 18°C-30°C; mayormente soleado con baja probabilidad de ocurrencia de precipitaciones en días previos a la exploración.

3.4 ENSAYOS DE LABORATORIO ENSAYOS ESTANDAR

- ✓ NTP339.127: Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
- ✓ NTP 339.128: Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
- ✓ NTP 339.132: Suelos. Método de ensayo para determinar el material que pasa el tamiz No 200 (75 μ m).
- ✓ NTP 339.129: Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
- ✓ NTP 339.134: Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS).
- ✓ NTP 339.135: Suelos. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte.
- ✓ NTP 339.152: Suelos. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea.

ENSAYOS ESPECIALES

- ✓ NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando una energía modificada 2700 KN-M/M³.
- ✓ NTP 339.145: Suelos. Método de ensayo de CBR, Relación de Soporte California, de suelos compactados en el laboratorio.

4. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

La estratigrafía se definió mediante la interpretación de los registros estratigráficos de la exploración efectuada y se estableció la siguiente conformación del subsuelo.

4.1 CONFORMACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL SUBSUELO CALICATA 01 (C-1)

- 0.00 – 0.10 m. Relleno natural.
- 0.10 – 1.50 m. Estrato clasificado en el Sistema "SUCS", como un suelo, "CL", Arcilla arenosa de baja plasticidad, identificado en el sistema AASTHO, como A-6 (10), de color marrón oscuro, suelo semi compacto, con un intermedio contenido de humedad natural intermedio índice de plasticidad.


ANGELA VIVIANA VILLANUEVA, ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineering@gmail.com

 Indecopi

N°00146584
N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CALICATA 02 (C - 2)

- 0.00 – 0.10 m. Relleno natural.
- 0.10 – 1.50 m. Estrato clasificado en el Sistema "SUCS", como un suelo, "CL", Arcilla arenosa de baja plasticidad, identificado en el sistema AASTHO, como A-6 (7), de color Marrón oscuro, suelo semi compacto, con un intermedio contenido de humedad natural intermedio índice de plasticidad.

CALICATA 03 (C - 3)

- 0.00 – 0.10 m. Relleno natural.
- 0.20 – 1.50 m. Estrato clasificado en el Sistema "SUCS", como un suelo, "CL", Arcilla arenosa de baja plasticidad, identificado en el sistema AASTHO, como A-6 (7), de color Marrón oscuro, suelo semi compacto, con un intermedio contenido de humedad natural intermedio índice de plasticidad.

4.2 PLASTICIDAD

El nivel de plasticidad del suelo, se categoriza según la siguiente tabla, extraída del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

✓ Subrasante:

EXPLORACIÓN	MUESTRA	AASHTO	IP (%)
C-1	E-1	A-2-6 (1)	17.68
C-2	E-1	A-6 (6)	17.83
C-3	E-1	A-2-7 (1)	18.35

4.3 ÍNDICE DE GRUPO

El índice de grupo es calculado mediante la siguiente expresión:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01 (bd)$$

Y permite categorizar el suelo según la siguiente tabla, extraída del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC.


ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineering@gmail.com

Indecopi

N°00146584
N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Muy Pobre
IG entre 4 a 9	Pobre
IG entre 2 a 4	Regular
IG entre 1 a 2	Bueno
IG entre 0 a 1	Muy Bueno

De los resultados de los ensayos de laboratorio se tienen los siguientes valores:

✓ Subrasante:

EXPLORACIÓN	MUESTRA	IG
C-1	E-1	10.37
C-2	E-1	7.19
C-3	E-1	7.19

4.4 HUMEDAD

El material analizado presenta valores de humedad superiores al O.C.H. obtenido para cada exploración. Según se indica:

✓ Subrasante:(sin adición)

EXPLORACIÓN	%W	M.D.S (gr/cm ³)	%O.C.H
C-1	22.35	1.95	12.27
C-2	33.03	1.99	11.33
C-3	33.50	1.98	11.24

✓ Subrasante:(con adición de fibra de celulosa al 2%)

EXPLORACIÓN	M.D.S (gr/cm ³)	%O.C.H
C-1	1.93	12.09
C-2	1.81	13.30
C-3	1.82	11.33


ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495



fmengineeringsac@gmail.com

Indecopi

N°00146584
N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

- ✓ Subrasante:(con adición de fibra de celulosa al 4%)

EXPLORACIÓN	M.D.S (gr/cm3)	%O.C.H
C-1	1.96	12.75
C-2	1.82	13.35
C-3	1.82	13.40

- ✓ Subrasante:(con adición de fibra de celulosa al 5%)

EXPLORACIÓN	M.D.S (gr/cm3)	%O.C.H
C-1	1.96	12.80
C-2	1.83	13.56
C-3	1.82	13.53

5. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE.

El CBR de diseño del proyecto se ha definido sobre la base de la sectorización de áreas debido a su capacidad de soporte de suelo de subrasante, según se indica en la tabla siguiente extraída del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC.

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3%A CBR <6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR <10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10%A CBR <20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20%A CBR <30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Se han utilizado valores de CBR obtenidos en el laboratorio, de muestras extraídas de las calicatas C-1, C-2 y C-3, según lo indicado en la Norma CE. 010" Pavimentos Urbanos" del R.N.E y el manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC. Los valores de CBR, obtenidos de ensayos de laboratorio, son los siguientes:


ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



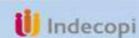
Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineering@gmail.com



N°00146584
N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Se ha tomado como valor de CBR el referido al 95% y 100% de la Máxima Densidad Seca obtenida del ensayo de Proctor, para una penetración de carga de 0.1" y 0.2".

Calicata	Adición	Penetración (0.1")		Penetración (0.2")	
		100%	95%	100%	95%
C-1	0%	1.25%	1.25%	1.30%	1.28%
	2%	5.70%	5.70%	8.17%	7.32%
	4%	7.94%	7.94%	9.86%	10.07%
	5%	9.19%	9.19%	11.82%	11.28%
C-2	0%	4.75%	3.67%	6.21%	3.58%
	2%	6.45%	6.45%	10.86%	6.40%
	4%	8.75%	8.75%	13.95%	9.08%
	5%	10.38%	10.38%	16.06%	10.00%
C-3	0%	5.06%	3.62%	7.56%	3.57%
	2%	6.51%	6.51%	10.74%	6.46%
	4%	8.80%	8.80%	13.94%	9.13%
	5%	10.49%	10.49%	15.90%	10.10%

4. ANÁLISIS DE AGRESIVIDAD DEL SUELO

A continuación, se muestra una tabla de contenidos de sales solubles totales en las calicatas de exploración:

✓ **Subrasante**

EXPLORACIÓN	MUESTRA	P.P.M.	NIVEL
C-1	E-1	2000	No perjudicial
C-2	E-1	1000	No perjudicial
C-3	E-1	2000	No perjudicial


ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineering@sac@gmail.com



N°00146584
N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

8. CONCLUSIONES

- ✓ El presente informe técnico corresponde al Estudio de Mecánica de Suelos, del proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023".
- ✓ La investigación corresponde a trabajos de campo, ensayos de laboratorio y análisis cuyos resultados se presentan en el siguiente informe. Se realizaron tres (03) calicatas o excavaciones a cielo abierto. La profundidad de excavación mínima fue de 1.50 m. desde el nivel de suelo natural.
- ✓ Utilizar cemento tipo I, para que el concreto de pavimento en calzada y vereda si es necesario.
- ✓ Si en la zona del proyecto, se notara la presencia de filtraciones superficiales debido a lluvias, aniegos, fugas, entre otros; a la profundidad excavación con respecto a la superficie natural del terreno, se recomienda diseñar un sistema de drenaje superficial (sangría) para poder evacuar el agua de filtración y facilitar el proceso constructivo y la funcionabilidad del terreno.
- ✓ Previo a la ejecución de las obras de pavimentación, se recomienda efectuar una evaluación de las redes de agua y desagüe que pasan por las áreas que serán intervenidas y en el caso de detectar alguna fuga de agua o la existencia de redes deterioradas, efectuar las reparaciones correspondientes.
- ✓ Los resultados, conclusiones y recomendaciones indicados en el presente informe, deberán ser usados únicamente para la zona investigada, no siendo válida para otras zonas.

9. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda, la aireación de la capa de subrasante, para que el nivel de humedad natural descienda hasta alcanzar el óptimo contenido de humedad de acuerdo a los resultados del ensayo de Proctor modificado. Posteriormente se debe compactar la subrasante hasta alcanzar el 95% de la Máxima Densidad Seca obtenida en el ensayo del Proctor modificado. Además, puesto que el nivel de subrasante se clasifica como S1 (Subrasante buena), se recomienda mejorar la estructura del pavimento de la siguiente manera.

-CAPA DE RELLENO DE AFIRMADO

Se recomienda retirar la capa actual encontrada, debido a la contaminación; y reemplazar la misma por material de base y/o subbase con espesores que serán determinadas por el profesional responsable del proyecto. Se recomienda que estas capas cumplan con los requisitos indicados:


ANGELLA VIVIANA VILLANUEVA, ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495



fmengineering@gmail.com

Indecopi

N°00146584
N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

– BASE: Compuesto por una capa de material de afirmado, que deberá cumplir la granulometría indicada en la norma CE 010, que se muestra a continuación:

Requerimiento granulométrico para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	-	-
25 mm (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (N° 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (N° 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm (N° 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm (N° 200)	2-8	5-15	5-15	18-15

FUENTE: Sección 305 de las EG-2000 del MTC

* La curva de gradación A deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior 3000 msnm.

10. Bibliografía

- ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones. Actualizado, concordado, normas complementarias. Lima 2018, Cámara Peruana de la Construcción.
- ✓ Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – MTC.
- ✓ Juárez Badillo – Rico Rodríguez: "Mecánica de Suelos" Tomo I.
- ✓ Enrique Rivva López: "Materiales para el Concreto". Tercera Edición 2014.
- ✓ Karl Terzaghi/ Ralph B. Peck: "Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica".
- ✓ Segunda Edición 1973.


ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineeringsac@gmail.com



N°00146584
N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
 TESISISTA : Guerrero Izaga Ricardo Alexander
 UBICACIÓN : Pueblo libre, Jaén - 2023
 FECHA : Agosto 2023
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico - N.T.P. 399.128
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del sue NTP.339.129
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo - N.T.P. 339.127

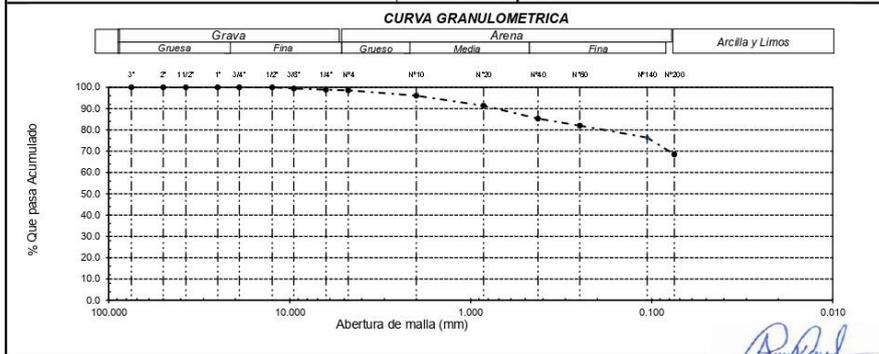
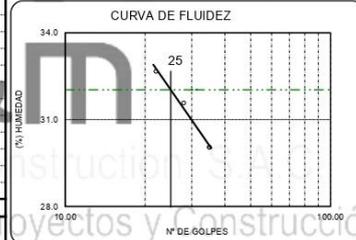
CERTIFICADO DE ENSAYOS

Calicata: C-01

Muestra: E - 01

Profundidad: 0.10 - 1.50m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	% Retenido Que pasa		
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	32.03 (%)
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	13.36 (%)
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	18.67 (%)
1"	25.000	0.0	100.0		
3/4"	19.000	0.0	100.0		
1/2"	12.500	0.0	100.0		
3/8"	9.500	0.6	99.4		
1/4"	6.300	1.1	98.9		
Nº 4	4.750	1.4	98.6		
Nº 10	2.000	3.9	96.1		
Nº 20	0.850	8.6	91.4		
Nº 40	0.425	14.7	85.3		
Nº 60	0.250	18.0	82.0		
Nº 140	0.106	23.6	76.4		
Nº 200	0.075	31.5	68.5		
Distribución granulométrica					
% Grava	G.G. %	0.0		Clasificación (S.U.C.S.)	CL
	G.F. %	1.4	1.4		
	A.G. %	2.5			
% Arena	A.M. %	10.8	30.1	Descripción del suelo	Arcilla arenosa de baja plasticidad
	A.F. %	16.8			
	Total	68.5	100.0		
% Arcilla y Limo				Clasificación (AASHTO)	A-6 (10)
Descripción				MALO	
Contenido de Humedad (%)			22.35		



Observación:
- Muestreo realizado, por el Solicitante.

[Signature]
ANGELA VIVIANA VILLANUEVA, ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 2332424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023
Tesista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Fecha: 05/08/2023

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO
DE SALES SOLUBLES EN EL SUELOS Y AGUA SUBTERRÉNEA**
N.T.P. 339.152 BS - 1377

MUESTRA	C-01	Muestra	E-01	Profundidad	-
		Muestra	-	Profundidad	-
		Muestra	-	Profundidad	-
		Muestra	-	Profundidad	-

Datos de Ensayo		CANTIDAD DE SALES SOLUBLES			
1.-	Relacion de la mezcla suelo - agua destilada	5			
2.-	Numero de beaker	M-1			
3.-	Peso de beaker	g.	13.14		
4.-	Peso de beaker + residuo de sales	g.	13.16		
5.-	Peso de residuos de sales	g.	0.02		
6.-	Volumen de la solucion tomada	ml.	50.00		
7.-	Constituyentes de sales solubles totales	ppm.	2000		
8.-	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	%	0.2		

Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

EXPRESIÓN DE RESULTADOS:

$$SS = \frac{(m_2 - m_1) * D}{E} * 10^6 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

SS= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
(m2-m1)= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
D=Relación de la mezcla suelo:agua
E=volumen de extracto acuoso evaporado ,ml

ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis : "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Tesisista : Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar : Pueblo libre, Jaén - 2023
Fecha de excavación : 01/08/2023 Calicata : C-1
Fecha de muestreo : 01/08/2023 Nivel freático : No se encontro

CERTIFICADOS DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO
EXPLORACIÓN: C-01

CALICATA:		C-01		UBICACIÓN:		Pueblo libre, Jaén - 2023					
PROFUNDIDAD	ESTRATO	IDENTIFICACION	SUCS	HUMEDAD	LL	LP	IP	SALES	Descripción visual (IN-STU)		
0.1	0.10m								Terreno Natural		
0.2											
0.3											
0.4											
0.5											
0.6											
0.7											
0.8	1.50m	E-01	CL	22.35%	32.03%	13.36%	18.67%	0.20%	Profundidad de 0.10 - 1.50m. Estrato clasificado en el Sistema "SUCS", como un suelo, "CL", Arcilla arenosa de baja plasticidad, identificado en el sistema AASTHO, como A-6 (10), de color marrón oscuro, suelo semi compacto, con un intermedio contenido de humedad natural e intermedio índice de plasticidad.		
0.9											
1.00											
1.10											
1.20											
1.30											
1.40											
1.50											

M = Muestra
C = Calicata
S/M = Sin muestra

ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulosas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"

Tesista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

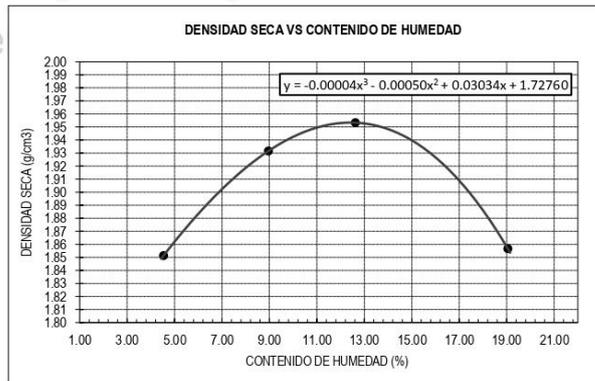
CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-1	CAPA:	M-1	PORCENTAJE:	0%
----------	-----	-------	-----	-------------	----

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	945.54	945.54	945.54	945.54
Peso de molde	g	4410	4410	4410	4410
Peso de la muestra compactada + molde	g	6240	6400	6490	6500
Peso del envase + suelo humedo	g	83.91	80.47	85.70	81.36
Peso del envase + suelo seco	g	80.86	74.88	77.58	70.36
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	13.64	12.48	13.25	12.61

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.935	2.105	2.200	2.210
Peso del agua	g	3.1	5.6	8.1	11.0
Peso de suelo seco	g	67.22	62.4	64.33	57.75
Contenido de humedad	%	4.5	9.0	12.6	19.0
Densidad seca	g/cm ³	1.85	1.93	1.95	1.86

Engineering and Construction S.A.C.
Inge... Construcción



RESULTADOS

M.D.S (g/cm ³)	1.95
O.C.H (%)	12.27

Observaciones:

.- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energia modificada, 2700kn-m/m3.

R. P. Izaga
INGENIERO VILLANUEVA, ALCALDE
INGENIERIA CIVIL
REG. CP: 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Tesisista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

MUESTRA: C-1	CAPA: M-1	PORCENTAJE:	0%
--------------	-----------	-------------	----

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1	2	3			
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.24	15.25	15.25			
1.3 Altura molde descontando disco e espaciado	cm	11.64	11.61	11.61			
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7970	8620	8620			
1.5 N° de capas	-	5	5	5			
1.6 N° de golpes por capa	-	56	25	10			
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	13860	13970	14400	14410	14440	14460
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	13.10	12.11	12.81	13.08	12.10	12.81
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	117.86	152.11	95.28	152.86	110.81	123.87
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	96.50	131.62	84.25	132.16	96.95	108.81
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	21.36	20.49	11.03	20.70	13.86	15.06
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	83.40	119.51	71.44	119.08	84.85	96.00
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	25.61	17.15	15.44	17.38	16.33	15.69
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg ²	28.27		28.31		28.31	
3.2 Volúmen de suelo	cm ³	2122.98		2120.51		2120.51	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	5890	6000	5780	5790	5820	5840
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm ³	2.774	2.826	2.726	2.730	2.745	2.754
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm ³	2.208	2.412	2.361	2.326	2.360	2.380

EXPANSION											
MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)	
16-Ago	07:00:00 p.m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
17-Ago	07:00:00 p.m.	24	0.050	0.120	0.103%	0.058	0.147	0.127%	0.059	0.150	0.129%
18-Ago	07:00:00 p.m.	48	0.052	0.125	0.107%	0.056	0.142	0.123%	0.060	0.152	0.131%
19-Ago	07:00:00 p.m.	72	0.052	0.125	0.107%	0.058	0.147	0.127%	0.061	0.155	0.133%
20-Ago	07:00:00 p.m.	96	0.052	0.125	0.107%	0.058	0.147	0.127%	0.061	0.155	0.133%

PENETRACION																	
MOLDE			1				2				3						
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA				CARGA				CARGA						
pulgadas	mm	(lb/pulg ²)	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		11.30	24.91	8.30			7.90	17.42	5.81			10.10	22.27	7.42		
0.050	1.27		19.70	43.43	14.48			12.30	27.12	9.04			13.70	30.20	10.07		
0.075	1.91		25.00	55.12	18.37			16.10	35.49	11.83			16.90	37.26	12.42		
0.100	2.54	1000	28.30	62.39	20.80	18.45	1.84	18.90	41.67	13.89	12.42	1.24	19.50	42.99	14.33	12.48	1.25
0.125	3.18		30.50	67.24	22.41			20.90	46.08	15.36			21.50	47.40	15.80		
0.150	3.81		33.00	72.75	24.25			23.20	51.15	17.05			23.20	51.15	17.05		
0.175	4.45		35.60	78.48	26.16			25.10	55.34	18.45			24.80	54.67	18.22		
0.200	5.08	1500	36.80	81.13	27.04	27.65	1.84	26.10	57.54	19.18	19.48	1.30	26.30	57.98	19.33	19.27	1.28
0.300	7.62		42.10	92.81	30.94			31.40	69.23	23.08			30.90	68.12	22.71		
0.400	10.16		46.40	102.29	34.10			35.10	77.38	25.79			34.50	76.06	25.35		
0.500	12.70		49.40	108.91	36.30			37.20	82.01	27.34			37.90	83.56	27.85		

Observaciones:
- Normativa.
NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424

Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 - Sector Pueblo Libre - Jaén - Cajamarca

941915761 949327495 fmengineersac@gmail.com

Indecopi ISO 9001:2015

N°00146584
N°00146585



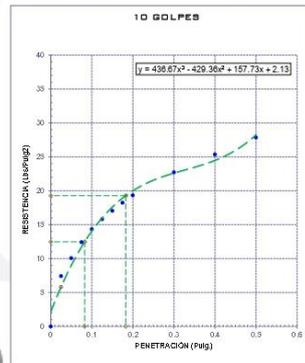
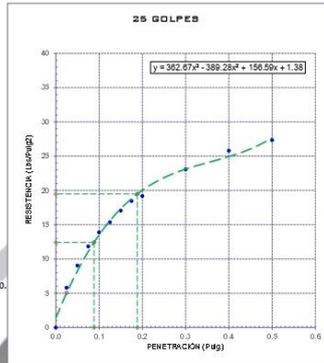
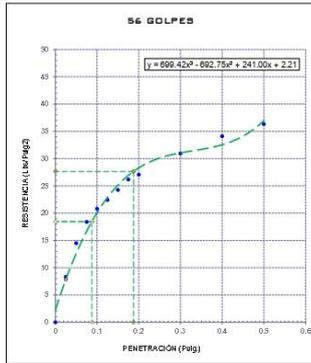
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	12.27
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.95
95% MDS (g/cm ³)	1.85

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	1.25
CBR al 95% de MDS (2%)	1.25
CBR al 100%: 0.2"	1.30
CBR al 95% de MDS (2%)	1.28



Observaciones:

- Normativa

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

Angela Villanueva Villanueva
ANGELA VILLANUEVA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengeeringsac@gmail.com



N°00146584
N°00146585

Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulosas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"

Tesista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

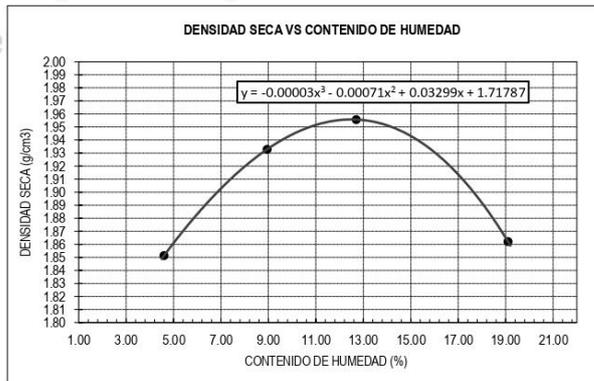
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-1	CAPA:	M-1	PORCENTAJE:	2%
----------	-----	-------	-----	-------------	----

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	945.54	945.54	945.54	945.54
Peso de molde	g	4411	4411	4411	4411
Peso de la muestra compactada + molde	g	6242	6402	6495	6508
Peso del envase + suelo humedo	g	83.95	80.46	85.75	81.39
Peso del envase + suelo seco	g	80.86	74.88	77.58	70.36
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	13.64	12.48	13.25	12.61

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.936	2.106	2.204	2.218
Peso del agua	g	3.1	5.6	8.2	11.0
Peso de suelo seco	g	67.22	62.4	64.33	57.75
Contenido de humedad	%	4.6	8.9	12.7	19.1
Densidad seca	g/cm ³	1.85	1.93	1.96	1.86



RESULTADOS

M.D.S (g/cm ³)	1.93
O.C.H (%)	12.09

Observaciones:

.- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energia modificada, 2700kn-m/m3.

R. P. Izaga
INGENIERO VILLANUEVA, ALCALDE
INGENIERIA CIVIL
REG. CP. 232424

Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495

fmengineringsac@gmail.com



Nº00146584
Nº00146585
ISO 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Tesisista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

MUESTRA: C-1	CAPA: M-1	PORCENTAJE:	2%
--------------	-----------	-------------	----

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1	2	3			
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.25	15.24	15.23			
1.3 Altura molde descontando disco e espaciado	cm	11.62	11.6	11.6			
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7972	8625	8626			
1.5 N° de capas	-	5	5	5			
1.6 N° de golpes por capa	-	56	25	10			
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	13864	13975	14405	14414	14445	14465
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	13.10	12.11	12.81	13.08	12.10	12.81
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	117.86	152.11	95.28	152.86	110.81	123.87
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	96.50	131.62	84.25	132.16	96.95	108.81
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	21.36	20.49	11.03	20.70	13.86	15.06
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	83.40	119.51	71.44	119.08	84.85	96.00
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	25.61	17.15	15.44	17.38	16.33	15.69
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.31		28.27		28.24	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2122.33		2115.69		2113.44	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	5892	6003	5780	5789	5819	5839
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	2.776	2.828	2.732	2.736	2.753	2.763
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	2.210	2.414	2.367	2.331	2.367	2.388

EXPANSION											
MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)	
22-Ago	07:00:00 p.m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
23-Ago	07:00:00 p.m.	24	0.053	0.127	0.109%	0.058	0.147	0.127%	0.060	0.152	0.131%
24-Ago	07:00:00 p.m.	48	0.054	0.130	0.112%	0.056	0.142	0.123%	0.061	0.155	0.134%
25-Ago	07:00:00 p.m.	72	0.055	0.132	0.114%	0.058	0.147	0.127%	0.062	0.157	0.136%
26-Ago	07:00:00 p.m.	96	0.055	0.132	0.114%	0.059	0.150	0.129%	0.062	0.157	0.136%

PENETRACION																	
MOLDE			1				2				3						
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA				CARGA				CARGA						
pulgadas	mm	(lb/pulg2)	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		1.50	3.31	1.10			0.40	0.88	0.29			0.35	0.77	0.26		
0.050	1.27		2.50	5.51	1.84			2.00	4.41	1.47			1.95	4.30	1.43		
0.075	1.91		10.60	23.37	7.79			9.60	21.16	7.05			9.50	20.94	6.98		
0.100	2.54	1000	58.30	128.53	42.84	79.22	7.92	49.60	109.35	36.45	58.46	5.85	42.56	93.83	31.28	56.97	5.70
0.125	3.18		112.80	248.68	82.89			80.10	176.59	58.86			79.12	174.43	58.14		
0.150	3.81		150.60	332.02	110.67			108.30	238.76	79.59			100.02	220.51	73.50		
0.175	4.45		180.90	398.82	132.94			132.00	291.01	97.00			125.60	276.90	92.30		
0.200	5.08	1500	201.60	444.45	148.15	153.36	10.22	152.70	336.65	112.22	122.60	8.17	149.50	329.59	109.86	109.86	7.32
0.300	7.62		262.10	577.83	192.61			227.80	502.21	167.40			200.01	440.95	146.98		
0.400	10.16		304.70	671.75	223.92			253.40	558.65	186.22			210.50	464.07	154.69		
0.500	12.70		341.80	753.54	251.18			278.50	613.99	204.66			259.98	573.16	191.05		

Observaciones:
- Normativa.
NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424

Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 - Sector Pueblo Libre - Jaén - Cajamarca
941915761 / 949327495
fengineeringnac@gmail.com
Indecopi N°00146584 / N°00146585
ISO 9001:2015



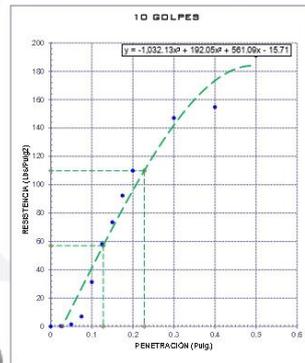
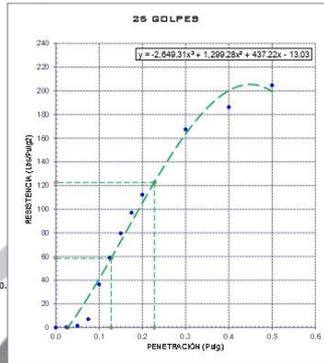
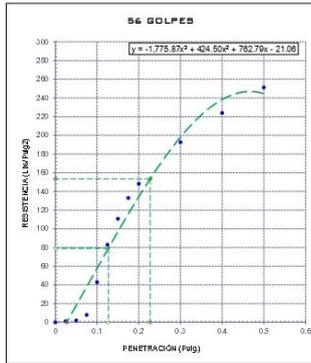
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	12.09
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.93
95% MDS (g/cm ³)	1.83

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	5.70
CBR al 95% de MDS (%)	5.70
CBR al 100%: 0.2"	8.17
CBR al 95% de MDS (%)	7.32



Observaciones:
.- Normativa.

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

Angela Villanueva Villanueva
ANGELA VILLANUEVA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengeeringsac@gmail.com



N°00146584
N°00146585

Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulosas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"

Tesista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

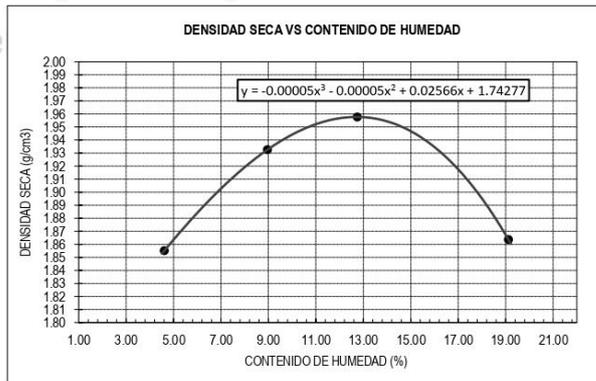
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-1	CAPA:	M-1	PORCENTAJE:	4%
----------	-----	-------	-----	-------------	----

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	945.54	945.54	945.54	945.54
Peso de molde	g	4410	4410	4410	4410
Peso de la muestra compactada + molde	g	6245	6401	6497	6509
Peso del envase + suelo humedo	g	83.96	80.47	85.78	81.40
Peso del envase + suelo seco	g	80.86	74.88	77.58	70.36
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	13.64	12.48	13.25	12.61

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.941	2.106	2.207	2.220
Peso del agua	g	3.1	5.6	8.2	11.0
Peso de suelo seco	g	67.22	62.4	64.33	57.75
Contenido de humedad	%	4.6	9.0	12.7	19.1
Densidad seca	g/cm ³	1.86	1.93	1.96	1.86



RESULTADOS

M.D.S (g/cm ³)	1.96
O.C.H (%)	12.75

Observaciones:

.- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energia modificada, 2700kn-m/m3.

R. P. Izaga
INGENIERO VILLANUEVA, ALCALDE
INGENIERIA CIVIL
REG. CP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Tesisista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

MUESTRA: C-1	CAPA: M-1	PORCENTAJE: 4%
--------------	-----------	----------------

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1	2	3			
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.24	15.23	15.21			
1.3 Altura molde descontando disco e espaciado	cm	11.61	11.6	11.61			
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7972	8625	8626			
1.5 N° de capas	-	5	5	5			
1.6 N° de golpes por capa	-	56	25	10			
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	13865	13976	14406	14415	14446	14466
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	13.10	12.11	12.81	13.08	12.10	12.81
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	117.87	152.12	95.29	152.87	110.82	123.88
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	96.50	131.62	84.25	132.16	96.95	108.81
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	21.37	20.50	11.04	20.71	13.87	15.07
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	83.40	119.51	71.44	119.08	84.85	96.00
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	25.62	17.15	15.45	17.39	16.35	15.70
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg ²	28.27		28.24		28.16	
3.2 Volúmen de suelo	cm ³	2117.51		2113.44		2109.27	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	5893	6004	5781	5790	5820	5840
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm ³	2.783	2.835	2.735	2.740	2.759	2.769
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm ³	2.215	2.420	2.369	2.334	2.371	2.393

EXPANSION											
MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)	
22-Ago	07:00:00 p.m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
23-Ago	07:00:00 p.m.	24	0.054	0.130	0.112%	0.057	0.145	0.125%	0.062	0.157	0.136%
24-Ago	07:00:00 p.m.	48	0.055	0.132	0.114%	0.058	0.147	0.127%	0.063	0.160	0.138%
25-Ago	07:00:00 p.m.	72	0.056	0.134	0.116%	0.059	0.150	0.129%	0.063	0.160	0.138%
26-Ago	07:00:00 p.m.	96	0.056	0.134	0.116%	0.059	0.150	0.129%	0.064	0.163	0.140%

PENETRACION																	
MOLDE		CARGA ESTANDAR (lb/pulg ²)	1					2					3				
PENETRACION pulgadas	mm		Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%
0.000		0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			
0.025	0.64		5.50	12.13	4.04		4.90	10.80	3.60			4.55	10.03	3.34			
0.050	1.27		10.50	23.15	7.72		9.95	21.94	7.31			8.05	17.75	5.92			
0.075	1.91		18.60	41.01	13.67		18.60	41.01	13.67			16.50	36.38	12.13			
0.100	2.54	1000	89.30	196.87	65.62	94.16	9.42	78.60	173.28	57.76	81.65	8.16	69.56	153.35	51.12	79.41	7.94
0.125	3.18		129.80	286.16	95.39			96.10	211.86	70.62			87.12	192.07	64.02		
0.150	3.81		171.60	378.31	126.10			150.30	331.35	110.45			145.02	319.71	106.57		
0.175	4.45		202.90	447.32	149.11			190.00	418.88	159.63			170.60	376.11	125.37		
0.200	5.08	1500	253.60	559.09	186.36	172.47	11.50	212.70	468.92	156.31	147.92	9.86	209.50	461.87	153.96	151.06	10.07
0.300	7.62		284.10	626.33	208.78			247.80	546.30	182.10			232.01	511.49	170.50		
0.400	10.16		335.70	740.09	246.70			293.40	646.84	215.61			262.50	578.71	192.90		
0.500	12.70		390.80	861.57	287.19			370.50	816.81	272.27			295.98	652.52	217.51		

Observaciones:
- Normativa.
NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

INGENIERA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424

Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 - Sector Pueblo Libre - Jaén - Cajamarca
941915761 / 949327495
fengineering@gmail.com
Indecopi N°00146584 / N°00146585
ISO 9001:2015



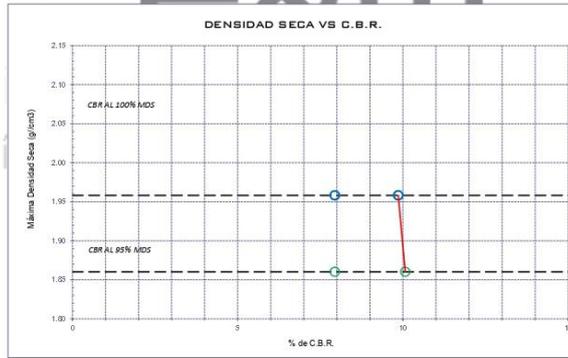
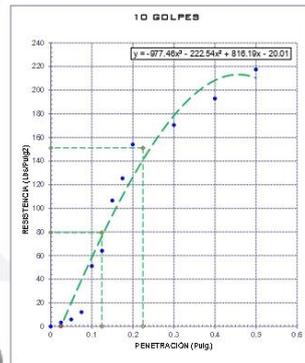
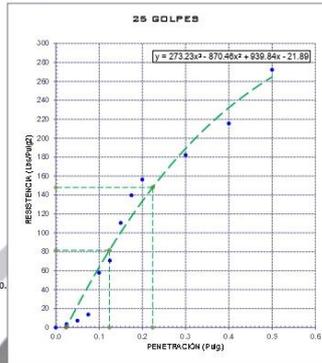
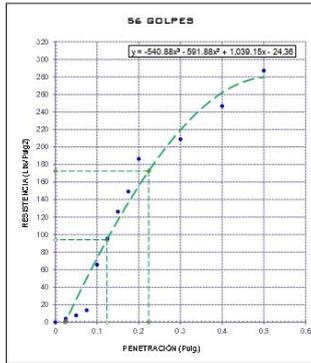
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	12.75
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.96
95% MDS (g/cm ³)	1.86

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	7.94
CBR al 95% de MDS (2%)	7.94
CBR al 100%: 0.2"	9.86
CBR al 95% de MDS (2%)	9.70



Observaciones:

- Normativa

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

Angela Villanueva Villanueva
ANGELA VILLANUEVA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495



fmengeeringsac@gmail.com



N°00146584
N°00146585

Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulosas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"

Tesista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

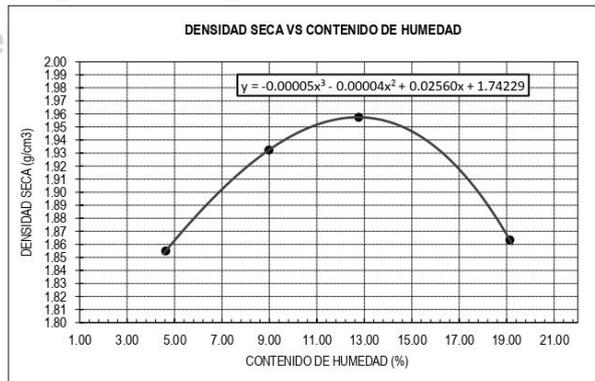
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-1	CAPA:	M-1	PORCENTAJE:	5%
----------	-----	-------	-----	-------------	----

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	945.54	945.54	945.54	945.54
Peso de molde	g	4411	4411	4411	4411
Peso de la muestra compactada + molde	g	6246	6402	6498	6510
Peso del envase + suelo humedo	g	83.97	80.48	85.79	81.41
Peso del envase + suelo seco	g	80.86	74.88	77.58	70.36
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	13.64	12.48	13.25	12.61

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	1.941	2.106	2.207	2.220
Peso del agua	g	3.1	5.6	8.2	11.1
Peso de suelo seco	g	67.22	62.4	64.33	57.75
Contenido de humedad	%	4.6	9.0	12.8	19.1
Densidad seca	g/cm ³	1.85	1.93	1.96	1.86



RESULTADOS

M.D.S (g/cm ³)	1.96
O.C.H (%)	12.80

Observaciones:

.- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energia modificada, 2700kn-m/m3.

R. P. Izaga
INGENIERO VILLANUEVA, ALCALDE
INGENIERIA CIVIL
REG. CP: 232424

Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495

fmengineringsac@gmail.com



Nº00146584
Nº00146585
ISO 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Tesisista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO: RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

MUESTRA: C-1	CAPA: M-1	PORCENTAJE:	5%
--------------	-----------	-------------	----

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1	2	3			
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.23	15.22	15.23			
1.3 Altura molde descontando disco e espaciado	cm	11.62	11.62	11.62			
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7973	8626	8627			
1.5 N° de capas	-	5	5	5			
1.6 N° de golpes por capa	-	56	25	10			
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	13866	13977	14407	14416	14447	14569
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	13.11	12.12	12.82	13.09	12.11	12.82
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	117.89	152.14	95.31	152.89	110.89	123.90
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	96.50	131.62	84.25	132.16	96.95	108.81
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	21.39	20.52	11.06	20.73	13.94	15.09
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	83.39	119.50	71.43	119.07	84.84	95.99
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	25.65	17.17	15.48	17.41	16.43	15.72
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg ²	28.24		28.20		28.24	
3.2 Volúmen de suelo	cm ³	2117.08		2114.09		2117.08	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	5893	6004	5781	5790	5820	5942
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm ³	2.784	2.836	2.735	2.739	2.749	2.807
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm ³	2.216	2.420	2.368	2.333	2.361	2.426

EXPANSION											
MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)	
24-Ago	02:00:00 p.m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
25-Ago	02:00:00 p.m.	24	0.055	0.132	0.114%	0.058	0.147	0.127%	0.063	0.160	0.138%
26-Ago	02:00:00 p.m.	48	0.056	0.134	0.116%	0.060	0.152	0.131%	0.064	0.163	0.140%
27-Ago	02:00:00 p.m.	72	0.057	0.137	0.118%	0.061	0.155	0.133%	0.064	0.163	0.140%
28-Ago	02:00:00 p.m.	96	0.057	0.137	0.118%	0.062	0.157	0.136%	0.065	0.165	0.142%

PENETRACION																	
MOLDE			1				2				3						
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA				CARGA				CARGA						
pulgadas	mm	(lb/pulg ²)	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%
0.000		0.00	0.00	0.00				0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		7.50	16.53	5.51			6.90	15.21	5.07			6.45	14.22	4.74		
0.050	1.27		14.50	31.97	10.66			12.95	28.55	9.52			11.05	24.36	8.12		
0.075	1.91		22.60	49.82	16.61			20.60	45.42	15.14			19.50	42.99	14.33		
0.100	2.54	1000	109.30	240.96	80.32	108.60	10.86	98.60	217.38	72.46	95.40	9.54	89.56	197.45	65.82	91.94	9.19
0.125	3.18		139.80	308.21	102.74			122.10	269.18	89.73			100.12	220.73	73.58		
0.150	3.81		191.60	422.41	140.80			180.30	397.49	132.50			175.02	385.85	128.62		
0.175	4.45		232.90	513.46	171.15			190.00	418.88	159.63			185.60	409.18	136.39		
0.200	5.08	1500	303.60	669.32	223.11	198.06	13.20	272.70	601.20	200.40	177.29	11.82	268.50	591.94	197.31	169.15	11.28
0.300	7.62		324.10	714.52	238.17			297.80	656.54	218.85			286.01	630.54	210.18		
0.400	10.16		365.70	806.23	268.74			340.40	750.45	250.15			310.50	684.53	228.18		
0.500	12.70		409.80	903.45	301.15			388.50	856.49	285.50			369.98	815.67	271.89		

Observaciones:
- Normativa.
NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424

Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 - Sector Pueblo Libre - Jaén - Cajamarca
 941915761 / 949327495
 fengineeringnac@gmail.com
 Indecopi N°00146584 / N°00146585
 Iso 9001:2015



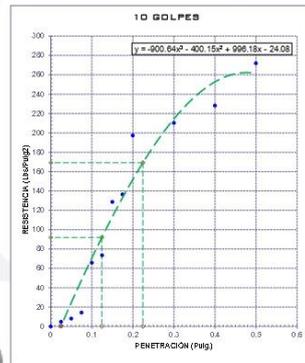
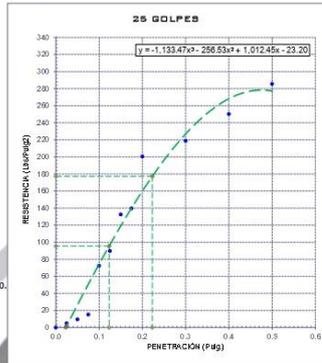
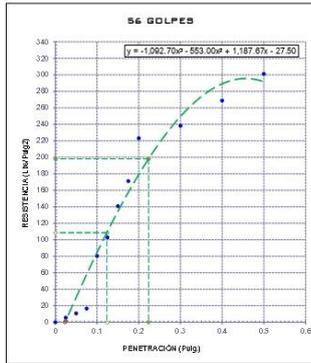
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	12.80
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.96
95% MDS (g/cm ³)	1.86

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	9.19
CBR al 95% de MDS (%)	9.19
CBR al 100%: 0.2"	11.82
CBR al 95% de MDS (%)	11.28



Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

Angela Villanueva Villanueva
ANGELA VILLANUEVA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengeeringsac@gmail.com



N°00146584
N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Ensayos para calicata (C-02)

F&M

Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción


ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineeringsac@gmail.com

 Indecopi

N°00146584

N°00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
 TESISTA : Guerrero Izaga Ricardo Alexander
 UBICACIÓN : Pueblo libre, Jaén - 2023
 FECHA : Agosto 2023
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico - N.T.P. 399.128
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo NTP.339.129
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo - N.T.P. 339.127

CERTIFICADO DE ENSAYOS

Calicata: C-02

Muestra: E - 01

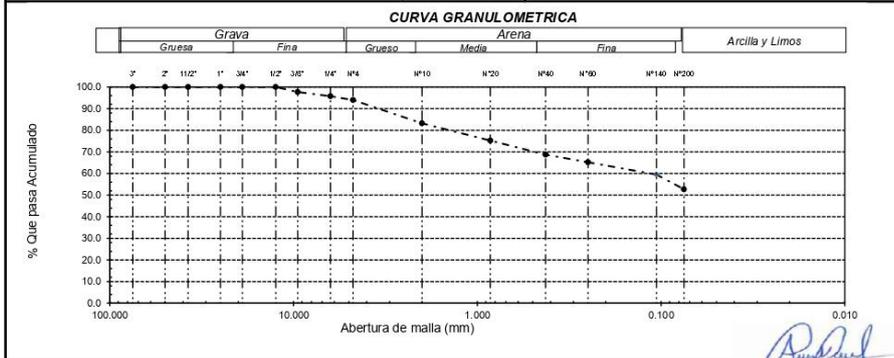
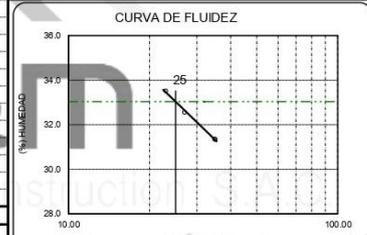
Profundidad: 0.10 - 1.50m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	% Retenido Que pasa		
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	33.03 (%)
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	13.61 (%)
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	19.42 (%)
1"	25.000	0.0	100.0		
3/4"	19.000	0.0	100.0		
1/2"	12.500	0.0	100.0		
3/8"	9.500	2.3	97.7		
1/4"	6.300	4.3	95.7		
Nº 4	4.750	6.0	94.0		
Nº 10	2.000	16.8	83.2		
Nº 20	0.850	24.8	75.2		
Nº 40	0.425	31.3	68.7		
Nº 60	0.250	34.8	65.2		
Nº 140	0.106	40.5	59.5		
Nº 200	0.075	47.3	52.7		

Distribución granulométrica			
% Grava	G.C. %	0.0	
	G.F. %	6.0	6.0
	A.G. %	10.8	
% Arena	A.M. %	14.5	41.3
	A.F. %	16.0	
% Arcilla y Limo		52.7	52.7
Total			100.0

Contenido de Humedad (%)	
	17.04

CURVA DE FLUIDEZ	
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	Arcilla arenosa de baja plasticidad
Clasificación (AASHTO)	A-6 (7)
Descripción	MALO



Observación:
- Muestreo realizado, por el Solicitante.

Angela Viviana Villanueva Alcalde
ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. GIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023
Tesista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Fecha: 05/08/2023

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO
DE SALES SOLUBLES EN EL SUELOS Y AGUA SUBTERRÉNEA**
N.T.P. 339.152 BS - 1377

MUESTRA	C-02	Muestra	E-01	Profundidad	-
		Muestra	-	Profundidad	-
		Muestra	-	Profundidad	-
		Muestra	-	Profundidad	-

Datos de Ensayo		CANTIDAD DE SALES SOLUBLES			
1.-	Relacion de la mezcla suelo - agua destilada	5			
2.-	Numero de beaker	M-1			
3.-	Peso de beaker	g.	12.43		
4.-	Peso de beaker + residuo de sales	g.	12.44		
5.-	Peso de residuos de sales	g.	0.01		
6.-	Volumen de la solucion tomada	ml.	50.00		
7.-	Constituyentes de sales solubles totales	ppm.	1000		
8.-	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	%	0.1		

Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

EXPRESIÓN DE RESULTADOS:

$$SS = \frac{(m_2 - m_1) \cdot D}{E} * 10^6 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

SS= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
(m2-m1)= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
D=Relación de la mezcla suelo:agua
E=volumen de extracto acuos evaporado ,ml

ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis : "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Tesisista : Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar : Pueblo libre, Jaén - 2023
Fecha de excavación : 01/08/2023 Calicata : C-2
Fecha de muestreo : 01/08/2023 Nivel freático : No se encontro

CERTIFICADOS DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO
EXPLORACIÓN: C-02

CALICATA:		C-02		UBICACIÓN:		Pueblo libre, Jaén - 2023					
PROFUNDIDAD	ESTRATO	IDENTIFICACION	SUCS	HUMEDAD	LL	LP	IP	SALES	Descripción visual (IN-STU)		
0.1	0.10m								Terreno Natural		
0.2									Profundidad de 0.10 - 1.50m. Estrato clasificado en el Sistema "SUCS", como un suelo, "CL", Arcilla arenosa de baja plasticidad, identificado en el sistema AASTHO, como A-6 (7), de color marrón oscuro, suelo semi compacto, con un intermedio contenido de humedad natural e intermedio índice de plasticidad.		
0.3											
0.4											
0.5											
0.6											
0.7											
0.8	1.50m	E-01	CL	17.04%	33.03%	13.61%	19.42%	0.10%			
0.9											
1.00											
1.10											
1.20											
1.30											
1.40											
1.50											

M = Muestra
C = Calicata
S/M = Sin muestra

ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulosas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"

Tesista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

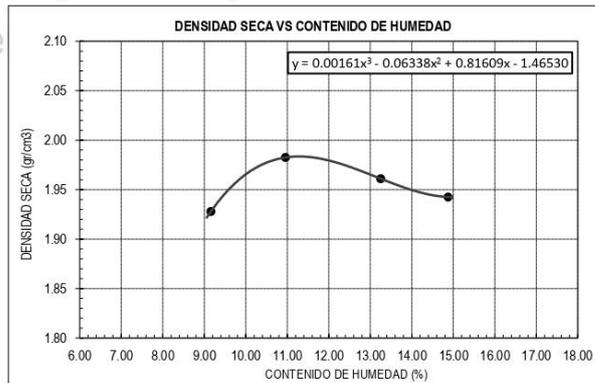
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	PORCENTAJE:	0%
-----------------	-----	--------------	-----	--------------------	----

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	945.54	945.54	945.54	945.54
Peso de molde	g	4410	4410	4410	4410
Peso de la muestra compactada + molde	g	6400	6490	6510	6520
Peso del envase + suelo humedo	g	74.71	63.13	83.92	100.03
Peso del envase + suelo seco	g	69.44	58.09	75.55	88.78
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	11.92	12.10	12.39	13.16

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	2.105	2.200	2.221	2.232
Peso del agua	g	5.3	5.0	8.4	11.3
Peso de suelo seco	g	57.52	46.0	63.16	75.62
Contenido de humedad	%	9.2	11.0	13.3	14.9
Densidad seca	g/cm ³	1.93	1.98	1.96	1.94



RESULTADOS

M.D.S (gr/cm ³)	1.99
O.C.H (%)	11.33

Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energia modificada, 2700kn-m/m³.

Angela Villanueva Alcalde
ANGELA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424

Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495

fingenieringsac@gmail.com

Indecopi

Nº00146584
Nº00146585



ISO 9001:2015



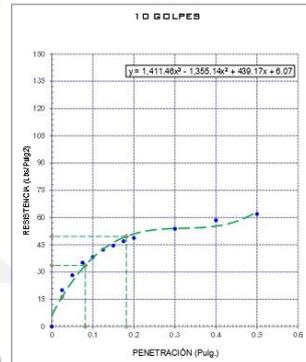
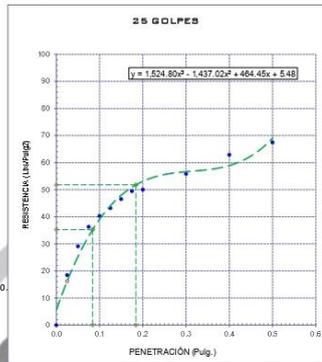
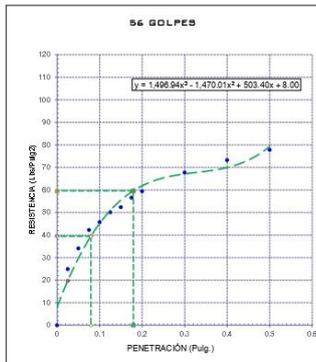
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	11.33
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.99
95% MDS (gr/cm ³)	1.89

DATOS DEL CBR	
CBR al 100% 0.1"	4.75
CBR al 95% de MDS (%)	3.67
CBR al 100% 0.2"	6.21
CBR al 95% de MDS (%)	3.58



Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

Angela Villanueva
ANGELA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"

Solicitante: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

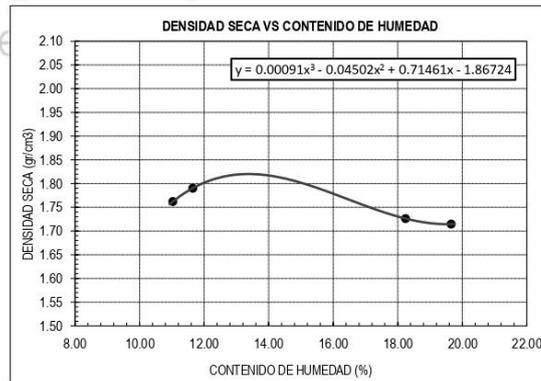
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	PORCENTAJE:	2%
-----------------	-----	--------------	-----	--------------------	----

DATOS					
Volumen de molde	cm3	945.54	945.54	945.54	945.54
Peso de molde	g	4410	4410	4410	4410
Peso de la muestra compactada + molde	g	6260	6300	6350	6340
Peso del envase + suelo humedo	g	74.77	76.51	71.02	84.84
Peso del envase + suelo seco	g	68.61	69.86	61.41	73.78
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	12.77	12.77	12.52	13.15

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm3	1.957	1.999	2.052	2.041
Peso del agua	g	6.2	6.7	9.6	11.1
Peso de suelo seco	g	55.84	57.1	48.89	60.63
Contenido de humedad	%	11.0	11.6	19.7	18.2
Densidad seca	g/cm3	1.76	1.79	1.71	1.73



RESULTADOS

M.D.S (gr/cm3)	1.81
O.C.H (%)	13.30

Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m3.

Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495

Imengineeringasac@gmail.com

Indecopi

N°00146504
N°00146585



Iso 9001:2015

ANGELA YVONNA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

**SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

Proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Solicitante: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

**CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	PORCENTAJE: 2%
---------------------	------------------	-----------------------

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1	2	3			
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.22	15.216	15.25			
1.3 Altura molde descontando disco e espaciado	cm	11.65	11.642	11.61			
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7180	8730	8620			
1.5 N° de capas	-	5	5	5			
1.6 N° de golpes por capa	-	56	25	10			
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11410	11460	12890	13000	14440	14460
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	13.15	12.43	13.14	12.12	12.10	13.14
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	85.36	100.03	95.90	112.19	99.91	101.81
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	74.63	87.90	83.13	97.16	85.60	87.50
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	10.73	12.13	12.77	15.03	14.31	14.31
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	61.48	75.47	69.99	85.04	73.50	74.36
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	17.45	16.07	18.25	17.67	19.47	19.24
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.20	28.19	28.31			
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2119.36	2117.34	2120.51			
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4230	4280	4160	4270	5820	5840
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.996	2.019	1.955	2.017	2.745	2.754
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.699	1.739	1.662	1.714	2.298	2.310

EXPANSION											
MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)	
22-Ago	12:46:00 a. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
23-Ago	12:46:00 a. m.	24	2.435	6.185	5.309%	2.520	6.401	5.498%	2.632	6.685	5.758%
24-Ago	12:46:00 a. m.	48	2.480	6.299	5.408%	2.543	6.459	5.548%	2.670	6.782	5.841%
25-Ago	12:46:00 a. m.	72	2.510	6.375	5.473%	2.560	6.502	5.585%	2.671	6.784	5.844%
26-Ago	12:46:00 a. m.	96	2.519	6.398	5.493%	2.562	6.507	5.590%	2.675	6.795	5.852%

PENETRACION																	
MOLDE			1				2				3						
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA				CARGA				CARGA						
pulgadas	mm	(lb/pulg2)	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		24.70	54.45	18.15			23.12	50.97	16.99			23.10	50.93	16.98		
0.050	1.27		61.40	135.36	45.12			58.40	128.75	42.92			57.70	127.21	42.40		
0.075	1.91		94.60	208.56	69.52			90.70	199.96	66.65			74.80	164.91	54.97		
0.100	2.54	1000	115.10	253.75	84.58	85.61	8.56	107.40	236.78	78.93	82.48	8.25	94.40	208.12	69.37	64.52	6.45
0.125	3.18		138.90	306.22	102.07			131.10	289.03	96.34			103.80	228.84	76.28		
0.150	3.81		154.50	340.61	118.54			148.50	327.39	109.13			112.80	248.68	82.89		
0.175	4.45		164.30	362.22	120.74			157.80	347.89	115.96			124.80	275.14	91.71		
0.200	5.08	1500	178.60	393.75	131.25	132.36	8.82	162.80	358.91	119.64	122.57	8.17	125.30	276.24	92.08	96.02	6.40
0.300	7.62		208.40	459.44	153.15			184.50	406.75	135.58			146.00	321.87	107.29		
0.400	10.16		226.10	498.46	166.15			194.30	428.36	142.79			158.00	348.33	116.11		
0.500	12.70		247.10	544.76	181.59			214.60	473.11	157.70			173.40	382.28	127.43		

Observaciones:
- Normativa.
NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



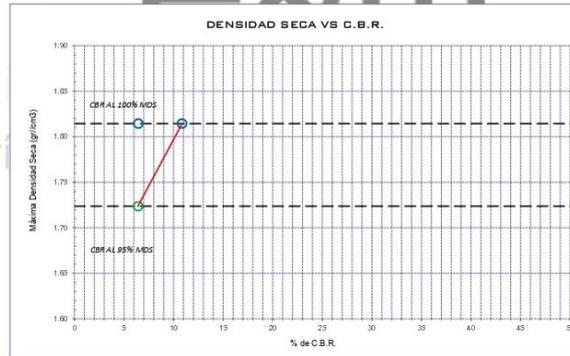
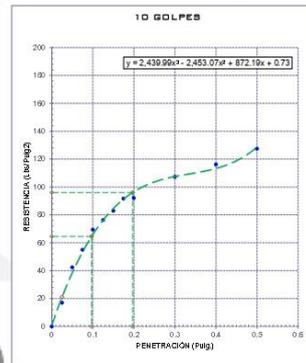
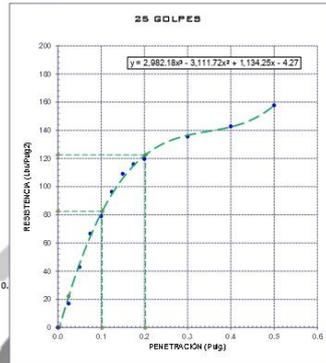
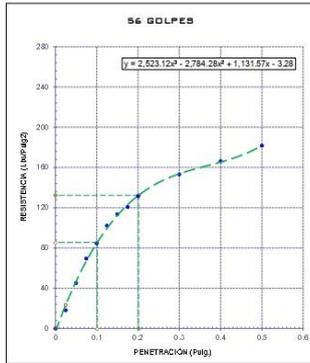
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	13.30
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.81
95% MDS (gr/cm ³)	1.72

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	6.45
CBR al 95% de MDS (2%)	6.45
CBR al 100%: 0.2"	10.86
CBR al 95% de MDS (2%)	6.40



Observaciones:
.- Normativa.

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

Angel Villanueva
ANGEL VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"

Solicitante: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

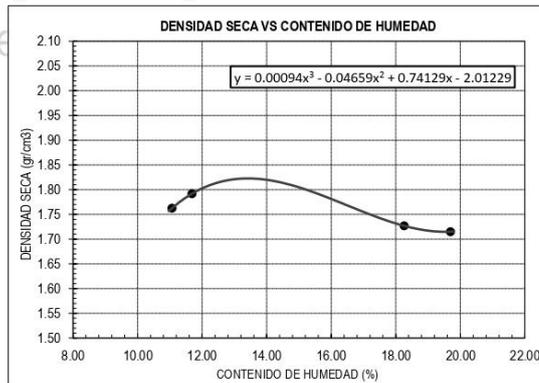
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	PORCENTAJE:	4%
-----------------	-----	--------------	-----	--------------------	----

DATOS					
Volumen de molde	cm3	945.54	945.54	945.54	945.54
Peso de molde	g	4410	4410	4410	4410
Peso de la muestra compactada + molde	g	6261	6302	6351	6341
Peso del envase + suelo humedo	g	74.79	76.53	71.04	84.85
Peso del envase + suelo seco	g	68.61	69.86	61.41	73.78
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	12.77	12.77	12.52	13.15

CÁLCULOS					
Densidad humeda	gr/cm3	1.958	2.001	2.053	2.042
Peso del agua	g	6.2	6.7	9.6	11.1
Peso de suelo seco	g	55.84	57.1	48.89	60.63
Contenido de humedad	%	11.1	11.7	19.7	18.3
Densidad seca	gr/cm3	1.76	1.79	1.71	1.73



RESULTADOS

M.D.S (gr/cm3)	1.82
O.C.H (%)	13.35

Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m3.

ANGELA YVONNA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineeringasac@gmail.com



Nº00146504

Nº00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

**SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

Proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Solicitante: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

**CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	PORCENTAJE: 4%
---------------------	------------------	-----------------------

1. Datos:								
1.1 N° de molde	-	1	2	3				
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.21	15.211	15.24				
1.3 Altura molde descontando disco espaciado	cm	11.64	11.643	11.62				
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7181	8731	8621				
1.5 N° de capas	-	5	5	5				
1.6 N° de golpes por capa	-	56	25	10				
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11411	11461	12891	13001	14441	14461	
2. Cálculo de contenido de humedad:								
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	
2.2 Peso de cápsula	g	13.16	12.43	13.15	12.12	12.11	13.15	
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	85.37	100.04	95.91	112.20	99.92	101.82	
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	74.62	87.91	83.13	97.17	85.61	87.51	
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	10.75	12.13	12.78	15.03	14.31	14.31	
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	61.46	75.48	69.98	85.05	73.50	74.36	
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	17.49	16.07	18.26	17.67	19.47	19.24	
3. Resultados:								
3.1 Área superficial del molde	pulg ²	28.17			28.17			28.27
3.2 Volúmen de suelo	cm ³	2116.02			2116.02			2119.33
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4230	4280	4160	4270	5820	5840	
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm ³	1.999	2.023	1.956	2.018	2.746	2.756	
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm ³	1.701	1.743	1.662	1.715	2.298	2.311	

EXPANSION											
MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)	
23-Ago	12:06:00 a. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
24-Ago	12:06:00 a. m.	24	2.436	6.187	5.314%	2.522	6.406	5.502%	2.634	6.690	5.758%
25-Ago	12:06:00 a. m.	48	2.482	6.304	5.415%	2.544	6.462	5.550%	2.672	6.787	5.841%
26-Ago	12:06:00 a. m.	72	2.512	6.380	5.480%	2.570	6.528	5.607%	2.673	6.789	5.843%
27-Ago	12:06:00 a. m.	96	2.520	6.401	5.498%	2.563	6.510	5.591%	2.676	6.797	5.849%

PENETRACION																	
MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	(lb/pulg ²)	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		35.70	78.70	26.23			28.12	61.99	20.66			27.10	59.75	19.92		
0.050	1.27		74.40	164.02	54.67			67.40	148.59	49.53			60.70	133.82	44.61		
0.075	1.91		95.60	210.76	70.25			88.70	195.55	65.18			75.80	167.11	55.70		
0.100	2.54	1000	165.10	363.98	121.33	106.89	10.69	159.40	351.42	117.14	95.77	9.58	132.40	291.89	97.30	87.51	8.75
0.125	3.18		172.90	381.18	127.06			153.10	337.53	112.51			143.80	317.02	105.67		
0.150	3.81		189.50	417.78	139.26			160.50	353.84	117.95			152.80	336.87	112.29		
0.175	4.45		190.30	419.54	139.85			170.80	376.55	125.52			164.00	363.32	121.11		
0.200	5.08	1500	228.60	503.98	167.99	159.70	10.65	201.80	444.89	148.30	143.06	9.54	193.30	426.15	142.05	136.22	9.08
0.300	7.62		231.40	510.15	170.05			212.50	468.48	156.16			206.00	454.15	151.38		
0.400	10.16		266.10	586.65	195.55			240.30	529.77	176.59			220.00	485.02	161.67		
0.500	12.70		287.10	632.95	210.98			264.60	583.34	194.45			213.40	470.47	156.82		

Observaciones:
- Normativa.
NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



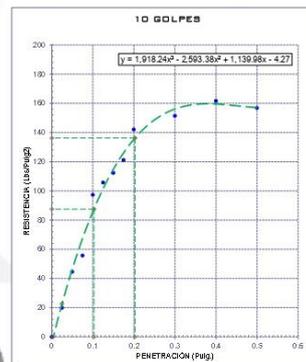
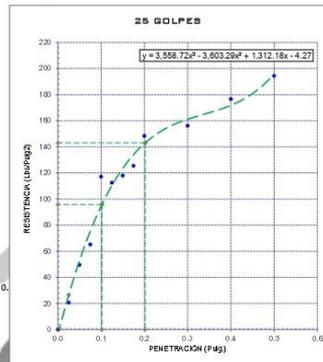
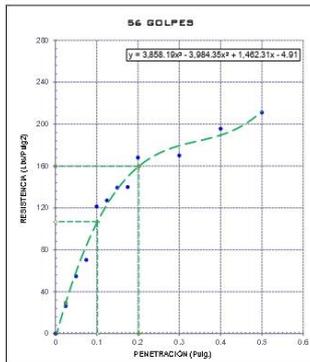
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	13.35
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.82
95% MDS (gr/cm ³)	1.73

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	8.75
CBR al 95% de MDS (%)	8.75
CBR al 100%: 0.2"	13.95
CBR al 95% de MDS (%)	9.08



Observaciones:

- Normativa

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGELLA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495

fmengincorinasac@gmail.com



N°00146584
N°00146585

ISO 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"

Solicitante: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

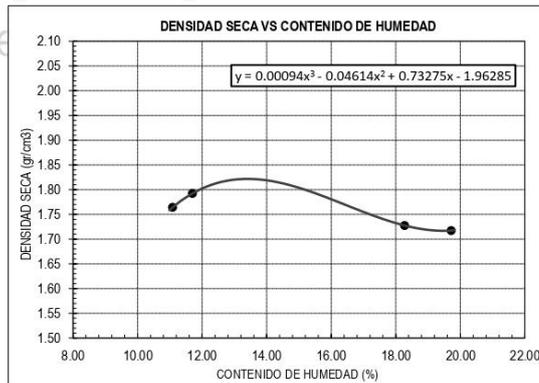
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-2	CAPA:	M-1	PORCENTAJE:	5%
-----------------	-----	--------------	-----	--------------------	----

DATOS					
Volumen de molde	cm3	945.54	945.54	945.54	945.54
Peso de molde	g	4411	4411	4411	4411
Peso de la muestra compactada + molde	g	6264	6304	6355	6343
Peso del envase + suelo humedo	g	74.80	76.54	71.05	84.86
Peso del envase + suelo seco	g	68.61	69.86	61.41	73.78
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	12.77	12.77	12.52	13.15

CÁLCULOS					
Densidad humeda	gr/cm3	1.960	2.002	2.056	2.043
Peso del agua	g	6.2	6.7	9.6	11.1
Peso de suelo seco	g	55.84	57.1	48.89	60.63
Contenido de humedad	%	11.1	11.7	19.7	18.3
Densidad seca	gr/cm3	1.76	1.79	1.72	1.73



RESULTADOS

M.D.S (gr/cm3)	1.83
O.C.H (%)	13.56

Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m3.

ANGÉLICA YVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineeringasac@gmail.com



Nº00146504
Nº00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

**SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

Proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Solicitante: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

**CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**

MUESTRA: C-2	CAPA: M-1	PORCENTAJE:	5%
---------------------	------------------	--------------------	----

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1	2	3			
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.22	15.212	15.25			
1.3 Altura molde descontando disco e espaciado	cm	11.65	11.65	11.63			
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7182	8732	8622			
1.5 N° de capas	-	5	5	5			
1.6 N° de golpes por capa	-	56	25	10			
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11412	11462	12892	13002	14442	14462
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	13.15	12.42	13.16	12.13	12.12	13.16
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	85.38	100.05	95.92	112.21	99.93	101.84
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	74.64	87.92	83.13	97.17	85.62	87.52
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	10.74	12.13	12.79	15.04	14.31	14.32
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	61.49	75.50	69.97	85.04	73.50	74.36
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	17.47	16.07	18.28	17.69	19.47	19.26
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.20		28.17		28.31	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2119.54		2117.29		2124.16	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4230	4280	4160	4270	5820	5840
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.996	2.019	1.955	2.017	2.740	2.749
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.699	1.739	1.661	1.714	2.293	2.305

EXPANSION											
MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)	
24-Ago	12:06:00 a. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
25-Ago	12:06:00 a. m.	24	2.437	6.190	5.313%	2.525	6.414	5.505%	2.635	6.693	5.755%
26-Ago	12:06:00 a. m.	48	2.483	6.307	5.414%	2.546	6.467	5.551%	2.676	6.797	5.844%
27-Ago	12:06:00 a. m.	72	2.515	6.388	5.483%	2.573	6.535	5.610%	2.676	6.797	5.844%
28-Ago	12:06:00 a. m.	96	2.560	6.502	5.581%	2.565	6.515	5.592%	2.679	6.805	5.851%

PENETRACION																	
MOLDE			1				2				3						
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA				CARGA				CARGA						
pulgadas	mm	(lb/pulg2)	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000		0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		39.70	87.52	29.17			30.12	66.40	22.13			28.10	61.95	20.65		
0.050	1.27		85.40	188.27	62.76			75.40	166.23	55.41			65.70	144.84	48.28		
0.075	1.91		100.60	221.78	73.93			90.70	199.96	66.65			80.80	178.13	59.38		
0.100	2.54	1000	185.10	408.08	136.03	118.70	11.87	170.40	375.67	125.22	107.11	10.71	162.40	358.03	119.34	103.84	10.38
0.125	3.18		192.90	425.27	141.76			163.10	359.57	119.86			173.80	383.16	127.72		
0.150	3.81		209.50	461.87	153.96			180.50	397.93	132.64			182.80	403.00	134.33		
0.175	4.45		220.30	485.68	161.89			190.80	420.64	140.21			174.80	385.37	128.46		
0.200	5.08	1500	248.60	548.07	182.69	177.31	11.82	231.80	511.03	170.34	159.30	10.62	203.30	448.20	149.40	150.06	10.00
0.300	7.62		251.40	554.24	184.75			242.50	534.62	178.21			226.00	498.24	166.08		
0.400	10.16		296.10	652.79	217.60			250.30	551.82	183.94			230.00	507.06	169.02		
0.500	12.70		309.10	681.45	227.15			288.60	636.25	212.08			273.40	602.74	200.91		

Observaciones:
- Normativa.
NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



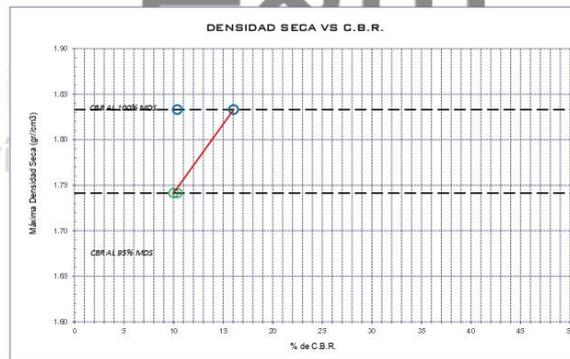
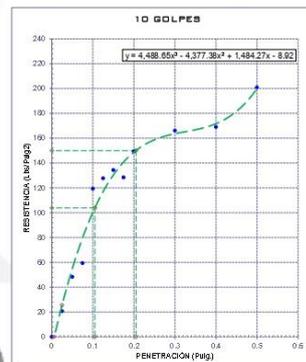
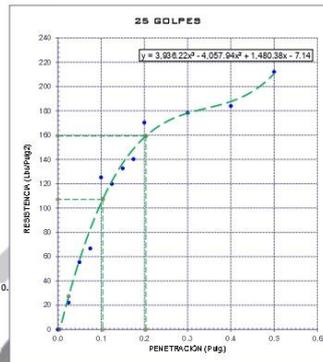
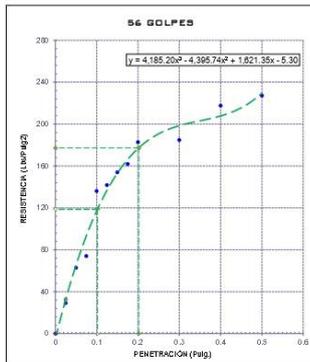
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	13.56
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.83
95% MDS (gr/cm ³)	1.74

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	10.38
CBR al 95% de MDS (2%)	10.38
CBR al 100%: 0.2"	16.06
CBR al 95% de MDS (2%)	10.00



Observaciones:
.- Normativa.

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

Angela Villanueva
ANGELA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
TESISTA : Guerrero Izaga Ricardo Alexander
UBICACIÓN : Pueblo libre, Jaén - 2023
FECHA : Agosto 2023
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico - N.T.P. 399.128
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo NTP.339.129
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo - N.T.P. 339.127

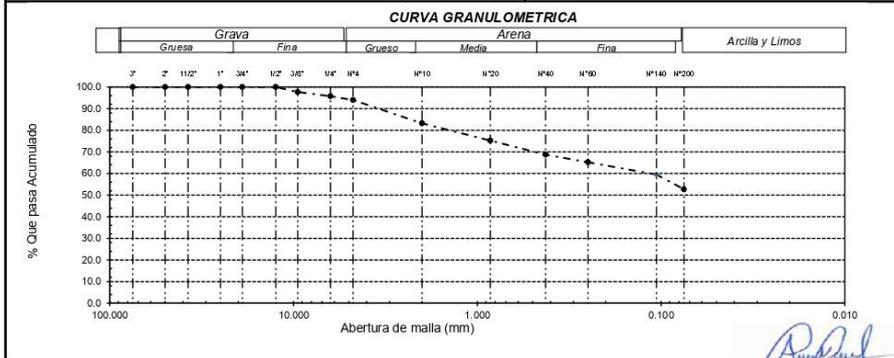
CERTIFICADO DE ENSAYOS

Calicata: C-03

Muestra: E - 01

Profundidad: 0.10 - 1.50m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	% Retenido Que pasa		
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	33.50 (%)
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	13.62 (%)
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	19.88 (%)
1"	25.000	0.0	100.0		
3/4"	19.000	0.0	100.0		
1/2"	12.500	0.0	100.0		
3/8"	9.500	2.3	97.7		
1/4"	6.300	4.3	95.7		
Nº 4	4.750	6.0	94.0		
Nº 10	2.000	16.8	83.2		
Nº 20	0.850	24.8	75.2		
Nº 40	0.425	31.3	68.7		
Nº 60	0.250	34.8	65.2		
Nº 140	0.106	40.5	59.5		
Nº 200	0.075	47.3	52.7		
Distribución granulométrica				CURVA DE FLUIDEZ	
% Grava	G.C. %	0.0			
	G.F. %	6.0	6.0		
	A.G. %	10.8			
	A.M. %	14.5	41.3		
% Arena	A.F. %	16.0		Clasificación (S.U.C.S.) CL Descripción del suelo Arcilla arenosa de baja plasticidad	
% Arcilla y Limo		52.7	52.7	Clasificación (AASHTO) A-6 (7) Descripción MALO	
Total		100.0	100.0		
Contenido de Humedad (%)			18.17		



Observación:
- Muestreo realizado, por el Solicitante.

Angela Viviana Villanueva Alcalde
 ANGEA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
 INGENIERA CIVIL
 REG. GIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 - Sector Pueblo Libre - Jaén - Cajamarca



941915761
949327495



fmengineering@gmail.com



Nº00146584
Nº00146585
Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023
Tesista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Fecha: 06/08/2023

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO
DE SALES SOLUBLES EN EL SUELOS Y AGUA SUBTERRÉNEA**
N.T.P. 339.152 BS - 1377

MUESTRA	C-03	Muestra	E-01	Profundidad	-
		Muestra	-	Profundidad	-
		Muestra	-	Profundidad	-
		Muestra	-	Profundidad	-

Datos de Ensayo		CANTIDAD DE SALES SOLUBLES			
1.-	Relacion de la mezcla suelo - agua destilada	5			
2.-	Numero de beaker	M-1			
3.-	Peso de beaker	g.	12.43		
4.-	Peso de beaker + residuo de sales	g.	12.45		
5.-	Peso de residuos de sales	g.	0.02		
6.-	Volumen de la solucion tomada	ml.	50.00		
7.-	Constituyentes de sales solubles totales	ppm.	2000		
8.-	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	%	0.2		

Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

EXPRESIÓN DE RESULTADOS:

$$SS = \frac{(m_2 - m_1) * D}{E} * 10^6 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

SS= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
(m2-m1)= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
D=Relación de la mezcla suelo:agua
E=volumen de extracto acuoso evaporado ,ml

ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis : "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Tesisista : Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar : Pueblo libre, Jaén - 2023
Fecha de excavación : 01/08/2023 Calicata : C-3
Fecha de muestreo : 01/08/2023 Nivel freático : No se encontro

CERTIFICADOS DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO
EXPLORACIÓN: C-03

CALICATA:		C-03		UBICACIÓN:		Pueblo libre, Jaén - 2023					
PROFUNDIDAD	ESTRATO	IDENTIFICACION	SUCS	HUMEDAD	LL	LP	IP	SALES	Descripción visual (IN-STU)		
0.1	0.10m								Terreno Natural		
0.2									Profundidad de 0.10 - 1.50m. Estrato clasificado en el Sistema "SUCS", como un suelo, "CL", Arcilla arenosa de baja plasticidad, identificado en el sistema AASTHO, como A-6 (7), de color marrón oscuro, suelo semi compacto, con un intermedio contenido de humedad natural e intermedio índice de plasticidad.		
0.3											
0.4											
0.5											
0.6											
0.7											
0.8	1.50m	E-01	CL	18.17%	33.50%	13.62%	19.88%	0.20%			
0.9											
1.00											
1.10											
1.20											
1.30											
1.40											
1.50											

M = Muestra
C = Calicata
S/M = Sin muestra

ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: "Uso de fibras celulosas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"

Tesista: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

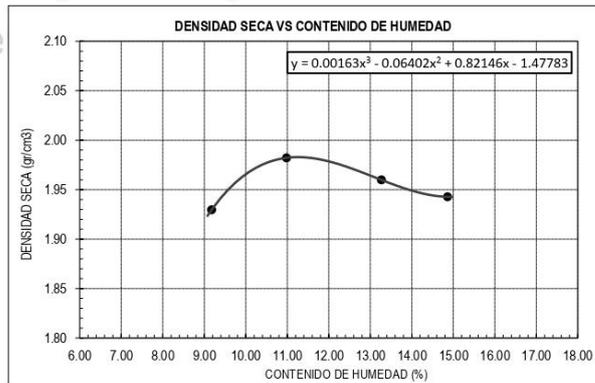
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	PORCENTAJE:	0%
----------	-----	-------	-----	-------------	----

DATOS					
Volumen de molde	cm ³	945.54	945.54	945.54	945.54
Peso de molde	g	4409	4409	4409	4409
Peso de la muestra compactada + molde	g	6401	6489	6508	6519
Peso del envase + suelo humedo	g	74.72	63.14	83.93	100.02
Peso del envase + suelo seco	g	69.44	58.09	75.55	88.78
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	11.92	12.10	12.39	13.16

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm ³	2.107	2.200	2.220	2.232
Peso del agua	g	5.3	5.1	8.4	11.2
Peso de suelo seco	g	57.52	46.0	63.16	75.62
Contenido de humedad	%	9.2	11.0	13.3	14.9
Densidad seca	g/cm ³	1.93	1.98	1.96	1.94



RESULTADOS

M.D.S (gr/cm ³)	1.98
O.C.H (%)	11.24

Observaciones:

.- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energia modificada, 2700kn-m/m³.

Angela Villanueva Alcalde
ANGELA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424

Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495

fingenieringsac@gmail.com

Indecopi

Nº00146584
Nº00146585



ISO 9001:2015



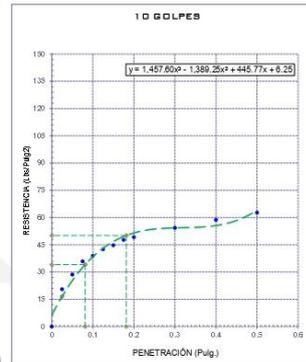
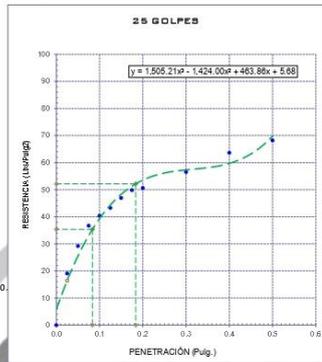
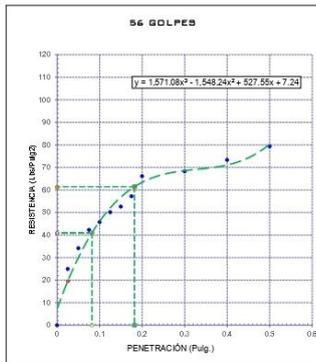
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	11.24
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.98
95% MDS (gr/cm ³)	1.88

DATOS DEL CBR	
CBR al 100% 0.1"	5.06
CBR al 95% de MDS (%)	3.62
CBR al 100% 0.2"	7.56
CBR al 95% de MDS (%)	3.57



Observaciones:
.- Normativa.

NTP 339.145.-Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGÉLICA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"

Solicitante: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

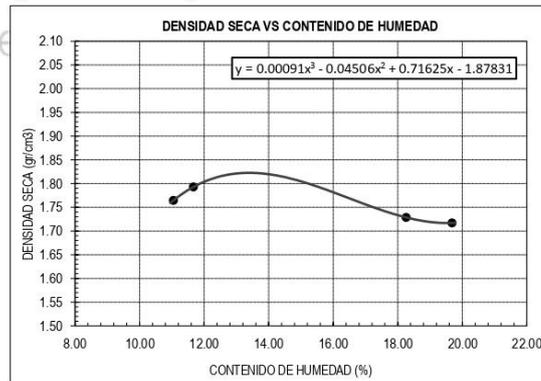
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	PORCENTAJE:	2%
----------	-----	-------	-----	-------------	----

DATOS					
Volumen de molde	cm3	945.54	945.54	945.54	945.54
Peso de molde	g	4409	4409	4409	4409
Peso de la muestra compactada + molde	g	6262	6302	6352	6342
Peso del envase + suelo humedo	g	74.77	76.51	71.02	84.84
Peso del envase + suelo seco	g	68.60	69.85	61.40	73.77
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	12.77	12.77	12.52	13.15

CÁLCULOS					
Densidad humeda	g/cm3	1.960	2.002	2.055	2.044
Peso del agua	g	6.2	6.7	9.6	11.1
Peso de suelo seco	g	55.83	57.1	48.88	60.62
Contenido de humedad	%	11.1	11.7	19.7	18.3
Densidad seca	g/cm3	1.76	1.79	1.72	1.73



RESULTADOS

M.D.S (gr/cm3)
1.82
O.C.H (%)
13.33

Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m3.

ANGÉLICA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424

Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495

fengineeringnac@gmail.com

Indecopi N°00146504
N°00146585

Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

**SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

Proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Solicitante: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

**CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**

MUESTRA: C-3	CAPA: M-1	PORCENTAJE: 2%
---------------------	------------------	-----------------------

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1	2	3			
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.22	15.22	15.24			
1.3 Altura molde descontando disco e espaciado	cm	11.66	11.65	11.62			
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7181	8731	8621			
1.5 N° de capas	-	5	5	5			
1.6 N° de golpes por capa	-	56	25	10			
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11412	11462	12892	13002	14442	14462
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	13.14	12.42	13.13	12.14	12.11	13.15
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	85.37	100.00	95.92	112.20	99.92	101.80
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	74.62	87.91	83.12	97.17	85.71	87.52
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	10.75	12.09	12.80	15.03	14.21	14.28
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	61.48	75.49	69.99	85.03	73.60	74.37
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	17.49	16.02	18.29	17.68	19.31	19.20
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg ²	28.20		28.20		28.27	
3.2 Volúmen de suelo	cm ³	2121.36		2119.54		2119.33	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4231	4281	4161	4271	5821	5841
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm ³	1.994	2.018	1.953	2.015	2.747	2.756
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm ³	1.697	1.739	1.659	1.712	2.302	2.312

EXPANSION											
MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)	
22-Ago	12:06:00 a. m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
23-Ago	12:06:00 a. m.	24	2.436	6.187	5.307%	2.521	6.403	5.496%	2.633	6.688	5.755%
24-Ago	12:06:00 a. m.	48	2.481	6.302	5.405%	2.544	6.462	5.547%	2.671	6.784	5.839%
25-Ago	12:06:00 a. m.	72	2.511	6.378	5.470%	2.561	6.505	5.584%	2.672	6.787	5.841%
26-Ago	12:06:00 a. m.	96	2.520	6.401	5.490%	2.565	6.515	5.592%	2.676	6.797	5.849%

PENETRACION																	
MOLDE		CARGA ESTANDAR (lb/pulg ²)	1					2					3				
PENETRACION	mm		CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	(lb/pulg ²)	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg ²	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		25.79	56.86	18.95			24.25	53.46	17.82			24.80	54.67	18.22		
0.050	1.27		62.45	137.68	45.89			59.90	132.06	44.02			56.75	125.11	41.70		
0.075	1.91		95.65	210.87	70.29			91.90	202.60	67.53			76.00	167.55	55.85		
0.100	2.54	1000	117.12	258.21	86.07	86.15	8.61	109.50	241.41	80.47	83.70	8.37	96.40	212.53	70.84	65.08	6.51
0.125	3.18		139.97	308.58	102.86			133.50	294.32	98.11			104.82	231.09	77.03		
0.150	3.81		155.50	342.82	114.27			150.90	332.68	110.89			113.88	251.06	83.69		
0.175	4.45		165.35	364.53	121.51			160.80	354.50	118.17			125.89	277.54	92.51		
0.200	5.08	1500	179.10	394.85	131.62	133.09	8.87	163.80	361.12	120.37	124.31	8.29	126.36	278.58	92.86	96.94	6.46
0.300	7.62		209.50	461.87	153.96			187.50	413.37	137.79			147.56	325.31	108.44		
0.400	10.16		227.80	502.21	167.40			196.90	434.09	144.70			159.69	352.06	117.35		
0.500	12.70		248.90	548.73	182.91			217.60	479.73	159.91			174.89	385.57	128.52		

Observaciones:
- Normativa.
NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



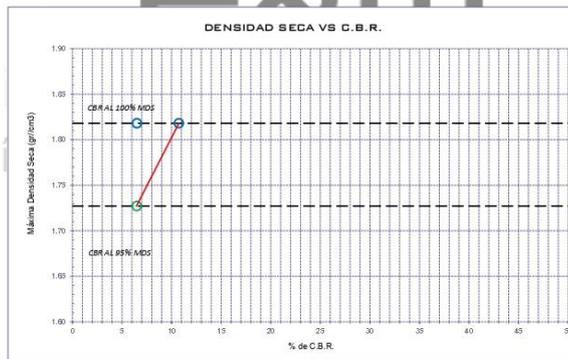
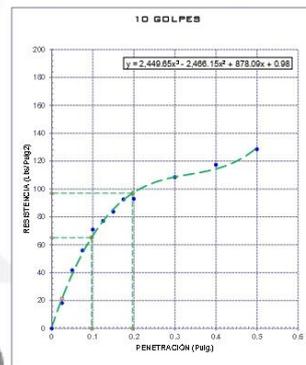
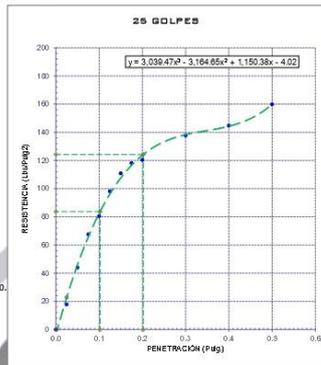
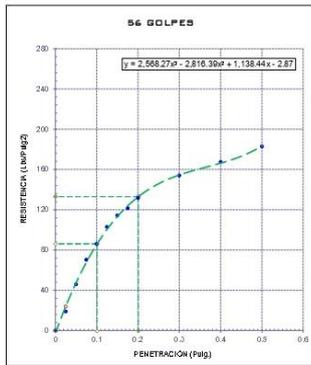
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	13.33
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.82
95% MDS (gr/cm ³)	1.73

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	6.51
CBR al 95% de MDS (%)	6.51
CBR al 100%: 0.2"	10.74
CBR al 95% de MDS (%)	6.46



Observaciones:

- Normativa

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGELLA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424

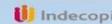


Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495



fmengaincorinasac@gmail.com



N°00146584
N°00146585



ISO 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"

Solicitante: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

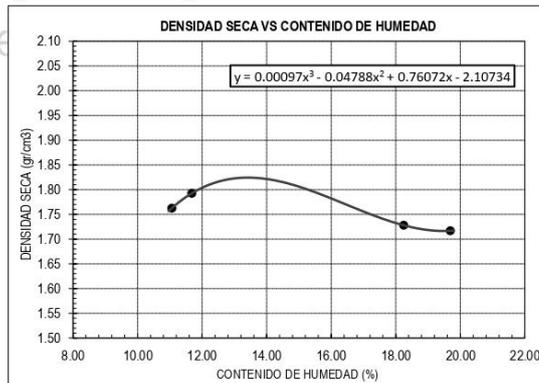
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	PORCENTAJE:	4%
-----------------	-----	--------------	-----	--------------------	----

DATOS					
Volumen de molde	cm3	945.54	945.54	945.54	945.54
Peso de molde	g	4411	4411	4411	4411
Peso de la muestra compactada + molde	g	6262	6304	6354	6343
Peso del envase + suelo humedo	g	74.79	76.53	71.04	84.85
Peso del envase + suelo seco	g	68.61	69.86	61.41	73.78
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	12.74	12.76	12.50	13.11

CÁLCULOS					
Densidad humeda	gv/cm3	1.958	2.002	2.055	2.043
Peso del agua	g	6.2	6.7	9.6	11.1
Peso de suelo seco	g	55.87	57.1	48.91	60.667
Contenido de humedad	%	11.1	11.7	19.7	18.2
Densidad seca	gr/cm3	1.76	1.79	1.72	1.73



RESULTADOS

M.D.S (gr/cm3)	1.82
O.C.H (%)	13.40

Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m3.

ANGELA YVONNA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineeringasac@gmail.com



Indecopi

Nº00146504

Nº00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

**SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

Proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Solicitante: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

**CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR**

MUESTRA: C-3	CAPA: M-1	PORCENTAJE: 4%
---------------------	------------------	-----------------------

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1	2	3			
1.2 Diámetro interior de molde	cm	15.20	15.21	15.22			
1.3 Altura molde descontando disco e espaciado	cm	11.63	11.64	11.62			
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7183	8730	8623			
1.5 N° de capas	-	5	5	5			
1.6 N° de golpes por capa	-	56	25	10			
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11412	11460	12892	13002	14442	14463
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	13.15	12.44	13.16	12.13	12.12	13.16
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	85.38	100.02	95.90	112.21	99.90	101.80
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	74.62	87.93	83.13	97.19	85.63	87.55
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	10.76	12.09	12.77	15.02	14.27	14.25
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	61.47	75.49	69.97	85.06	73.51	74.39
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	17.50	16.02	18.25	17.66	19.41	19.16
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.13		28.16		28.20	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2110.65		2114.72		2114.09	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4229	4277	4162	4272	5819	5840
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	2.004	2.026	1.958	2.020	2.752	2.762
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.706	1.746	1.664	1.717	2.305	2.318

EXPANSION											
MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)	
23-Ago	02:06:00 p.m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
24-Ago	02:06:00 p.m.	24	2.437	6.190	5.322%	2.523	6.408	5.506%	2.635	6.693	5.760%
25-Ago	02:06:00 p.m.	48	2.483	6.307	5.423%	2.545	6.464	5.554%	2.673	6.789	5.843%
26-Ago	02:06:00 p.m.	72	2.513	6.383	5.488%	2.571	6.530	5.610%	2.674	6.792	5.845%
27-Ago	02:06:00 p.m.	96	2.523	6.408	5.510%	2.564	6.513	5.595%	2.678	6.802	5.854%

PENETRACION																	
MOLDE		CARGA ESTANDAR (lb/pulg2)	1					2					3				
PENETRACION	mm		Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000		0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			
0.025	0.64		36.70	80.91	26.97		29.12	64.20	21.40			28.10	61.95	20.65			
0.050	1.27		75.40	166.23	55.41		68.40	150.80	50.27			61.70	136.03	45.34			
0.075	1.91		96.60	212.97	70.99		89.70	197.75	65.92			76.80	169.31	56.44			
0.100	2.54	1000	166.10	366.19	122.06	107.99	10.80	160.40	353.62	117.87	96.30	9.63	133.40	294.10	98.03	88.03	
0.125	3.18		173.90	383.38	127.79		154.10	339.73	113.24			144.80	319.23	106.41			
0.150	3.81		190.50	419.98	139.99		161.50	356.05	118.68			153.80	339.07	113.02			
0.175	4.45		195.30	430.56	143.52		171.80	378.75	126.25			165.80	365.53	121.84			
0.200	5.08	1500	229.60	506.18	168.73	161.03	10.74	202.80	447.10	149.03	143.77	9.58	194.30	428.36	142.79	136.91	
0.300	7.62		232.40	512.35	170.78			213.50	470.69	156.90			207.00	456.36	152.12		
0.400	10.16		267.10	588.85	196.28			241.30	531.97	177.32			221.00	487.22	162.41		
0.500	12.70		288.10	635.15	211.72			265.60	585.55	195.18			214.40	472.67	157.56		

Observaciones:
- Normativa.
NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



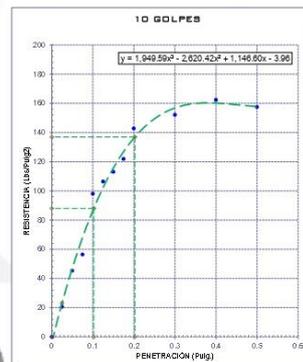
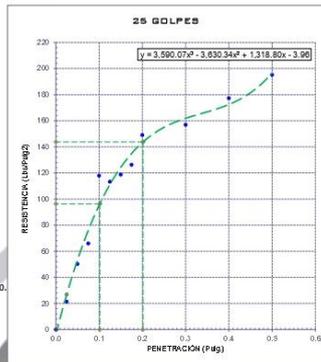
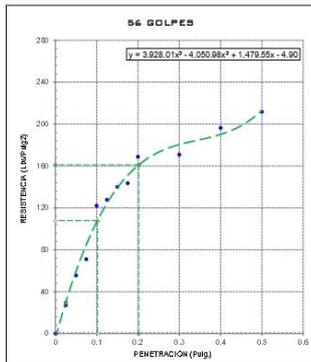
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	13.40
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.82
95% MDS (gr/cm ³)	1.73

DATOS DEL CBR	
CBR al 100% de 0.1"	8.80
CBR al 95% de MDS (%)	8.80
CBR al 100% de 0.2"	13.94
CBR al 95% de MDS (%)	9.13



Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

Angela Villanueva
ANGELA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca

941915761
949327495



fmengaincorinasac@gmail.com



N°00146584
N°00146585

ISO 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"

Solicitante: Guerrero Izaga Ricardo Alexander

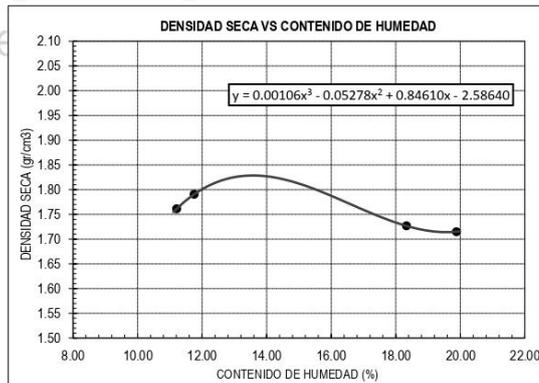
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MUESTRA:	C-3	CAPA:	M-1	PORCENTAJE:	5%
----------	-----	-------	-----	-------------	----

DATOS					
Volumen de molde	cm3	945.54	945.54	945.54	945.54
Peso de molde	g	4413	4413	4413	4413
Peso de la muestra compactada + molde	g	6265	6305	6357	6345
Peso del envase + suelo humedo	g	74.86	76.56	71.12	84.86
Peso del envase + suelo seco	g	68.60	69.85	61.40	73.75
Nº de envase	-	P-01	P-02	P-03	P-04
Peso del envase	g	12.76	12.76	12.51	13.14

CÁLCULOS					
Densidad humeda	gv/cm3	1.959	2.001	2.056	2.043
Peso del agua	g	6.3	6.7	9.7	11.1
Peso de suelo seco	g	55.84	57.1	48.89	60.61
Contenido de humedad	%	11.2	11.8	19.9	18.3
Densidad seca	gr/cm3	1.76	1.79	1.71	1.73



RESULTADOS

M.D.S (gr/cm3)	1.82
O.C.H (%)	13.53

Observaciones:

- Normativa.

NTP 339.127. Suelos. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.141. Suelos. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada, 2700kn-m/m3.

ANGÉLICA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineeringasac@gmail.com



Nº00146504
Nº00146585



Iso 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Proyecto: "Uso de fibras celulósicas para mejorar la capacidad portante de subrasante en suelos expansivos, pueblo libre, Jaén - 2023"
Solicitante: Guerrero Izaga Ricardo Alexander
Lugar: Pueblo libre, Jaén - 2023

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

MUESTRA: C-3	CAPA: M-1	PORCENTAJE:	5%
---------------------	------------------	--------------------	----

1. Datos:							
1.1 N° de molde	-	1	2	3			
1.2 Diametro interior de molde	cm	15.23	15.23	15.26			
1.3 Altura molde descontando disco e espaciado	cm	11.66	11.66	11.64			
1.4 Peso del molde (incluye base)	g	7183	8734	8623			
1.5 N° de capas	-	5	5	5			
1.6 N° de golpes por capa	-	56	25	10			
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Peso molde (incluye base) + suelo húmedo	g	11413	11464	12894	13005	14445	14466
2. Cálculo de contenido de humedad:							
2.1 Cápsula N°	-	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
2.2 Peso de cápsula	g	13.16	12.43	13.16	12.15	12.14	13.16
2.3 Cápsula + Suelo Húmedo	g	85.39	100.01	95.93	112.20	99.94	101.85
2.4 Cápsula + Suelo Seco	g	74.63	87.91	83.14	97.18	85.63	87.50
2.5 Peso de agua contenida (2.3-2.4)	g	10.76	12.10	12.79	15.02	14.31	14.35
2.6 Peso suelo seco (2.4-2.2)	g	61.47	75.48	69.98	85.03	73.49	74.34
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	17.50	16.03	18.28	17.66	19.47	19.30
3. Resultados:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28.24		28.24		28.35	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2124.37		2124.37		2128.99	
3.3 Peso del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4230	4281	4160	4271	5822	5843
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	1.991	2.015	1.958	2.010	2.735	2.744
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	1.694	1.737	1.655	1.708	2.289	2.300

EXPANSION											
MOLDE			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)		DIAL (Pulg)	Expansión (mm) (%)	
24-Ago	03:06:00 p.m.	0	0.000	-	-	0.000	-	-	0.000	-	-
25-Ago	03:06:00 p.m.	24	2.438	6.193	5.311%	2.527	6.419	5.505%	2.637	6.698	5.754%
26-Ago	03:06:00 p.m.	48	2.484	6.309	5.411%	2.548	6.472	5.551%	2.678	6.802	5.844%
27-Ago	03:06:00 p.m.	72	2.516	6.391	5.481%	2.575	6.541	5.609%	2.679	6.805	5.846%
28-Ago	03:06:00 p.m.	96	2.565	6.515	5.588%	2.567	6.520	5.592%	2.681	6.810	5.850%

PENETRACION																	
MOLDE			1					2					3				
PENETRACION		CARGA ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	(lb/pulg2)	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0.000			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00		
0.025	0.64		40.70	89.73	29.91			34.12	75.22	25.07			30.10	66.36	22.12		
0.050	1.27		87.40	192.68	64.23			77.40	170.64	56.88			67.70	149.25	49.75		
0.075	1.91		102.60	226.19	75.40			93.70	206.57	68.86			83.80	184.75	61.58		
0.100	2.54	1000	188.10	414.69	138.23	119.93	11.99	173.40	382.28	127.43	108.47	10.85	164.40	362.44	120.81	104.86	10.49
0.125	3.18		194.90	429.68	143.23			165.10	363.98	121.33			174.80	385.37	128.46		
0.150	3.81		211.50	466.28	155.43			182.50	402.34	134.11			184.80	407.41	135.80		
0.175	4.45		222.30	490.09	163.36			193.80	427.26	142.42			176.80	389.78	129.93		
0.200	5.08	1500	250.60	552.48	184.16	178.94	11.93	235.80	519.85	173.28	161.16	10.74	205.30	452.61	150.87	151.45	10.10
0.300	7.62		253.40	558.65	186.22			244.50	539.03	179.68			228.00	502.65	167.55		
0.400	10.16		299.10	659.40	219.80			253.30	558.43	186.14			232.00	511.47	170.49		
0.500	12.70		312.10	688.06	229.35			291.60	642.87	214.29			275.40	607.15	202.38		

Observaciones:
- Normativa.
NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

ANGÉLICA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



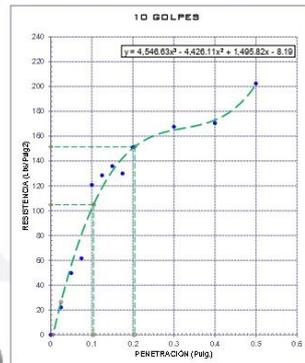
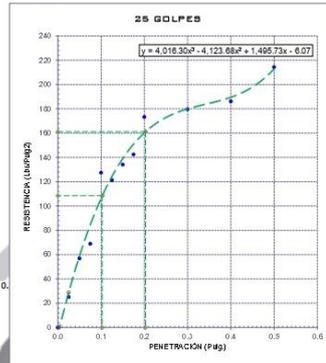
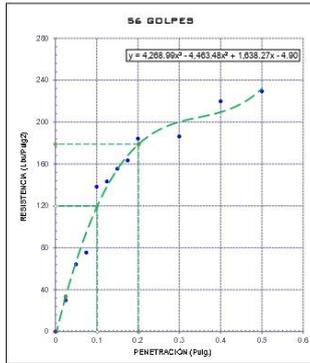
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA - CBR

DATOS DEL PROCTOR	
Humedad óptima (%)	13.53
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.82
95% MDS (gr/cm ³)	1.73

DATOS DEL CBR	
CBR al 100%: 0.1"	10.49
CBR al 95% de MDS (%)	10.49
CBR al 100%: 0.2"	15.90
CBR al 95% de MDS (%)	10.10



Observaciones:

- Normativa

NTP 339.145. Suelos. Métodos de ensayo de CBR. Relación de Soporte de California, de suelos compactados en el laboratorio.

Angela Villanueva
ANGELA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



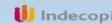
Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengaincorinasac@gmail.com



N°00146584
N°00146585



ISO 9001:2015



Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES DE MECÁNICA DE
SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADOS

F&M

Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción


ANGELA VIVIANA VILLANUEVA ALCALDE
INGENIERA CIVIL
REG. CIP. 232424



Calle Coricancha S/N Mz. C Lote 11 -
Sector Pueblo Libre - Jaén -
Cajamarca



941915761
949327495



fmengineeringsac@gmail.com



N°00146584

N°00146585



Iso 9001:2015



LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-2101-2023

DESTINATARIO : F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION
DIRECCION : MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA - JAEN
FECHA : 2022/01/31
LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE MASA- PYS EQUIPOS

MARCA : OHAUS CAPACIDAD MÁXIMA 6200 g
Nº DE SERIE : C213945170 DIV. DE ESCALA (d) 0.1 g
MODELO : SPX6201ZH DIV. DE VERIFICACIÓN (e) 1 g
TIPO : ELECTRÓNICA CÓDIGO NO INDICA
CLASE : III CAPACIDAD MÍNIMA 2 g

PESAS UTILIZADAS: CERTIFICADO: 335-CM-M-2022 / 336-CM-M-2022

CALBRACIÓN EFECTUADA SEGÚN: NMP-003-96 y Procedimiento de Calibración de Balanzas de funcionamiento No Automático PC-001

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temp °C	Inicial		H. R. %	Final		
	26.7	26.7		67	67	
Médon	Carga L1 = 3000.00 g		Carga L2 = 6000.00 g			
Nº	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	3000.00	0.070	-0.020	5999.90	0.040	-0.090
2	3000.00	0.080	-0.030	5999.90	0.040	-0.090
3	3000.00	0.070	-0.020	6000.00	0.070	-0.020
4	3000.00	0.070	-0.020	5999.90	0.040	-0.090
5	2999.90	0.040	-0.090	5999.90	0.050	-0.100
6	3000.00	0.070	-0.020	5999.90	0.040	-0.090
7	3000.00	0.070	-0.020	5999.90	0.040	-0.090
8	3000.00	0.060	-0.010	5999.90	0.030	-0.080
9	3000.00	0.070	-0.020	6000.00	0.070	-0.020
10	3000.00	0.070	-0.020	5999.90	0.040	-0.090

E = I + ½e - ΔL - L

Carga (g)	Diferencia Máxima (g)	E.M.P. (g)
3000.00	0.080	0.03
6000.00	0.080	0.03

OBSERVACIONES:

- Este informe de calibración NO podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización de PyS EQUIPOS E.I.R.L.
- El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos de medición. Se recomienda realizar la calibración en intervalos de 06 meses dependiendo del uso y movilización de la misma



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



LABORATORIO DE METROLOGIA

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

	Inicial	Final
Temp. °C	26.7	26.7

	Inicial	Final
H.R. (%)	67	67

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo	Determinación del Error Corregido Ec				E. M. P. ± (g)				
		I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)					
1	1.00	1.00	0.070	-0.020	1999.90	0.040	-0.090	-0.070	0.02	
2	1.00	1.00	0.080	-0.030	1999.90	0.040	-0.090	-0.060	0.02	
3	1.00	1.00	0.070	-0.020	2000.00	1999.80	0.030	-0.180	-0.160	0.02
4	1.00	1.00	0.070	-0.020	1999.80	0.030	-0.180	-0.160	0.02	
5	1.00	1.00	0.070	-0.020	1999.90	0.040	-0.090	-0.070	0.02	

* Valor entre 0 y 10e

$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$

$Ec = E - Eo$

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. °C	26.7	26.7

	Inicial	Final
H.R. (%)	67	67

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				E. M. P. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
2.00	2.00	0.070	-0.020						
10.00	10.00	0.070	-0.020	0.000	10.00	0.070	-0.020	0.000	0.01
100.00	100.00	0.080	-0.030	-0.010	100.00	0.070	-0.020	0.000	0.01
500.00	500.00	0.070	-0.020	0.000	499.90	0.040	-0.090	-0.070	0.01
1000.00	999.90	0.040	-0.090	-0.070	999.90	0.020	-0.070	-0.050	0.01
1500.00	1499.90	0.050	-0.100	-0.080	1499.90	0.040	-0.090	-0.070	0.02
2000.00	1999.90	0.040	-0.090	-0.070	1999.90	0.030	-0.080	-0.060	0.02
3000.00	3000.00	0.070	-0.020	0.000	3000.00	0.060	-0.010	0.010	0.02
4000.00	4000.10	0.090	0.060	0.080	4000.00	0.070	-0.020	0.000	0.02
5000.00	5000.10	0.090	0.060	0.080	5000.20	0.090	0.160	0.180	0.03
6000.00	6000.00	0.070	-0.020	0.000	6000.00	0.070	-0.020	0.000	0.03

$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$

$Ec = E - Eo$

OBSERVACIONES: La Incertidumbre de la medición ha sido determinada con un factor de cobertura K = 2, para un nivel de confianza del 95%. Donde I = Indicación de la balanza.

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN: U = 0,07 g

Revisado por:
Eler Pozo S
Dpto. Metrologia

Calibrado por:
Javier Negrón C.
Dpto. Metrologia



Calle 4, Mz F1, Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-2102-2023

DESTINATARIO : F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION
DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA - JAEN
FECHA : 2023/01/31
LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE MASA - PYS EQUIPOS

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: BALANZA
MARCA : OHAUS CAPACIDAD MÁXIMA 30 kg
Nº DE SERIE : 8354661311 DIV. DE ESCALA (d) 0.001 kg
MODELO : R21PE30ZH DIV. DE VERIFICACIÓN (e) 0.010 kg
TIPO : ELECTRÓNICA CÓDIGO DE LA BALANZA NO INDICA
CLASE III CAPACIDAD MÍNIMA 0.02 kg

PESAS UTILIZADAS: CERTIFICADO: 333, 334, 335, 336-CM-M-2022

CALIBRACIÓN EFECTUADA SEGÚN: NMP-003-2009 y Procedimiento de Calibración de Balanzas de funcionamiento No Automático PC-001/Indecopi

INSPECCIÓN VISUAL

Table with 4 columns: Item, TIENE, ESCALA, NO TIENE. Rows include AJUSTE DE CERO, OSCILACIÓN LIBRE, PLATAFORMA, SISTEMA DE TRABA.

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Table with 7 columns: Medición, Carga L1, ΔL, E, Carga L2, ΔL, E. Includes temperature data and H. R. %.

E = l + 1/2 d - ΔL - L

Summary table with 3 columns: Carga (kg), Diferencia Máxima (kg), E.M.P. (kg).

OBSERVACIONES:

- 1. Este informe de calibración NO podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización de Pys EQUIPOS EIRL
2. El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos de medición. Se recomienda realizar la calibración en intervalos de 06 meses dependiendo del uso y movilización de la misma



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe

*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.S

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de las Cargas

2	5
	1
3	4

	Inicial	Final
Temp. °C	24.9	24.9

	Inicial	Final
	70	70

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo			Determinación del Error Corregido Ec					E. M. P. ± (kg)	
	Carga Mínima* (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	Eo (kg)	Carga L (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)		Ec
1	0.010	0.010	0.0005	0.0000	10.000	10.000	0.0007	-0.0002	-0.0002	0.002
2		0.010	0.0005	0.0000		10.000	0.0007	-0.0002	-0.0002	0.002
3		0.010	0.0005	0.0000		10.000	0.0006	-0.0001	-0.0001	0.002
4		0.010	0.0007	-0.0002		10.000	0.0007	-0.0002	0.0000	0.002
5		0.010	0.0006	-0.0001		10.000	0.0006	-0.0001	0.0000	0.002

* Valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2}d - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final	Inicial	Final	Final
Temp. °C	25.0	24.9	70	70	70

Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				E. M. P. ± (kg)
	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	
0.20	0.20	0.0080	-0.0075						
0.50	0.50	0.0070	-0.0065	0.0010	0.50	0.0006	-0.0001	0.0074	0.001
0.10	0.10	0.0070	-0.0065	0.0010	0.10	0.0002	0.0003	0.0078	0.001
0.50	0.50	0.0080	-0.0075	0.0000	0.50	0.0008	-0.0003	0.0072	0.001
1.00	1.00	0.0005	0.0000	0.0075	1.00	0.0007	-0.0002	0.0073	0.001
5.00	5.00	0.0009	-0.0004	0.0071	5.00	0.0008	-0.0003	0.0072	0.001
10.00	10.00	0.0007	-0.0002	0.0073	10.00	0.0007	-0.0002	0.0073	0.002
15.00	15.00	0.0007	-0.0002	0.0073	15.00	0.0005	0.0000	0.0075	0.002
20.00	20.00	0.0007	-0.0002	0.0073	20.00	0.0005	0.0000	0.0075	0.002
25.00	25.00	0.0005	0.0000	0.0075	25.00	0.0007	-0.0002	0.0073	0.003
30.00	30.00	0.0009	-0.0004	0.0071	30.00	0.0009	-0.0004	0.0071	0.003

$$E = I + \frac{1}{2}d - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

OBSERVACIONES: La Incertidumbre de la medición ha sido determinada con un factor de cobertura K = 2, para un nivel de confianza del 95%. Donde I = Indicación de la balanza.

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN:

$$U = 2 \sqrt{0,000418 \text{ kg}^2 + 5,9 \times 10^{-9} \text{ R}^2}$$

Revisado por:
Eler Pozo S
Dpto. Metrologia

Calibrado por:
Javier Negrón C.
Dpto. Metrologia



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe

*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



LABORATORIO DE TEMPERATURA LT-1446-2023

Página 1 de 4

Solicitante	F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>P Y S EQUIPOS E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
Dirección	MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA - JAEN - JAEN	
Equipo	HORNO	
Marca	PYS EQUIPOS	
Modelo	STHZ-2A	
Serie	2205138	
Procedencia	CHINA	
Identificación	N/I	
Ventilación	FORZADA	
Ubicación	Laboratorio de Temperatura de PyS Equipos E.I.R.L	
Instr.de medida	Termómetro	
Alcance	50°C hasta 300°C	
Resolución	0.1 °C	
Marca	N/I	
Selector	Digital	
Alcance	50°C hasta 300°C	
Div. Escala	0.1 °C	
Marca	N/I	
Carga	N/I	
Fecha de calibración	2023-05-29	
Lugar	Laboratorio de Temperatura de PyS Equipos E.I.R.L Calle 4, Mz F1 Lt.5 Urb. Virgen del Rosario "S.M.P" - Lima Perú	
Método utilizado	Método de comparación según el PC-018 2da edición, junio 2009: "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermicos con aire como medio termóstatico" publicada por el snm/INDECOPI.	



EPP

Revisado y firmado digitalmente por:
Eier Pozo S.
Dpto. Metrología

Javier Negron C.

Calibrado y firmado digitalmente por:
Javier Negron C.
Dpto. Metrología



Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	28.9	29.4
Humedad Relativa (%)	63	60

Patrones de referencia:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Cert. de calibración
Lab. De temperatura de DSI PERÚ AUTOMATION	Termómetro de indicación digital Lutron con sensor tipo "T", resolución 0.1°C, Incertidumbre de 0.12 °C	T-0030-2023
Lab. De Temperatura y humedad METROIL	Termohigrómetro digital con incertidumbres 0.3°C / 2.8%	1AT - 1184 - 2023

Distribución de los termopares dentro del medio isotermico



Los termopares 5 y 10 se encuentran ubicados al centro de sus respectivos niveles

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 estan ubicados a "C" cm de las paredes laterales y a "D"cm del frente y fondo de la estufa

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



Resultados de medición

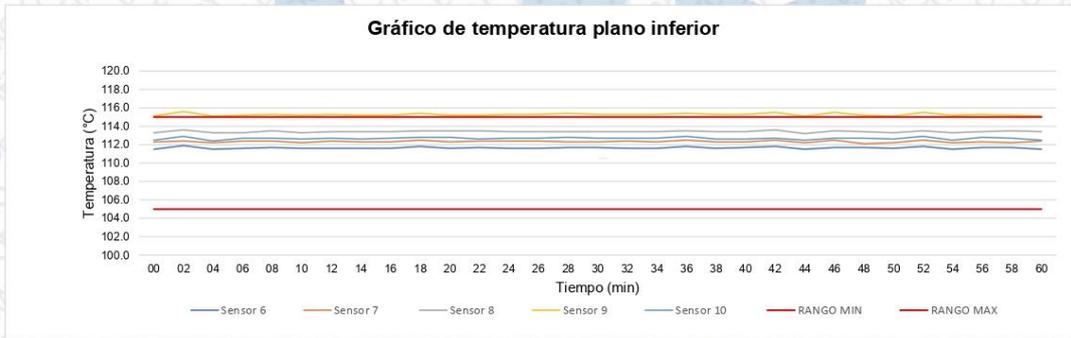
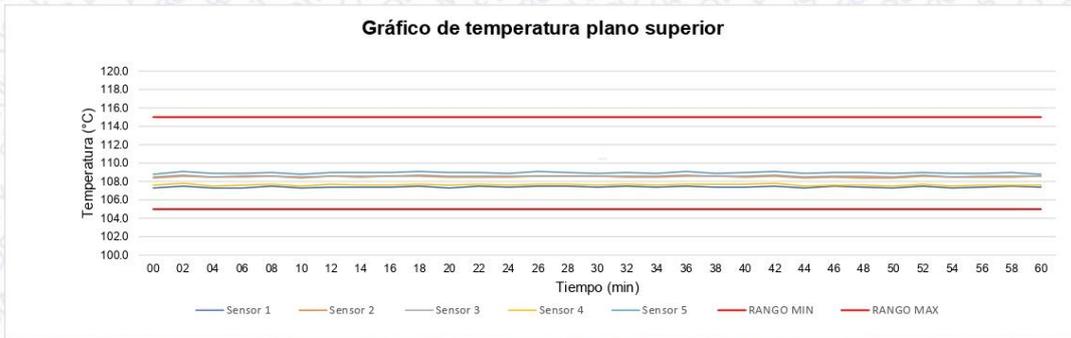
Temperatura de trabajo	Posición del controlador/Selector	Tiempo de calentamiento estabilización	Control de temperatura
110°C ± 5°C	110°C	3 horas	Electrónico

Tiempo (min)	T ind. (°C)	Temperaturas en las posiciones de medición (°C)										Tprom (°C)	Tmax - Tmin (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10		
00	110	107.3	108.4	108.5	107.6	108.8	111.5	112.3	113.3	115.1	112.5	110.5	7.8
02	110	107.5	108.6	108.7	107.8	109.1	111.9	112.4	113.6	115.6	112.9	110.8	8.1
04	110	107.3	108.5	108.5	107.5	108.9	111.5	112.2	113.3	115.1	112.4	110.5	7.8
06	110	107.3	108.6	108.5	107.6	108.9	111.6	112.4	113.3	115.2	112.7	110.6	7.9
08	110	107.5	108.6	108.6	107.7	109.0	111.7	112.4	113.5	115.3	112.7	110.7	7.8
10	110	107.3	108.4	108.5	107.5	108.8	111.6	112.2	113.3	115.2	112.6	110.5	7.9
12	110	107.4	108.6	108.6	107.7	109.0	111.6	112.4	113.4	115.3	112.7	110.7	7.9
14	110	107.4	108.5	108.6	107.6	109.0	111.6	112.3	113.4	115.2	112.6	110.6	7.8
16	110	107.4	108.6	108.6	107.6	109.0	111.6	112.3	113.4	115.2	112.7	110.6	7.8
18	110	107.5	108.6	108.7	107.7	109.1	111.8	112.5	113.5	115.4	112.8	110.8	7.9
20	110	107.3	108.5	108.6	107.6	109.0	111.6	112.3	113.5	115.2	112.8	110.6	7.9
22	110	107.5	108.5	108.6	107.7	109.0	111.7	112.4	113.5	115.2	112.6	110.7	7.7
24	110	107.4	108.5	108.6	107.6	108.9	111.6	112.4	113.4	115.3	112.7	110.6	7.9
26	110	107.5	108.6	108.6	107.7	109.1	111.6	112.4	113.4	115.3	112.7	110.7	7.8
28	110	107.5	108.6	108.6	107.7	109.0	111.7	112.3	113.4	115.4	112.8	110.7	7.9
30	110	107.4	108.6	108.6	107.6	108.9	111.7	112.3	113.4	115.3	112.7	110.7	7.9
32	110	107.5	108.5	108.6	107.7	109.0	111.6	112.4	113.4	115.3	112.7	110.7	7.8
34	110	107.4	108.5	108.6	107.6	108.9	111.6	112.3	113.4	115.3	112.7	110.6	7.9
36	110	107.5	108.6	108.7	107.7	109.1	111.8	112.5	113.5	115.4	112.9	110.8	7.9
38	110	107.4	108.6	108.6	107.7	108.9	111.6	112.3	113.4	115.3	112.6	110.6	7.9
40	110	107.4	108.5	108.6	107.7	109.0	111.7	112.3	113.4	115.3	112.6	110.7	7.9
42	110	107.5	108.6	108.7	107.8	109.1	111.8	112.5	113.6	115.5	112.7	110.8	8.0
44	110	107.3	108.4	108.5	107.5	108.9	111.5	112.2	113.2	115.1	112.5	110.5	7.8
46	110	107.5	108.5	108.6	107.6	109.0	111.7	112.5	113.5	115.5	112.7	110.7	8.0
48	110	107.4	108.4	108.6	107.6	109.0	111.7	112.1	113.4	115.2	112.7	110.6	7.8
50	110	107.3	108.4	108.5	107.5	108.9	111.6	112.2	113.3	115.1	112.6	110.5	7.8
52	110	107.5	108.6	108.7	107.7	109.0	111.8	112.5	113.5	115.5	112.9	110.8	8.0
54	110	107.3	108.5	108.5	107.5	108.9	111.5	112.2	113.3	115.2	112.5	110.5	7.9
56	110	107.4	108.5	108.6	107.6	108.9	111.7	112.3	113.4	115.3	112.8	110.7	7.9
58	110	107.5	108.5	108.6	107.6	109.0	111.7	112.2	113.5	115.2	112.7	110.7	7.7
60	110	107.4	108.6	108.6	107.6	108.8	111.5	112.4	113.4	115.1	112.5	110.6	7.7
T.PROM	110.0	107.4	108.5	108.6	107.6	109.0	111.6	112.3	113.4	115.3	112.7		
T.MAX	110	107.5	108.6	108.7	107.8	109.1	111.9	112.5	113.6	115.6	112.9		
T.MIN	110	107.3	108.4	108.5	107.5	108.8	111.5	112.1	113.2	115.1	112.4		
DTT	0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5		

Parametro	Valor (°C)	Incertidumbre
Máxima Temperatura medida	115.6	0.2
Mínima Temperatura medida	107.3	0.2
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0.3	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	7.9	0.2
Estabilidad Medida (+)	0.2	0.0
Uniformidad medida	8.1	0.2



Distribución de la temperatura



Suelos - Asfaltos - Concreto

Incertidumbre:

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

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

Observaciones:

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.

FIN DEL DOCUMENTO

PyS

EQUIPOS

Comercialización de Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelos, Concreto, Asfalto, Tamices, Mantenimiento y Calibración

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM D- 1883.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Punto de Extensión: 50.8 Milímetros.

NOMBRE DEL PRODUCTO: TRÍPODE DE EXPANSIÓN PARA CBR.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS142

SERIE DEL PRODUCTO: 330

FECHA: 23/05/2023


Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad

PyS

EQUIPOS

 Calle 4, Mz F1 Lt 05 Urb. Virgen del Rosario – SMP – Lima.

 (511) 5220723

 945183033 / 970055989 / 945181317

 ventas@pys.pe; apozo@pys.pe; ysalazar@pys.pe

 www.pys.pe

 www.facebook.com/pysequi/

 www.instagram.com/pysequipos_eirl/

 www.tiktok.com/@pysequipos_eirl



LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LL-514-2023

Página 1 de 2

Solicitante : F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION

Dirección : MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA – JAEN.

Instrumento de Medición : COMPARADOR DE CUADRANTES

Fabricante : BAKER

Modelo : K50

Serie : EJC884

Alcance de Identificación : 0 – 1”

División de Escala : 0.001”

Tipo : Analógico

Lugar de Calibración : Laboratorio de longitud – PYS EQUIPOS.

Fecha de Calibración : 2023-01-31

Fecha de emisión : 2023-01-31

Método de calibración empleado

Comparación Directa. Procedimiento de calibración de comparadores de Cuadrante (usando bloques). PC-014 del SNM/INDECOPI. Segunda Edición diciembre 2001

CONDICIONES AMBIENTALES

	INICIAL	FINAL
Temperatura	23.7°C	23.7°C
Humedad Relativa	65%	65%

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 $K=2$. La incertidumbre fue determinada según la “Guía para la expresión de incertidumbre en la medición”. Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Bloques Patrón de Longitud	LLA-C-033-2022

RESULTADO DE MEDICION

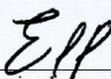
Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
1.5-1	0.0984	0.0988	0.0004
5	0.1968	0.1972	0.0004
5-1.5-1	0.2953	0.2956	0.0003
10	0.3937	0.3940	0.0003
10-1.5-1	0.4921	0.4924	0.0003
10-5	0.5906	0.5908	0.0002
10-5-1.5-1	0.6889	0.6892	0.0003
20	0.7874	0.7876	0.0002
20-1.5-1	0.8858	0.8862	0.0004
20-5	0.9843	0.9846	0.0003

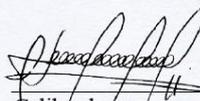
Máxima desviación encontrada en el alcance (fe): 1 ml

Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
5	Pulg	Pulg	Pulg
	0.1968	0.1972	0.0004
	0.1968	0.1972	0.0004
	0.1968	0.1972	0.0004
	0.1968	0.1972	0.0004

Máxima desviación encontrada en la repetibilidad (fw): 0 ml

Equivalencia
0.001 in = 1ml
1 in = 0.25mm
1 in = 0.01 pulgada


Revisado por:
Eler Pozo S.
Dpto. de Metrología


Calibrado por:
Javier Negrón C.
Dpto. de Metrología





LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LL-539-2023

Página 1 de 2

Solicitante : **F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**

Dirección : **MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE CAJAMARCA
- JAEN - JAEN**

Instrumento de Medición : **COMPARADOR DE CUADRANTES**

Fabricante : **BAKER**

Modelo : **K50**

Serie : **EJC925**

Alcance de Identificación : **0 – 1”**

División de Escala : **0.001”**

Tipo : **Analógico**

Lugar de Calibración : **Laboratorio de longitud – PYS EQUIPOS.**

Fecha de Calibración : **2023-05-18**

Fecha de emisión : **2023-05-18**

Método de calibración empleado

Comparación Directa. Procedimiento de calibración de comparadores de Cuadrante (usando bloques). PC-014 del SNM/INDECOPI. Segunda Edición diciembre 2001

CONDICIONES AMBIENTALES

	INICIAL	FINAL
Temperatura	28.3°C	28.3°C
Humedad Relativa	65%	65%

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 $K=2$. La incertidumbre fue determinada según la “Guía para la expresión de incertidumbre en la medición”. Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Bloques Patrón de Longitud	LLA-C-033-2022

RESULTADO DE MEDICION

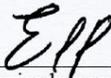
Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
1-1.5	0.0984	0.0984	0.0000
5	0.1968	0.1970	0.0002
5-1-1.5	0.2952	0.2954	0.0002
10	0.3937	0.3938	0.0001
10-1-1.5	0.4922	0.4924	0.0002
10-5	0.5906	0.5908	0.0002
10-5-1-1.5	0.6889	0.6892	0.0003
20	0.7874	0.7876	0.0002
20-1-1.5	0.8858	0.8858	0.0000
20-5	0.9842	0.9844	0.0002

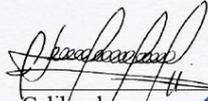
Máxima desviación encontrada en el alcance (fe): 1 ml

Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
10-5-1-1.5	Pulg	Pulg	Pulg
	0.6889	0.6892	0.0003
	0.6889	0.6892	0.0003
	0.6889	0.6892	0.0003
	0.6889	0.6892	0.0003

Máxima desviación encontrada en la repetibilidad (fw): 0 ml

Equivalencia
 0.001 in = 1ml
 1 in = 0.25mm
 1 in = 0.01 pulgadas


 Revisado por:
 Eler Pozo S.
 Dpto. de Metrología


 Calibrado por:
 Javier Negrón C.
 Dpto. de Metrología



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
 Web Page: www.pys.pe

*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MC041 - F - 2023*Metrología & calibración**Laboratorio de Fuerza*

Página 1 de 3

1. Expediente	230097	<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>METROLOGÍA & CALIBRACIÓN 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>
2. Solicitante	F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C.	
3. Dirección	Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre, Jaen - Jaen - CAJAMARCA	
4. Equipo	PRENSA CBR	
Capacidad	5000 kgf	
Marca	PALIO	
Modelo	PE7026.2	
Número de Serie	0422003	
Procedencia	PERÚ	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIWEIGH	
Modelo	X10	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,1 kgf	
Ubicación	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES	
5. Fecha de Calibración	2023-06-22	
6. Fecha de Emisión	2023-06-26	

JEFE DE LABORATORIO

Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC041 - F - 2023

Metrología & calibración

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

7. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

8. Lugar de calibración

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre, Jaen - Jaen - CAJAMARCA

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	24,7 °C	24,8 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,2 %	LEDI-PUCP INF-LE 014-23 B

11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El equipo trabaja con una celda de carga, Marca: MAVIN, Modelo: NS4-5T y Serie: HE9701110



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MC041 - F - 2023

Metrología & calibración

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

12. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)				$F_{Promedio}$ (kgf)
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	Patrón de Referencia	
10	500	500,6	498,6	498,6	499,3	
20	1000	1002,6	1002,4	1002,3	1002,4	
30	1500	1503,8	1503,7	1503,6	1503,7	
40	2000	2004,8	2004,5	2004,1	2004,5	
50	2500	2505,8	2505,8	2505,6	2505,7	
60	3000	3006,7	3006,8	3006,1	3006,6	
70	3500	3507,9	3507,8	3507,2	3507,6	
80	4000	4008,4	4008,8	4007,9	4008,3	
90	4500	4509,9	4510,1	4509,7	4509,9	
100	5000	5011,4	5011,7	5011,0	5011,4	
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0		

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
500	0,14	0,40	---	0,02	0,30
1000	-0,24	0,03	---	0,01	0,30
1500	-0,24	0,01	---	0,01	0,30
2000	-0,22	0,03	---	0,01	0,30
2500	-0,23	0,01	---	0,00	0,30
3000	-0,22	0,02	---	0,00	0,30
3500	-0,22	0,02	---	0,00	0,30
4000	-0,21	0,02	---	0,00	0,30
4500	-0,22	0,01	---	0,00	0,30
5000	-0,23	0,01	---	0,00	0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0,00 %
---	--------


13. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura 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.

ANEXO 4: PANEL FOTOGRAFICO

➤ EXTRACCIÓN DE MATERIAL

Imagen N° 01: Recolección de Fibra celulosa - Calicata 01



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 02: Trazado y ubicación para luego pasar a la excavación de la calicata 01.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 03: Excavación de la calicata 01.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 04: Ubicación y procedimiento a la excavación de la calicata 02.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 05: Ubicación y procedimiento a la excavación de la calicata 03.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 06: Medición de profundidad de la calicata 01.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 07: Extracción de muestras de la calicata 01.



Fuente: Elaboración propia

➤ ENSAYO 01: CONTENIDO DE HUMEDAD

Imagen N° 08: Se cuartea la muestra, peso de tara + peso de tara con muestra.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 09: A continuación, se introduce al horno a 110°C durante 24 horas.



Fuente: Elaboración propia

- **ENSAYO 02: DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PASTICIDAD DE SUELOS**
- LIMITE LIQUIDO**

Imagen N° 10: Se pasa la muestra por malla N° 40, se pesa 150 gr de la muestra.



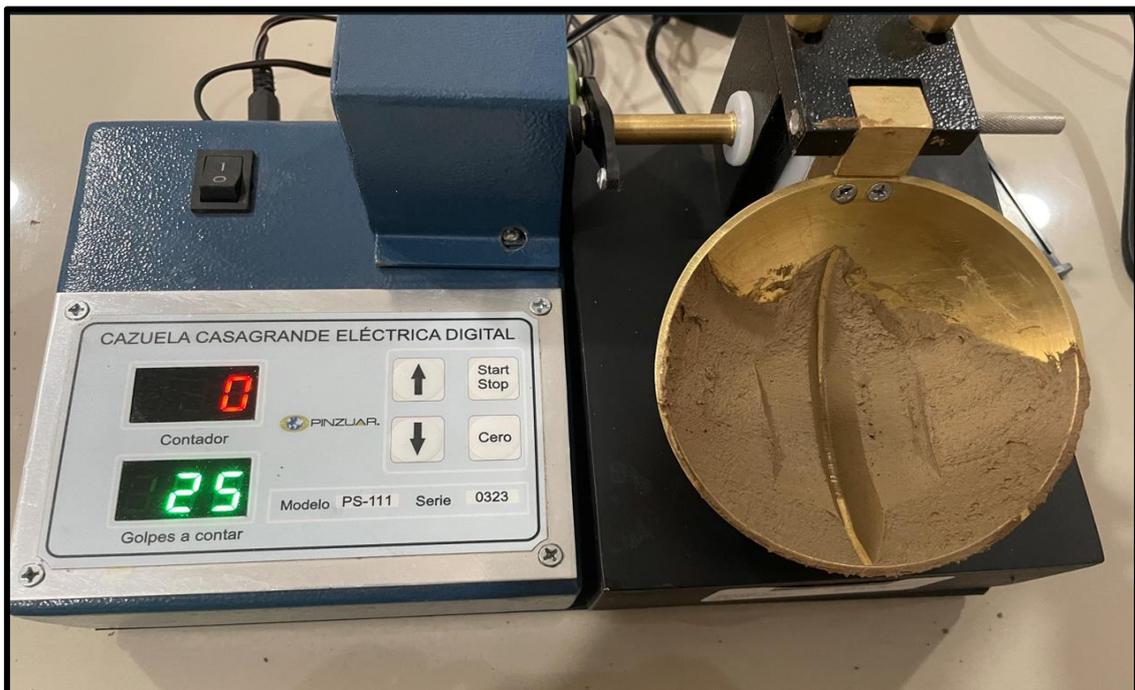
Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 11: Se le agrega destilada, hasta obtener una mezcla homogénea.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 12: Después de obtener una mezcla homogénea, a continuación, se coloca la muestra en la copa casa grande y se le pasa el ranurador.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 13: Se coloca una porción de muestra de cierre del ensayo, y se pesa.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 14: Una vez que se pesa, a continuación, se lleva al horno.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 15: Se lleva al horno a 110°C durante 24 horas., después se deja enfriar y se pesa, para luego obtener nuestro limite líquido.



Fuente: Elaboración propia

➤ LIMITE PLÁSTICO

Imagen N° 16: Coges un poco muestra para hacer tipo una esfera.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 17: Se hace bastoncitos hasta llegar a agrietamiento.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 18: Se lleva a pesar, para luego dejar en el horno por 24h, al día siguiente dejar enfriar y pesas.



Fuente: Elaboración propia

