



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Aplicación de geopolímero puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón - San Antonio – Moquegua

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Civil

AUTOR:

Ventura Ventura, Abrahan Antonio (orcid.org/0009-0002-5762-8184)

ASESOR:

Dr. Depaz Celi, Kiko Félix (orcid.org/0000-0001-7086-1031)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CALLAO – PERÚ

2024

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado primeramente a Dios, que me dio la vida y me permitió llegar a este momento decisivo en mi carrera.

A mi madre Idalia, quien me inculcó valores, buenos sentimientos y hábitos y me ayudó mucho en mis momentos más difíciles.

También a mi padre Baylon, cuyos consejos fueron decisivos al final de mi carrera.

A toda mi familia por respaldarme sin reservas y por estar a mi lado en los momentos positivos y desafiantes.

A mis profesores por invertir su tiempo, apoyo y sabiduría en el avance de mi formación académica.

Agradecimiento

Quiero expresar, en primer lugar, mis más sinceros agradecimientos a Dios por protegerme en mi viaje y brindarme la fortaleza necesaria para superar los inconvenientes y retos que encuentro en la vida.

También me gustaría agradecer a mi madre por su confianza y apoyo, por mostrarme amor ilimitado corrigiendo mis errores y alegrarse de mis éxitos. Aprovechando en dar gracias a todo los que contribuyeron en mi formación profesional que con paciencia y dedicación han cumplido con su misión.

Por ultimo quiero agradecer a la Universidad César Vallejo por permitirme la oportunidad de continuar mis estudios y a mis mentores por su apoyo incondicional, durante la elaboración de este proyecto.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DEPAZ CELI KIKO FELIX, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, asesor de Tesis titulada: "Aplicación de geopolímero puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón - San Antonio - Moquegua", cuyo autor es VENTURA VENTURA ABRAHAN ANTONIO, 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.

LIMA, 14 de Mayo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DEPAZ CELI KIKO FELIX DNI: 31663735 ORCID: 0000-0001-7086-1031	Firmado electrónicamente por: KDEPAZC el 08-07- 2024 09:51:57

Código documento Trilce: TRI - 0748951





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, VENTURA VENTURA ABRAHAN ANTONIO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Aplicación de geopolímero puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón - San Antonio - Moquegua", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

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
ABRAHAN ANTONIO VENTURA VENTURA DNI: 41080793 ORCID: 0009-0002-5762-8184	Firmado electrónicamente por: AVENTURAVE el 14- 05-2024 21:12:25

Código documento Trilce: TRI - 0748948

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 tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. Variables y operacionalización	18
3.3. Población, muestra y muestreo	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.5. Procedimientos	22
3.6. Método de Análisis de Datos	30
3.7. Aspectos Éticos	30
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN	47
VI. CONCLUSIONES	48
VII. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS	54

Índice tablas

Tabla 1: Clasificación y uso de geopolímeros.....	10
Tabla 2: Características generales de los materiales puzolánicos.....	12
Tabla 3 Clasificación del suelo según Índice de plasticidad.....	13
Tabla 4 Clasificación de suelos según AASHTO.	14
Tabla 5 Sistema unificado de clasificación del suelo.....	15
Tabla 6 Categoría de subrasante en función de su índice CBR.....	16
Tabla 8 Profundidad de excavación de calicatas y sus coordenadas UTM de ubicación	22
Tabla 9 Análisis granulométrico	31
Tabla 10 Límites de Consistencia	32
Tabla 11 Clasificación AASHTO y SUCS	33
Tabla 12 Peso unitario máximo seco	34
Tabla 13 Californian Bearing Ratio (CBR).....	35
Tabla 14 Influencia de geopolímero puzolánico natural.....	36
Tabla 15 Prueba de normalidad de índice de plasticidad	37
Tabla 16 Intervalo de confianza para la media de índice de plasticidad	39
Tabla 17 Prueba Estadística de Anova de Índice de Plasticidad	40
Tabla 18 Tes de Normalidad (CBR)	41
Tabla 19 Intervalo de confianza para la media (CBR).....	42
Tabla 20 Prueba estadística de ANOVA factor de capacidad de soporte	43
Tabla 21 Tes de Normalidad (PH)	43
Tabla 22 Intervalo de confianza para la media de PH.....	45
Tabla 23 Prueba Estadística de Anova de PH.....	46

Índice de figuras

Figura 1	Clasificación de materiales puzolánicos.....	11
Figura 2	Minerales que constituyen la arcilla de acuerdo a su arreglo reticular ..	13
Figura 3	Volumen de la masa de suelo / contenido de humedad.....	16
Figura 4	Ubicación de las calicatas C1, C2 Y C3.....	23
Figura 5	Granulometría	25
Figura 6	Límite Líquido.....	26
Figura 7	Límite plástico	27
Figura 8	Californian Bearing Ratio (CBR)	30
Figura 9	Grafico de Análisis granulométrico.....	32
Figura 10	Grafico de Límites de Consistencia.....	32
Figura 11	Grafico Peso unitario máximo seco.....	34
Figura 12	Grafico Californian Bearing Ratio (CBR).....	35
Figura 13	Tes de Normalidad	38
Figura 14	Intervalo de confianza de Bonferroni de índice de plasticidad	39
Figura 15	Intervalo de confianza del CBR.....	41
Figura 16	Intervalo de confianza de Bonferroni (CBR).....	42
Figura 17	Intervalo de confianza del PHación	44
Figura 18	Intervalo de confianza de Bonferroni de PH.....	45

Resumen

En la presente tesis tiene como objetivo analizar la aplicación de geopolímero puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón - San Antonio–Moquegua, para tal caso se empleó una investigación cuantitativa, nivel descriptivo y explicativo cuyo diseño de investigación fue experimental, teniendo como variable independiente geopolímero puzolánico natural, así mismo la variable dependiente conforma las propiedades de los suelos arcillosos. Se emplearon técnicas de muestreo no probabilísticas y se utilizan instrumentos de laboratorio para medir diversos parámetros. Tras evaluar muestras de suelo natural, se determinó un CBR insuficiente de 5 %, la cual no es apto para subrasante, así mismo los resultados de plasticidad no cumplieron, por lo tanto, el material se estabilizo añadiendo una mezcla optima según los resultados un 24% de geopolímero puzolánico natural, lo que resultó en una disminución del índice de plasticidad del 29 % al 6%, y un aumento significativo del CBR del 5% al 11%. Por lo que se concluye la investigación, que con la adición de 8%,16% y 24% del geopolímero puzolánico natural, influye positivamente y significativamente en la mejora de las propiedades de las subrasantes arcillosas.

Palabras clave: Geopolímero puzolánico natural, suelos arcillosos, subrasante.

Abstract

The objective of this thesis is to analyze the application of natural pozzolanic geopolymer to improve the properties of clay subgrades - Cantera Marón Avenue - San Antonio-Moquegua, for this case a quantitative research was used, descriptive and explanatory level whose research design was experimental, having as independent variable natural pozzolanic geopolymer, likewise the dependent variable conforms the properties of clay soils. Non-probabilistic sampling techniques were employed and laboratory instruments were used to measure various parameters. After evaluating samples of natural soil, an insufficient CBR of 5% was determined, which is not suitable for subgrade, likewise the results of plasticity did not comply, therefore, the material was stabilized by adding an optimal mixture according to the results, 24% of natural pozzolanic geopolymer, which resulted in a decrease of the plasticity index from 29% to 6%, and a significant increase of the CBR from 5% to 11%. Therefore, the research concludes that the addition of 8%, 16% and 24% of natural pozzolanic geopolymer has a positive and significant influence on the improvement of the properties of clay subgrades.

Keywords: Natural pozzolanic geopolymer, clay soils, subgrade.

I. INTRODUCCIÓN

En las vías de comunicación se viene enfrentando a una serie de retos, como el elevado costo de construir pavimentos en suelos con poca capacidad de soporte, esto se debe a que el diseño de estas carreteras requiere capas más gruesas. Se están buscando soluciones alternativas para mejorar suelos arcillosos de mala calidad, que a veces no acatan los requisitos para ser utilizados como base o terraplén (Illary Ccoillo, 2017); la implementación de sistemas de interacción en las carreteras es crucial para el avance de un país. Sin embargo, hay que tener en cuenta importante que las carreteras diseñadas en la actualidad a menudo presentan problemas en el pavimento, debido principalmente a la falta de resistencia estructural, esto se debe a los recursos empleados en las capas granulares, las condiciones medioambientales y las características del lugar del suelo o la base sobre la cual se construye la carretera (Meyer, 2009).

En Guatemala, se observó una falta de interés en el mantenimiento y la conservación de las carreras pavimentadas, esto se debe a la falta de consideración en el diseño adecuado y a menudo por la falta de recursos económicos, generando así vías inaccesibles; con el propósito de impulsar el crecimiento económico, es esencial aumentar la red de vías de comunicación, esto puede lograrse mediante investigaciones científicas y avances tecnológicos (Pinto, 2018). Por otra parte, un estudio llevado a cabo en China plantea como problema el largo periodo necesario para completar la construcción de carreteras que se asientan sobre suelos de arcilla blanda, esto implica la necesidad de mejorar las propiedades de las subrasantes. Esto conlleva la necesidad de elevar las características mecánicas del suelo, lo cual a su vez conduce a una mayor congestión durante el inicio de proyectos. Como resultado, se plantea la necesidad de encontrar una combinación de estabilizadores que puedan rápidamente mejorar las características en cuestión en un corto periodo (Shen, Z & Fang, L., 2017). En la parte occidental de la llanura de Bogotá, se observaron complicaciones en el tráfico debido a diferentes fallos detectados en la capa superficial de los pisos flexibles que se han construido en esa región, estos problemas revelan la interrupción en la continuidad de la capa inferior de la carretera, ocasionada por la sequedad gradual que afecta a los suelos arcillosos; este fenómeno se origina por

la pérdida progresiva de humedad debido a la desecación del terreno. Entre las anomalías presentes en las carreteras de esa área de la llanura de Bogotá se pueden mencionar asentamientos desiguales, hundimientos, grietas en los bordes de la calzada y de vez en cuando incluso deficiencias totales en la contextura de la carretera. Esto es solo un ejemplo de las diversas afecciones que se perciben en las vías de esa región (Pineda Jaimes & García Lopez, 2014). A nivel nacional, el deterioro de las carreteras en muchas provincias podría tener un impacto ya que las carreteras son el único medio de transporte utilizado para diversos fines como el transporte de mercancías, pasajeros y personal, esto es particularmente en Moquegua, una provincia que enfrenta problemas de congestión. Además, existen áreas que carecen de pavimentación; es decir, “trochas carrozables según la normativa vigente, pero que no cumplen estándares geométricos uniformes (Tupia Astocondor, 2021). De acuerdo con las estadísticas del Ministerio de Transporte sobre la estructura vial: existen 22.600 km de vías pavimentadas, 27.041 km de carreteras nacionales y 4.441 km de carreteras no pavimentadas. Aproximadamente el 67% de la infraestructura de la carretera a nivel nacional está en condiciones favorables, el 22% en estado aceptable y el 11% en condiciones deficientes. Todo esto subraya la necesidad de implementar enfoques y soluciones que contribuyan a mejorar la condición y la protección de las carreteras en todo el país (2021, p. 1).

Dentro de nuestra contextura, se presentan diversos eventos de inestabilidad en los terrenos, siendo los inconvenientes más frecuentes los hundimientos, fisuras en la superficie y cambios en el volumen; estas situaciones requieren una mejora o sustitución del material actual o sustituirlo por otro que cumpla con los estándares del MTC (Martínez, 2019). A nivel regional, en lo que respecta a las áreas críticas que necesitan rehabilitación en sus sistemas viales, además de la urgencia de proyectos de pavimentación vecinal, se destaca el distrito de San Antonio, este lugar presenta diversos tramos que demandan un análisis exhaustivo debido a que los materiales de la capa inferior no poseen la resistencia adecuada para cargar con el peso, en la superficie de la carretera y la carga ejercida por los vehículos. Es así, como se encuentra la Av. El Paraíso, una zona específica donde los suelos no cumplen con los requerimientos establecidos por las normativas, haciendo muy complicado la concepción de proyectos viales, por lo que

se opta por desechar el material de fundación y remplazarlo por uno de préstamo (Lezama Huamán, 2022). A nivel local la construcción de vías urbanas y rurales se incrementa con costos muy altos, de mismo modo carece de mantenimiento las vías existentes, percibiéndose hundimientos, encalaminado y desplazamientos por el problema de subrasantes arcillosos en la Av. Cantera Marón, donde las carreteras no cumplen con los estándares apropiados para proyectos viales, esto se debe a que tienen una carga limitada con un CBR menor a 6%.

Por lo tanto, surge la siguiente pregunta del **problema general** de la investigación, ¿Cuál es la influencia de geopolímero puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón - San Antonio - Moquegua?, así mismo se identificaron los **problemas específicos** siguientes: ¿De qué manera influye la aplicación de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades físicas de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio - Moquegua?, ¿Cuál es la influencia de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades mecánicas de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio - Moquegua?, ¿Cómo influye la aplicación de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades químicas de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio - Moquegua?

Asimismo, se presentan como **justificantes** de la investigación, desde un nivel **teórico** ampliar conocimientos acerca del tema de estudio, siguiendo las directrices establecidas del manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) sobre suelos, geología, geotecnia y pavimentos. A nivel **metodológico**, se propuso emplear los geopolímeros de puzolana natural de los cuales se modificaron los procesos de ensayos de los suelos debido a las adiciones y dosificaciones que se emplearon. A **nivel práctico** el mejoramiento del valor de soporte, Proctor modificado, límites de consistencia, entre otros que se hizo que obtenga un material con mejores propiedades físico mecánicas de la subrasante en estricto cumplimiento normativo. Y a **nivel social**, la optimización de estas propiedades para una buena transitabilidad vehicular, el confort de la población aunado a la mejora de sus problemas de salud por estos hechos. **A nivel económico**, los costos de mantenimiento de la unidad de transporte serán menores

El objetivo de la investigación fue: “Analizar la aplicación de geopolímero puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio - Moquegua”. Así mismo, como objetivos específicos se pretende: primero determinar la influencia de geopolímero puzolánico natural en la variación de propiedades físicas de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio - Moquegua; segundo determinar la influencia de geopolímeros puzolánico natural en la mejora de las propiedades mecánicas de la subrasante en la Av. Cantera Marón, San Antonio - Moquegua; y tercero determinar la influencia de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades químicas de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio – Moquegua. Finalmente, en función a lo descrito anteriormente se formularon las siguientes **hipótesis**, como hipótesis general se tiene que La incorporación de geopolímero puzolánico natural influye significativamente en las propiedades de suelos arcillosos en la Av. Cantera Marón, San Antonio - Moquegua y como hipótesis específicas se planteó; la adición de geopolímero puzolánico natural influye positivamente en la variación de las propiedades físicas de suelos arcillosos en la Av. Cantera Marón, San Antonio Moquegua; la adición de geopolímero puzolánico natural influye positivamente en las alteraciones de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos en la Av. Cantera Marón, San Antonio – Moquegua; la adición de geopolímero puzolánico natural influye positivamente en los cambios en las propiedades químicas de los suelos arcillosos en la Av. Cantera Marón, San Antonio – Moquegua.

II. MARCO TEÓRICO

Como Antecedentes internacionales se tiene a: En Quito Según Licuy & Román (2020), tuvieron como objetivo de estabilizar arcillas expansivas utilizando puzolanas, el estudio fue de tipo experimental. Realizaron ensayos físicos y mecánicos en tres muestras de suelo de la provincia de Manabí utilizando morteros mezclados al 10, 20 y 30 por ciento. Los hallazgos revelaron que la alternativa de cemento-fenol al 20% proporcionaba la mejor estabilización y reducía el hinchamiento del 34% al 62%. En conclusión, dicha alternativa fue eficaz en la estabilización de suelos con características de hinchamiento, mientras que la alternativa del 20 por ciento proporcionó los mejores resultados debido a la reducción de varios parámetros y al aumento de la resistencia del suelo.

Canaria & Martínez (2020), en su estudio evaluaron la viabilidad técnica del uso de polímeros sintéticos ecológicos y con ello fijar el recurso extraído de la cantera Matiyure para la formación de subrasante en las terrazas del Municipio La Primavera-Vichada. La investigación utilizó una metodología cuantitativa, que incluyó pruebas destinadas a explorar las propiedades geomecánicas del material en su estado natural, seguidas de una comparación con pruebas realizadas en muestras de material mejorado con el polímero sintético ecológico. Los resultados del estudio indicaron, que en situaciones críticas como la inmersión, la incorporación del agente estabilizador incrementó la carga. Al aplicar una proporción de 1,2 litros por metro cúbico, se logró un índice CBR del 12,19% mediante una compactación completa que alcanzó la máxima densidad seca. Esta medida condujo a una mejora del 44% en esta propiedad. Sin embargo, a pesar de este aumento, no se alcanzó el valor mínimo deseado del 15%. Además, el estabilizador contribuyó a aumentar la resistencia a la expansión del material en hasta un 30%. En resumen, considerando los hallazgos de las evaluaciones de humedad, secado y cepillado, es posible deducir que, si bien el agente estabilizante optimizó las características del material después del proceso de desecación, reforzando su capacidad de soporte de carga, no logró conferir la calidad ni la durabilidad necesarias para garantizar durante un largo periodo el equilibrio de la carretera bajo condiciones húmedas. (Serrano & Padilla, 2019), en su artículo se propusieron recoger información acerca de la subrasante mediante la inclusión de fibras naturales y sintéticas, su objetivo principal era respaldar teóricamente su

aplicación en proyectos de construcción, para ello se revisó la literatura disponible, donde compararon diversos resultados y extrajeron los parámetros necesarios para la mejor estabilización utilizando polímeros, así como los efectos y aportes que estas modificaciones generan en la subrasante. Los resultados de su estudio revelaron que aproximadamente el 65% de las investigaciones

analizadas se enfocaban en evaluar las modificaciones en la firmeza de los materiales; alrededor del 30 % de los estudios estaban dedicados a investigar cómo los materiales respondían ante esfuerzos de tracción al incluir fibras poliméricas; mientras que el 5% restante se dedicaba a examinar propiedades como la fatiga y dureza a la tensión longitudinal de los materiales. Velásquez, C (2018) Propone examinar en un entorno de laboratorio la combinación de tierra y cemento. Esto se llevó a cabo a través de la ejecución de pruebas diseñadas con el propósito de analizar cómo esta mezcla reacciona ante cargas monótonas, y con ello establecer los niveles apropiados de resistencia para un tipo particular de suelo fino, como es el caso del caolín. Asimismo, se tiene la intención de investigar la viabilidad de aplicar esta combinación en carreteras terciarias que compartan similitudes en su composición en el país (Pg. 16).

Se ha optado por el suelo tipo caolín como punto de partida debido a su estabilidad intrínseca. Esto permite la incorporación de diferentes cantidades de cemento, variando desde un 0% hasta un 12%. Los resultados obtenidos indican una reducción del 75% y 50 % en la resistencia a la compresión y tracción respectivamente como consecuencia de este proceso. En última instancia, concluyen que mejorar el soporte mediante la adición de cemento conlleva beneficios significativos. Esto se traduce en mejoras en los límites de coherencia del terreno, resaltando la eficacia de estabilizar el suelo a través de la inclusión de cemento. (Pg.73). Hernández et al. (2018), se evaluó la mejora del comportamiento de la arcilla cuando se utilizó cal como estabilizante. Utilizando métodos cuantitativos y de diseño experimental, el estudio mostró que agregar un 5% de cal aumentó la capacidad portante del 1,93% al 54,00%. Además, en las mismas condiciones, la cal también redujo el índice de plasticidad del suelo del 45% al 8% y el hinchamiento en un 88%. En conclusión, una mezcla de suelo y cal al 5% es adecuada para la construcción de pavimentos rígidos. Hammoud & Meziab (2016)

en su estudio sobre el mismo tema, el suelo empleado fue analizado en ensayos granulométricos donde el 95% de sus partículas pasaron por el tamiz N°200, conformado por caolinita, montmorillonita e illita (23%, 7% y 14%). Además, el suelo presenta como índice de plasticidad 28.8%, CBR de 2.89% y con una clasificación de alta plasticidad (CH). En este estudio se observó que el suelo tratado con cal al 4%, al agregar un 20% de puzolana natural, pasó a ser un suelo de tipo ML. Por lo cual llegó a un valor de CBR del 90%.

Así mismo como antecedente nacional podemos mencionar a (Kumar y Vivek, 2022) quienes investigaron la estabilización del subrasante para pavimentos utilizando ceniza de carbón residual y geosintéticos en suelos altamente plásticos tipo CH, lo que resultó en un índice plástico de 28%. Además, encontraron que el valor del CBR no saturado fue de 15.33%; en el contexto de la investigación con muestras experimentales de ceniza de carbón en porcentajes del 10 al 50%, se observó que el CHO disminuyó desde un valor inicial del 20.84% hasta un 16.20%. La máxima densidad seca (MDS) también presentó una variación, pasando de 1.705 g/cc a 1.568 g/cc cuando se agregó la ceniza de carbón. Además, se notó un aumento en el valor del CBR hasta un 20% de contenido de ceniza de carbón, concluyendo que esta cantidad sería la dosis ideal, llegando a un 4.25%, pero posteriormente este valor disminuyó con mayores cantidades de ceniza.

Villalta & Chang (2020), en su trabajo encontraron que la adición de puzolana natural (5%) y polvo de ladrillo (10%) mejoró la estabilidad de suelos arcillosos. En conclusión, se obtuvo $LL = 36.30 - 34.70$, $LP = 18.90 - 22.18$, $DMS = 1.94 - 1.92 \text{ gr/cm}^3$, $CHO = 10.50 - 11.00 (\%)$, en el corte directo se obtuvo ang , fricción interna = $31.5 - 22.2$, cohesión = $0.51 - 1.15 \text{ kg/cm}^3$, llegando a un esfuerzo cortante máximo de 1.93 kg/cm^2 . Abanto & Limay (2020) sugirieron la aplicación del estabilizador "ISS" en la capa de soporte de la vía local Araya Grande – Provincia de Barranca – Lima. A través de cálculos y análisis, lograron demostrar que este enfoque asegura un desempeño óptimo de la superficie de rodadura durante un período de 5 años. Con el propósito de reconocer la cuestión principal, se recolectaron muestras de tierra de la capa inferior del camino rural y del material empleado en la capa de afirmado obtenido de una cantera. Asimismo, se recopilaron muestras de tierra y se realizó un análisis de tráfico. El tramo seleccionado para el estudio abarcó una longitud de

21 kilómetros de la vía en cuestión. Los resultados mostraron que la adición de 0,03 lt/m² de estabilizante iónico a suelos no plásticos aumentaba la capacidad portante de muestras de suelos arenosos de baja calidad que contenían arcilla en un 75%, y la de muestras de suelos arenosos que contenían limo en un 9%. En conclusión, la adición de estabilizante puede mejorar la capacidad portante de suelo arcilloso. Los espesores de cada muestra estabilizada tomada de los puntos de prueba E01, E02 y E03 fueron de 18 cm, 19 cm y 12 cm, respectivamente; en resumen, cumplen con las características actuales de diseño ya que no exceden el espesor actual del pavimento de 20 cm. Estos espesores se basan en los resultados del ensayo de capacidad portante (CBR) de las muestras de subrasante del pavimento estabilizado ISS2500. En conclusión, el estudio demostró que los materiales de refuerzo se ajustan a las características de diseño. Así mismo a nivel regional (Mamanchura, 2021) investigó el uso de cenizas volantes en la estabilización de suelos en Moquegua. Los principales resultados fueron la adición de porcentajes de cenizas volantes a 10 %, 15 %, 20% y 22 %, se concluye que el 22% de ceniza volante es óptimo para mejorar suelos arcillosos, mostrando valores determinados como LL=35.30 – 28, LP= 22.04 – 20.00 y un CBR = 13.26 – 18.92 (%).

(Baldeon, 2019), analizó el uso de arena de cuarzo para la estabilización de cimientos en su estudio cuasi experimental. Los hallazgos revelaron que la capacidad de carga del suelo aumentó significativamente, especialmente cuando se utilizó la mezcla de arena de sílice C-50%, aumentando el índice CBR de 2,8% a 15,50%. Se concluyó que la adición de arena de cuarzo mejora significativamente las propiedades del suelo. Este enfoque se presenta como una opción viable para abordar situaciones en las cuales las subrasantes presenten características inadecuadas.

(Góngora Velásquez, 2019) demostró en su estudio que la adición de un 4% de cal resultó en un aumento mínimo en el índice CBR de 3.73%, mejorando así la condición del subsuelo de inadecuado a pobre. Sin embargo, después de agregar 4% de cemento Portland Tipo I, el CBR aumentó significativamente de 2.77% a 57.33%, lo que provocó que la calidad de la subrasante cambiara de pobre a excelente. El estudio encontró que la combinación de los dos puede mejorar efectivamente las propiedades físicas del suelo, pero la estabilización con cal no es

adecuada para los tipos de suelo existentes en Chilla, según los resultados obtenidos en este estudio (Pg.104).

Según (Fernandez, 2018) en su tesis científica aplicada, cuyo propósito es perfeccionar la estabilidad del subsuelo de la av. Malecón Checa de San Juan de Lurigancho utilizando materiales de demolición. la investigación fue aplicada de nivel descriptivo – explicativo, Se utilizaron protocolos estandarizados basados en normas técnicas para recolección de los resultados confiables y de manera sencilla. Los resultados mostraron que la cantidad óptima de material asfáltico fue del 10 % con un CBR del 32,90 %, la de hormigón fue del 20 % con un CBR del 78,30 %, que es mejor que el del suelo natural, y la de material cerámico fue del 30 %. Estos hallazgos son coherentes con los criterios de clasificación del CBR del MTC, finalmente se concluye que los materiales de demolición de pavimentos, concretos y desechos de cerámica influyen significativamente en estabilizar subrasantes.

En las teóricas, tenemos algunos enfoques conceptuales tales como: la definición de subrasante que corresponde a la superficie del suelo original o terraplén sobre el cual se planea edificar una carretera. Es esencial que esta capa cumpla con el requisito de tener un CBR del 6% o superior. En situaciones donde esta condición no se cumpla, será necesario eliminar la capa compuesta por materiales inadecuados y sustituirla por una capa de granos de cantera con un CBR superior al 6% (Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo volumen de Transito, 2013)

El concepto de geopolímero se origina de una composición del prefijo "geo", que deriva de la palabra griega para "tierra", aludiendo al aluminio y silicio que se encuentran en estos compuestos, elementos ampliamente disponibles en la capa de la litosfera terrestre. La parte "polímero" hace referencia a la estructura constituida por múltiples unidades de aluminio y silicio (Joseph 1980). Así mismo (Davidovits, 1978), explica que un geopolímero constituye un polímero sintético inorgánico que se forma mediante la reacción de materiales aluminosilicatos. Esta reacción da lugar a la formación de un aglutinante de naturaleza amorfa y semi-cristalina. Esta transformación puede ocurrir tanto a temperaturas normales como a elevadas temperaturas (por ejemplo, a 90°C). Los materiales que contienen

aluminosilicatos, interactúan con un agente activador alcalino que incluye compuestos como hidróxidos alcalinos, silicatos, aluminatos, carbonatos y sulfatos. Los geopolímeros se describen como estructuras de polímeros inorgánicos que surgen a través de la combinación química entre sustancias precursoras ricas en óxido de aluminio y de silicio. Estas estructuras consisten en redes de silicatos interconectados

Metacaolín, es una sustancia que se origina a partir de las caolinitas, las cuales son rocas compuestas principalmente por minerales que forman el grupo del caolín. En su composición se hallan también minerales secundarios como cuarzo, mica, anatasa, rutilo e ilmenita, además de trazas de minerales densos como la turmalina y el zircón. La caolinita $[Al_4Si_4O_{10}(OH)_8]$ tiene una estructura que se asemeja a un mineral arcilloso tipo 1:1. En otras palabras, está compuesta de tetraedros de silicio dispuestos en una capa, junto con octaedros de alúmina dispuestos en otra capa. Estas dos capas están conectadas mediante grupos hidroxilo que se comparten entre las láminas.

Tabla 1: Clasificación y uso de geopolímeros

Clasificación	Estructura Monomérica	Aplicación
Polisialato (PS) Si A = 1:1	Mn (Si-O-Al-O)-n	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento térmico. • Resistencia al fuego. • Cementos de alto rendimiento. • Residuos tóxicos.
Polisialatosiloxo (PSS)	Mn-(Si-O-Al-O-Si-O-)n	
Polisialatosiloxo (PSDS) Si A = 3:1	Mn- (Si-O-Al-C-Si-O-Si-O)n	

Fuente: (Davidovits. 2002)

Puzolana, tiene su origen en Pozzuoli, Italia, donde las cenizas del volcán Vesubio se usaban para crear los primeros cementos romanos Jackson et al. (2010). Estas sustancias son ricas en sílice y alúmina que tiene un valor cementante muy bajo o incluso nulo por sí mismo, de las cuales se obtienen al someter minerales

naturales o sintéticos a altas temperaturas durante su proceso de cocción. Sin embargo, cuando se reduce a un polvo muy fino y se mezcla con agua, experimenta una reacción química formando compuestos con propiedades cementantes. La puzolana se divide en dos categorías basadas en su origen: a) puzolana natural, (de cenizas volcánicas) y artificial (sintética) Djobo et al. (2017)

Durante erupciones volcánicas, se liberan aluminosilicatos que, al enfriarse, forman principalmente puzolana, incluyendo cenizas, piedras pómez, tobas y obsidianas, b). -Puzolana Artificial adquiere propiedades similares después de tratamiento térmico. Normalmente, se tratan de residuos generados durante la calcinación, como en la incineración de minerales, en la cual los elementos de óxido de silicio y aluminio se separan de la materia original y posteriormente crean formaciones amorfas.

Figura 1 Clasificación de materiales puzolánicos Fuente: Juárez. B. (2012) (Ver anexo 06 (1) pagina)

En sus características, de acuerdo a la composición química respecto a la primera categoría, se destaca la sílice, el dióxido de aluminio y de hierro, presentes en concentraciones conjuntas que superan el 70% de la masa total, siendo el dióxido de silicio el más abundante de estos tres compuestos. Además, la puzolana contiene otros elementos en proporciones más pequeñas. En cuanto a sus características físicas, la puzolana suele tener un tono grisáceo o marrón, variando según su procedencia y las cantidades de dióxido de silicio disponibles. También pueden encontrarse colores naturales diferentes, como rojo o negro, gracias a la existencia de otros óxidos. El tamaño de las partículas está influenciado por su origen y y el proceso de molienda. En esta categoría, generalmente se busca que al menos el 66% de las partículas sean menores a $45\ \mu\text{m}$, siguiendo la norma ASTM C 618 (2017). En contraste, a la segunda categoría se producen con partículas de menos de $75\ \mu\text{m}$, pudiendo ser molidas posteriormente para ajustar sus dimensiones.

Tabla 2: Características generales de los materiales puzolánicos

	Procesamiento adicional requerido	Características	Origen
Sílice condensada	Aglomeración para su manejo	Partículas esféricas de tamaño <1µm Alta área superficial	Vapores condensados de la producción de carburo de silicio
Ceniza Volcánica	Molienda	Reactividad variable, ya las partículas son forma irregular	Son de emisión volcánica
Caolines	Tratamiento térmico hasta 800°C	Tamaño de partícula fina, alta área superficial	Mineral
Ceniza volante		Partículas esféricas de tamaño variable similar o menor a las del CPO	Generadas por la combustión de carbón por a la generación de electricidad
Zeolitas	Activación térmica hacia 60 grado:	Alta área superficial estructura cristalina hexagonal	Mineral, natural

Fuente: Elaboración propia

Concepto de suelo arcilloso, se trata de tipos de suelo en los cuales la arcilla es el componente principal de su estructura, consistiendo en partículas minerales diminutas, a diferencia de las arenas y limos que también se encuentran en este suelo. Es decir, suelo que está compuesto por partículas diminutas que pueden retener sustancias y acumular agua. Sobre la naturaleza de los suelos arcillosos, afirma: "Este suelo está compuesto de minerales activos, como la montmorillonita, con poca o ninguna clorita o vermiculita". El mineral es caolinita. La illita (p. 31), por otro lado, logra mantener ciertas características siempre que esté presente en cantidades significativas. En este sentido, las dimensiones de las partículas según los estándares de ASTM D422. También es un producto natural de la erosión de las rocas sedimentarias, sus partículas suelen ser menores de 2 micras (0,002 mm) y sus principales componentes son la alúmina "alúmina" (Al₂O₃) y la sílice "sílice" (SiO₂). lo que le aporta elasticidad y aumenta la temperatura de maduración.

El suelo, formado por partículas invisibles, forma una masa sólida de terreno. Por lo general, este es el suelo que se encuentra durante la excavación. Las arcillas son comúnmente descritas como partículas que poseen dimensiones inferiores a 0,002 mm, como se muestra en la Tabla 1 (Braja M., 2013) En algunos casos, su tamaño puede ser de 0,002 a 0,005 mm. Es relevante señalar que estas partículas no obligatoriamente contienen minerales arcillosos y se clasifican como arcillas según su tamaño.

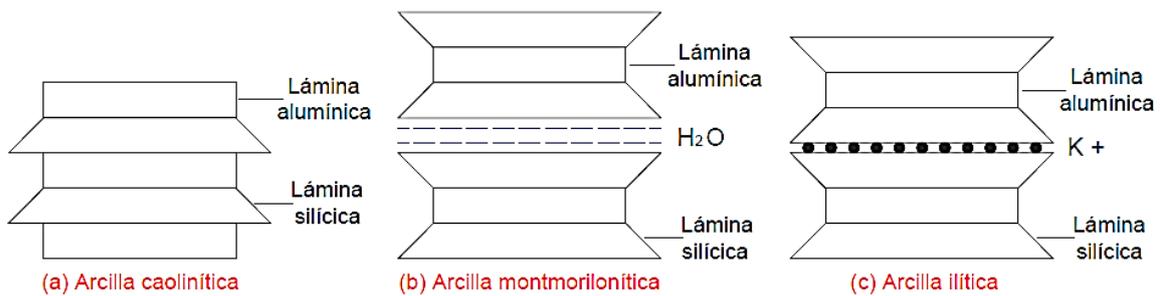


Figura 2 Minerales que constituyen la arcilla de acuerdo a su arreglo reticular

Fuente: (Crespo V., 2006)

Tabla 3 Clasificación del suelo

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$7 < IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP \leq 7$	Baja	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos externos de arcilla

según Índice de plasticidad

Fuente: MTC (2014)

Tabla 4 Clasificación de suelos según AASHTO.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (Más de 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1							A-7				
Grupo:	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6	
Porcentaje que pasa:												
N° 10(2mm)	50 máx.											
N° 40(0.425mm)	30 máx.	50 máx.	51 máx.									
N° 200(0.075mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.				36 min.				
Características de la fracción que pasa por el tamiz N°40												
Limite líquido				40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.2	
Índice de plasticidad	6 máx.	NP(1)		10 máx.	10 máx.	11 máx.	11 máx.	10 máx..	10 máx.	11 min.	11 min.	
Constituyentes principales	Fragmentos de Roca, grava y arena fina grava y arena arcillosa o limosa suelos limosos suelos arcillosos											
Características como Subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo				
(1):	No plástico											
(2):	El índice de plasticidad de subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30 El índice de plasticidad de subgrupo A-7-6 es mayor que el LL menos 30											

Fuente: Elaboración propia

Estabilización de subrasante, según lo explicado por (Bowles, 1981) , este proceso implica la modificación de propiedades físicas indeseables en el terreno, con el objetivo de obtener una estructura capaz de resistir fuerzas de corte y mantener una proporción de espacios deseable. Para llevar a cabo los análisis necesarios, el MTC establece la cantidad de perforaciones requeridas.

El **análisis granulométrico** implica cuantificar las dimensiones de fragmentos de un material. La prueba determina la distribución granulométrica de la muestra seca. Para aquellos que sobrepasan los 0,075 mm (Malla No. 200), se utiliza el tamiz para separar las partículas en orden de mayor a menor abertura. Para las menores (Malla No. 200), se utiliza la separación por precipitación y mediciones gravimétricas. Por otro lado, según el MTC (2016), la clasificación de suelos indica la necesidad de conocer las propiedades del terreno como el tamaño de grano, el límite líquido, el límite de plasticidad, el índice de plasticidad y el índice de agregación. La clasificación de suelos proporciona las propiedades generales del suelo.

Los límites de consistencia buscan establecer la plasticidad del material, determinándose a través de la malla No. 40 Albert Mauritz Atterberg, un científico,

desarrolló este enfoque en 1900. Este método caracteriza la consistencia de suelos con partículas pequeñas y diferentes niveles de humedad, clasificándolos en sólido, semisólido, plástico y líquido, dependiendo del contenido de humedad.

Estos estados se dividen en cuatro categorías fundamentales: sólido, semisólido, plástico y líquido.

Tabla 5 Sistema unificado de clasificación del suelo

Sistema unificado de clasificación de suelos	
Divisiones principales	Símbolo del material
Granos gruesos	GW
	GP
	GM
	GC
	SW
	SP
Granos finos nos y arcillas(LL<50)	SM
	SC
	ML
	CL
Suelos muy orgánicos Limos y arcillas(LL>50)	OL
	MH
	CH
	OH
	PT

Fuente: Tabla extraída del (MTC 2018) pg.56.

El límite líquido, medido en porcentaje, está relacionado con el punto en el que el suelo pasa a un estado fluido y plástico. Se puede expresar de otra manera, puede describirse como el contenido de agua al que una grieta formada en la mezcla de suelo se cierra a lo largo del fondo a una distancia de 13 mm (1/2 pulgada) cuando se golpea 25 veces por segundo a una frecuencia de dos veces por segundo desde una altura de 1 cm (Manual de Ensayo de Materiales, 2016 pág. 67).

El límite plástico se le denomina así al nivel de humedad mínimo requerido para crear cilindros de material con un diámetro de 3,2 mm (1/8"). El proceso consiste en hacer rodar el suelo entre una superficie lisa (por ejemplo, vidrio) y la palma de la mano para asegurarse de que el cilindro mantiene su forma sin deformarse.

El propósito del **ensayo modificado de Proctor** es analizar cómo varía el peso volumétrico máximo de un material junto con su nivel de humedad y grado de compactación. Esto busca evaluar el aumento de la resistencia y la disminución de

la compresibilidad del material. El método consiste en calcular la masa por unidad de volumen de material comprimido según un procedimiento específico en diferentes condiciones de humedad Keller et al., (2004). Este procedimiento puede utilizarse para determinar la relación entre la densidad seca y el contenido de humedad al compactar materiales utilizados para la sub-base o la pavimentación de carreteras. Además, sirve como estándar de calidad para controlar la compactación durante el proceso de construcción.

El Índice de Soporte de California (CBR) constituye una prueba empleada para evaluar la resistencia de un suelo en distintos niveles de compactación y humedad, bajo condiciones específicas de saturación y durante un periodo determinado. Se cuantifica como un porcentaje de la fuerza requerida para que un pistón circular penetre a una profundidad equivalente en una muestra de suelo en comparación con una muestra de referencia particular (Argüello et al., 2014).

Tabla 6 Categoría de subrasante en función de su índice CBR

Categorías de subrasante en función de su índice CBR	
DESCRIPCIÓN	CBR
Subrasante inapropiado	CBR<3%
Subrasante escaso	3%-5%
Subrasante moderado	6%-10%
Subrasante bueno	11%-19%
Subrasante buena calidad o muy buena	20%-29%
Subrasante excelente	CBR>30%
Sub-base buena	30%-60%
Base buena	60%-80%
Base excelente	80%-100%

Fuente: Tabla extraída del (MTC 2018) pg.206.

Figura 3 Volumen de la masa de suelo / contenido de humedad (Ver anexo 06 – (1) pagina)

Entre las propiedades químicas de los suelos se define. Las sales solubles.

Como sustancias salinas las cuales tienen la capacidad de disolver en otra sustancia generando así una solución la cual integra los componentes de las sales con los de la sustancia en la cual se disuelva, las soluciones pueden ser entre solido-liquido, liquido-gaseoso y liquido-liquido, estos a su vez al mezclarse con una sustancia liquida reaccionan ya que la sales contienen aniones con carga negativa

y cationes con carga positiva. Este ensayo solo se realiza para los pasantes del tamiz n° 10. **El sulfato** es un ion con carga negativa (anión) que se encuentra unido a algún catión formando sales, estos a su vez pueden ocasionar problemas en la estabilidad de las estructuras del suelo. La solubilidad limitada del sulfato de bario es la base del método de evaluación de la concentración de sulfato.

El pH del suelo expresa la cantidad de iones de hidrógeno presentes en la solución del suelo y establece la acidez, neutralidad o alcalinidad del suelo. A través de esta función se puede obtener información sobre el entorno del suelo.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El estudio aplicado es aquel en el que el investigador ya tiene identificados y conocidos los problemas, y utiliza el estudio para encontrar respuestas a una pregunta particular. (Hernández, 2019, P. 5)

La investigación entra en la categoría de investigación aplicada, ya que se prueba la hipótesis planteada, utilizando conocimientos teóricos y prácticos. Se buscó obtener nuevos conocimientos sobre la aplicación de geopolímero puzolánico natural y con ello perfeccionar dichas propiedades.

3.1.2. Enfoque de investigación

La investigación cuantitativa generalmente implica emplear técnicas estadísticas para identificar la relación entre lo que ya se sabe y lo que se puede descubrir a través de la investigación. Por lo tanto, analizar los datos utilizando enfoques cuantitativos implica comprender las conexiones entre las variables a través de métodos estadísticos descriptivos o inferenciales. La estadística descriptiva se utiliza para realizar suposiciones sobre las poblaciones y estimar los parámetros (Trochim 2000).

Se describió como un análisis de tipo cuantitativo en el cual los hallazgos derivados en los experimentos serán expresados en valores numéricos que

se pueden medir. A partir de estos resultados, se podrán extraer las conclusiones correspondientes relacionadas con las hipótesis planteadas

3.1.3. Diseño de investigación

Es experimental e implica la observación de acontecimientos ocasionado o supervisado en entornos de laboratorio (Ccanto 2010), en la que se manipulan deliberadamente las VI (agentes causales) para estudiar sus efectos sobre las VD (resultados) (Hernández, et al., 2010). El diseño cuasi-experimental es un programa de trabajo diseñado para estudiar los efectos de un tratamiento o cambio de proceso sin la asignación aleatoria de sujetos o unidades de observación (Arnau, 1995).

Es experimental - cuasi experimental, el cual se utiliza para investigar los efectos de un tratamiento, adicionalmente no existe aleatoriedad ya que se realizaron los ensayos de laboratorios para determinar el mejoramiento de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de subrasantes arcillosas con la aplicación de geopolímeros puzolánico natural.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variables independientes:

Geopolímero puzolánico natural

Definición conceptual: Estos geopolímeros se forman a través de reacciones químicas entre aluminosilicatos provenientes de fuentes naturales como puzolanas. Esta solución alcalina suele estar compuesta por NaOH y Davidovits, 1978.

Definición operacional: Los geopolímeros puzolánicos naturales son utilizados por dosificaciones controladas del 0%, 8%, 16% y 24%, estableciendo y se caracterizarán por su forma, densidad y granulometría.

3.2.2. Variable dependiente:

Propiedades de los suelos con composición arcillosa.

Definición conceptual: Los suelos arcillosos, son aquellos que presentan una composición basada en arenas y arcillas, generalmente 50% de arena y

30 % de arcilla aproximadamente. Este proceso sirve para ajustar las propiedades de los suelos naturales y adaptarlas a las condiciones ambientales. Rivera et al., (2020)

Definición operacional: Sus propiedades físicas que están definidas por: granulometría, límites de consistencia y clasificación de suelos. Dentro de las propiedades mecánicas esta definidas por peso unitario máximo seco y CBR. Dentro de las propiedades químicas están contenido de sales solubles, y contenido de PH.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Grupo de individuos, objetos o datos que comparten cosas similares y se encuentran en un lugar y tiempo específico (Hernández, 2013).

Se aplica este concepto a los suelos de la subrasante de la Av. Cantera Marón, San Antonio - Moquegua, seleccionando un tramo de 5 metros de ancho y 800 metros de longitud con suelos arcillosos. Y en la parte de exclusión se descarta el material de la superficie natural para análisis de suelos, así mismo los suelos granulares no se consideró para esta investigación.

3.3.2. Muestra

Para Hernández et al. (2014), se trata de la selección de un grupo separado de la población, con el objetivo de recopilar datos para obtener resultados precisos (p.174).

La muestra, son los suelos de la subrasantes de las excavaciones C1, C2 y C3 que se encuentra entre las progresivas 0+000 - 0+800 de la avenida Cantera Marón, luego se seleccionó la muestra más crítica para la estabilización de suelos.

3.3.3. Muestreo

Se le define a la selección de elementos de una población en la que la distinción no se fundamenta en la probabilidad, sino en las características particulares del estudio (Hernández et al., 2014, p. 176).

El muestreo de esta investigación fue no probabilístico ya que se acopio los suelos de la subrasante de las calicatas C1, C2 y C3.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas.

Según lo mencionado por (Hernández, 2014) la selección de la técnica se encuentra por el tipo de investigación que se realiza con el propósito de abordar la pregunta que surge en el estudio.

a) Análisis documental

De acuerdo con Acta bioethica (2008), se señala que esta estrategia se basa en el uso de diversas fuentes de información.

El análisis documental es el procedimiento que implica elegir las ideas y conceptos relevantes de un documento con el objetivo de expresar reportes sobre las propiedades vistas anteriormente.

b) Observación directa:

De acuerdo con Orozco (2018), se hace hincapié en que la observación es una estrategia fundamental que busca detallar, interpretar y adquirir comprensión acerca de todos los elementos relacionados con el objeto de estudio, siendo relevante de acuerdo a los propósitos del proyecto de investigación.

Se recopiló los datos del suelo para realizar el registro y análisis de cada calicata. Así mismo los datos conseguidos del campo contribuyeron en la clasificación del suelo y los ensayos de las propiedades física, mecánica de las subrasantes arcillosas.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Según lo señalado por Hernández (2014), se entiende por aquel medio que posibilita la realización de un estudio de investigación que cumple con las especificaciones y referencias previamente establecidas.

Los instrumentos de esta investigación fueron: formatos técnicos y fichas técnicas que se ajustan a las normativas tanto peruanas como extranjeras, con el propósito de llevar a cabo los siguientes ensayos:

Propiedades físicas de suelos: se emplearon formatos para para analizar la distribución de granulometría, los límites de consistencia (líquido y plástico), el índice de plasticidad y clasificación de suelo.

Propiedades mecánicas de suelos: formatos de capacidad de soporte (CBR), Proctor modificado

Propiedades químicas de suelos: formatos de contenido de sales, sulfato y pH

a) Validez

Hernández (2014) señala que, en el proyecto a llevar a cabo, se emplearon instrumentos de validez, los cuales proporcionarán resultados precisos y genuinos en la medición de la variable.

Los instrumentos son validados por un juicio de expertos, conocedores del tema de investigación.

b) Confiabilidad de los instrumentos

De acuerdo a lo señalado por Campos & Lule (2012) , se refiere a la exactitud y consistencia que el dispositivo demuestre en diversas situaciones de investigación. En otras palabras, implica la capacidad de mantener su precisión durante cualquier fase del estudio sin comprometer su validez.

Para dar la confiabilidad del proyecto, los análisis de composición del suelo se realizaron en condiciones de laboratorio y de acuerdo con normas establecidas, y los equipos deben disponer de certificados de calibración para garantizar la validez de los resultados de laboratorio.

3.5. Procedimientos

a) Etapa de gabinete

En esta fase se recopiló informaciones de definiciones conceptuales y el desempeño de los suelos arcillosos en diversas ubicaciones alrededor del país. Además, se realizó un análisis exhaustivo de artículos científicos y toda la información accesible asociada a los métodos de estabilización y las regulaciones pertinentes para llevar a cabo el estudio mencionado. Estos documentos fueron utilizados como fundamentos para la programación de las actividades a realizar tanto en campo como en laboratorio.

b) Etapa de campo.

En esta etapa se realizaron la excavación de calicatas en un área de 1.50 m x 1.00 m; y una profundidad de 1.50 metros, de acuerdo con la Norma Técnica de Pavimentos Urbanos (CE.010, 2010)

Para esta investigación se seleccionaron tres puntos con la denominación C-1, C-2 y C-3, estas calicatas están ubicados entre las progresivas 0+000 a 0+800, las muestras extraídas fueron una cantidad de 100 kg por cada calicata, que se empaquetaron en bolsas de polipropileno para preservar la humedad durante el transporte al laboratorio. Como segundo paso se realizó la extracción de material estabilizante de geopolímero puzolánico natural en una cantidad única de 60 kg para su posterior análisis en el laboratorio. En la siguiente tabla podemos mostrar la profundidad de excavación de calicatas y sus coordenadas UTM de ubicación.

Tabla 7 Profundidad de excavación de calicatas y sus coordenadas UTM de ubicación

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	COORDENADAS UTM	
		ESTE	NORTE
C-01, E-01	0.00-1.60	292080.16	8096111.98
C-02, E-01	0.00-1.50	291951.01	8096129.95
C-03, E-01	0.00-0.70	291794.41	8096147.70
E-02	0.70-1.60		



Figura 4 Ubicación de las calicatas C1, C2 Y C3

Fuente: Elaboración propia

c) Etapa de laboratorio

En etapa se efectuó diferentes pruebas extraídas de campo para identificar las propiedades anticipadas de la avenida bajo investigación, según las siguientes normativas.

- Granulometría por tamizado ASTM D6913M-17
- Humedad natural ASTM D2216-19
- Determinación de LL., LP, IP ASTM D4318 -17e1
- Gravedad específica de sólidos ASTM D854-14
- Densidad mínima ASTM D4254-16
- Contenido de sales solubles NTP 339.152
- Contenido de sulfatos solubles NTP 339.178
- Clasificación SUCS, AASHTO
- Proctor Modificado ASTM D1557-12e1
- California Bearing Ratio CBR ASTM D1883-16
- Determinación del potencial hidrógeno pH ASTM D4972-19

Contenido de humedad, el cual se determinó siguiendo la Norma ASTM D2216-19.

Se ha utilizado un horno de secado controlado a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$; una balanza de 500 gramos con precisión de 0.01; se utilizó un recipiente apropiado y limpio, con una muestra representativa de 716 g (siendo el mínimo de 20 g, según Norma), y luego se procede a colocar las muestras representativas a dicho al horno durante 24 horas (según Norma el secado

de un espécimen es suficiente de 12 a 16 horas), seguido de un enfriamiento que puede ser a temperatura ambiente o segura para manipular. Se recomienda colocar las muestras en un secador, ya que así se reducirá considerablemente la cantidad de humedad absorbida del ambiente, especialmente en recipientes destapados; para luego ser pesado y proceder a calcular los contenidos de humedad, según la Norma. La fórmula para determinar del porcentaje de contenido de humedad es la siguiente.

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

Dónde:

- Peso del agua = W_w
- Peso del suelo = W_s
- Humedad (%) = $W\%$

Granulometría. - Se llevó a cabo la preparación en seco de muestras según la Norma (ASTM 421) para el análisis granulométrico y la determinación de constantes del suelo de acuerdo con la Norma D 4318. Se utilizó una balanza de capacidad 15 kg y 500 g con precisiones de 1 g y 0.01 g; un juego de tamices: 3/8", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200; realizándose el procedimiento de cuarteo manual para obtener muestras representativas de las calicatas. Se dividió el material en 4 partes iguales, tomándose 2/4 partes del material en forma diagonal como podemos observar en la figura 5 granulometría, reduciéndose hasta obtener la muestra representativa de 334 g.

Esta muestra se remojó en agua por al menos 2 horas, se lavó a través del tamiz N° 200, se secó en un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, y se tamizó para determinar la distribución de tamaños de partículas del suelo. En el tamizado manual, el tamiz se desplaza con un movimiento circular de un lado a otro, desplazando la muestra a lo largo del tamiz. Al retirar el tamiz, hay que asegurarse de que la operación se ha completado; la finalización se determina cuando, tras un minuto de tamizado, no queda

más del 1 % del material en el tamiz. Si alguna partícula se queda atascada en el tamiz, se retirará con un cepillo y se recogerá con el residuo en el tamiz.

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz} \times 100}{\text{Peso total}}$$



Figura 5 Granulometría

Fuente: Elaboración propia. Cuarteo de muestra (ASTM-C-702))

Límite Líquido. - Los límites de plasticidad, se realizaron de acuerdo a la Norma D 4318 (ASTM-D-4318). Se define arbitrariamente como el contenido de agua al que se crea una ranura cuando dos mitades de una masa de suelo se separan cerca una de otra a lo largo de la base de la masa de suelo hasta una distancia de 13 mm (1/2 pulgada). El cierre se consigue dejando caer el vaso Casa Grande 25 veces desde una altura de 1 cm, dos veces por segundo. Tomar una muestra de suelo representativa capaz de pasar 150-200 gramos de material a través de un tamiz nº 40. Estas muestras se dejaron saturando durante 16 horas antes de realizar el ensayo.



Figura 6: Límite Líquido

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se mezcló la muestra con una espátula hasta obtener una pasta homogénea. A continuación, se colocó una porción de la muestra preparada en el centro de un vaso Casagrande de 10 mm de altura. La pasta de tierra en el vaso Casagrande se dividió a continuación por la mitad dividiendo la muestra en dos partes utilizando un cuchillo ranurado. Tras asegurarse de que no quedaban residuos de tierra bajo la copa Casagrande, se levantó y soltó la copa Casagrande girando la manivela a una velocidad de 1,9-2,1 veces por segundo hasta que las dos mitades de la tierra estuvieron en contacto con el fondo de la ranura de 13 mm de longitud; suministrar ciertos número de golpes cuyos rangos de cierre de las dos mitades sean de 15-25,20 -30 y 25-35 en forma continua con la velocidad indicada, se extrajo una muestra de al menos 20 g de la parte central y se registró el número de impactos. Posteriormente, la muestra fue colocada en un horno a una temperatura de 110°C con una variación de $\pm 5^\circ \text{C}$, durante 24 horas para determinar el peso seco de la muestra que nos permitirá determinar el grado de consistencia de las mismas; en éste caso se ha determinado el límite líquido mediante el gráfico de fluidez.

Límite plástico: Luego de determinar el límite líquido de las muestras, se toma una porción de 1.5 a 2 g de muestra para formar una masa elipsoidal, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie de vidrio no absorbente, a una velocidad de 80 a 90 pasadas por minuto con la presión necesaria llegando a formar rollos con diámetros de 3.2 mm aproximadamente, según se puede

observar en la Figura 7, se repite el proceso cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro; finalmente se juntan los rollitos hasta reunir una cantidad de 6 gramos de muestra, se coloca en recipientes para poner al horno durante 24 horas, siempre teniendo en cuenta realizar el pesado antes y después del secado de la muestra de rollitos. El mismo procedimiento se realizó para la muestra de adición con geopolímero puzolánico natural; calculándose el Índice de Plasticidad, que resulta de restar del Límite Líquido, el Límite Plástico.



Figura 7 Límite plástico

Fuente: Elaboración propia

- **Proctor modificado Método (ASTM-D-1557) y (ASSHTO-T-180)**

Para poder desarrollar el ensayo de Proctor Modificado se preparó cuatro especímenes, con la mezcla de 0%,8%,16 y 24% de geopolímero puzolánico natural, para cada una de las muestras correspondiente a las calicatas: C-02 E-01, C-03 E-01 y la mezcla promedio de ambas calicatas; a fin de aplicar la Estadística Inferencial para la constatación de Hipótesis.

El ensayo realizado se basa en el método C, utilizando una muestra de 6 kg (cerca a los 5.9 kg indicados por el método). El suelo se compacta en cinco capas uniformes en un molde de 6" de diámetro, aplicando 56 golpes por capa con un pisón de 44.5 N que cae desde una altura de 457 mm, generando un esfuerzo de compactación de 2,700 kN-m/m³. Después del proceso de compactación, se retiró el collarín, se recorta la

muestra y se registra la masa con precisión de 1 g. Se determina el contenido de agua mediante el Método ASTM D 2216 luego de extraer una muestra representativa de aproximadamente 500 g. Se procede al secado en horno y se grafica la curva Proctor (relación humedad-densidad seca) para determinar la Densidad Máxima Seca y el Contenido de Humedad Óptima. El proceso se repite con diferentes dosificaciones y contenidos de humedad para cada material correspondiente a las calicatas mencionadas.



Figura: Proctor modificado

Fuente: Elaboración propia

- **California Bearing Ratio CBR (ASTM D1883-16)**

Esta evaluación sirve contribuir al diseño de pavimentos, centrándose en el uso de una prueba de CBR. El procedimiento implica el uso de un pistón circular que penetra un material compactado en un molde a una velocidad constante de 1.27 mm por minuto, controladas mediante deformímetro de penetración y un cronómetro. El CBR se define como la relación entre la carga necesaria para penetrar 0.1 y 0.2 pulgadas a esa velocidad.

Este informe se basa en el uso de 6 kg de muestra (aunque el método indica que deberían ser 5.9 kg), con contenido de humedad óptimo y densidad máxima según el ensayo de Proctor modificado. La muestra se compactó en moldes de 6" de diámetro en capas uniformes con diferentes golpes por capa. Después de la compactación, se realizaron pasos

adicionales, incluyendo la inmersión en agua durante 4 días y la medición de expansión.

La prueba de penetración se llevó a cabo con un pistón bajo una carga de 4.54 kg, evaluando desviaciones específicas. Se desmontó el molde después de la prueba y se extrajo una muestra para determinar el contenido de agua en la zona cercana al punto de penetración.

La evaluación de la presión aplicada por el penetrómetro resultó en la elaboración de una curva para derivar la presión de penetración efectiva. Se realizaron ajustes para considerar imperfecciones en la superficie que podrían afectar la forma original de la curva.

La determinación del índice de dilatación involucró calcular la disparidad entre las mediciones de la galga extensométrica antes y después de la inmersión, presentándose como un porcentaje de la altura original de la probeta en el molde.

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$$

Dónde:

L1 = primera lectura (mm)

L2= segunda lectura (mm)

Finalmente, el factor de apoyo (llamado índice CBR) se determinó como el porcentaje de la presión que ejerce el pistón sobre el suelo respecto de una fuerza de penetración específica, respecto a la presión correspondiente en la muestra de referencia (valor 70,307). kg/cm².

El proceso se realiza con una dosificación diferente de espécimen y contenido de humedad, para cada material correspondiente a las calicatas: C-02 E-01, C-03 E-01 y mezcla promedio de las calicatas C-02 y C-03.



Figura 8 Californian Bearing Ratio (CBR)

Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de Análisis de Datos

Utilizando los datos obtenidos de los experimentos en el laboratorio de mecánica de suelos, durante la investigación se procedió a analizar los resultados mediante una estadística inferencial porque se hará la contratación de hipótesis, en los cuales se hará el uso de Excel para la representación de Los resultados mediante histogramas o grafico de barras. Además, se ha determinado el Análisis de Varianza (ANOVA), de esa manera obtuvo los indicadores de la investigación.

3.7. Aspectos Éticos

Hernández y Mendoza **Fuente especificada no válida.**, indican que el propósito principal de un determinado análisis ético es la moral. El investigador debe estar dispuesto a apropiarse de los resultados con total autenticidad, sin alterar ningún dato; además, se cuenta con la presencia de un profesional competente que supervisa el proceso de investigación.

En los aspectos éticos se respetó a los autores por lo tanto son debidamente citados, lo resultados obtenidos son reportados de la misma forma en que entregue el laboratorio por lo tanto los resultados son confiables sin ninguna variación, tampoco se manipularon las variables.

IV. RESULTADOS

Respondiendo al primer Objetivo, específico que viene hacer la determinación de la influencia de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades físicas de las subrasantes arcillosas.

• Análisis granulométrico

Tabla 8 Análisis granulométrico

TAMICES	ABERTURA mm	% PASA				
		S. ARCILLOSO	GEOPOLIMERO P. NATURAL	MEZCLA 8%	MEZCLA 16%	MEZCLA 24%
1 1/2"	38.1	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.4	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.05	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.7	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.525	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0
N° 4	4.75	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0
N° 10	2	99.16	95.9	98.9	98.6	98.4
N° 20	0.84	96.29	87.4	95.6	94.9	94.2
N° 40	0.425	90.11	71.5	88.6	87.1	85.6
N° 60	0.25	82.91	55.5	80.7	78.5	76.3
N° 100	0.15	70.77	41.6	68.4	66.1	63.8
N° 140	0.106	62.71	35.2	60.5	58.3	56.1
N° 200	0.075	55.17	27.3	52.9	50.7	48.5

Fuente: Elaboración propia

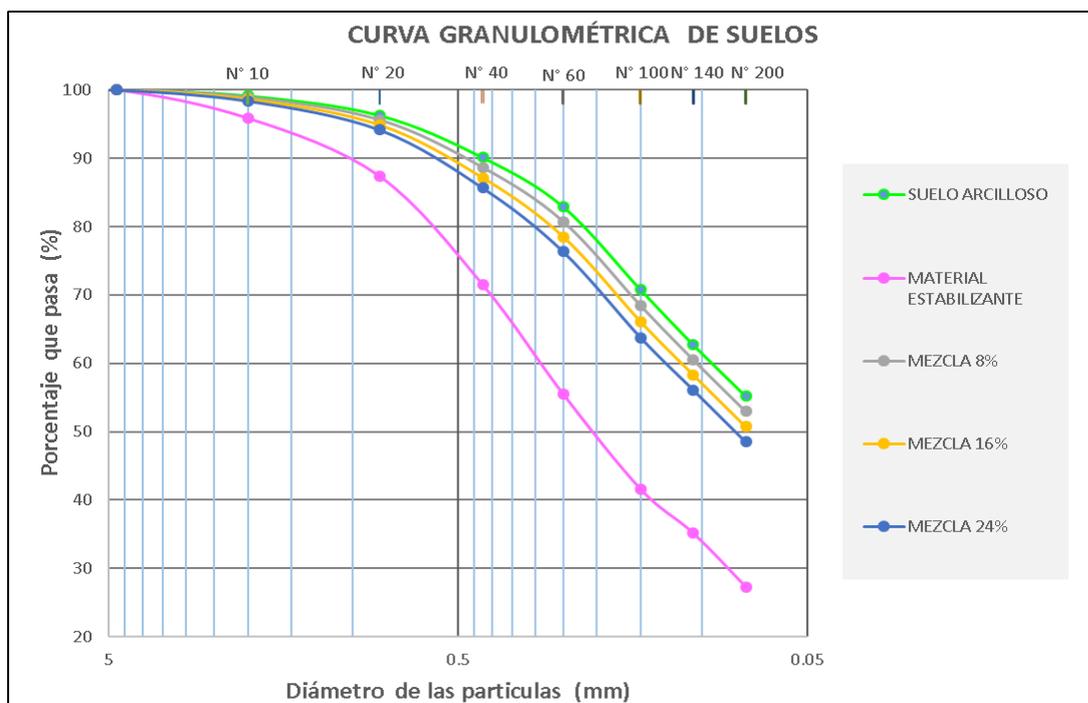


Figura 9 Gráfico de Análisis granulométrico

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente resultado se aprecia la granulometría de los materiales como suelos arcillosos, material estabilizante y la mezcla de material estabilizante. Que al aumentar el Geopolímero puzolánico natural en proporción de 24 % disminuye la cantidad de finos en la pasante de la malla N° 200 a 48.5% según los resultados de la tabla Nro8. A si mismo se nota en grafica de las curvas van a la izquierda con el incremento de Geopolímero puzolánico natural.

Estudio de Límites de Consistencia

Para llevar a cabo este análisis, se seleccionó la muestra más desfavorable de la calicata C3 - E1, donde lo resultados son los siguientes:

Tabla 9 Límites de Consistencia

Material/Mezcla (%)	LÍMITES DE CONSISTENCIA		
	LL(%)	LP(%)	IP(%)
Muestra Patrón 0%	44	16	29
Dosificación GPM 8%	38	18	19
Dosificación GPM 16%	32	20	12
Dosificación GPM 24%	28	21	6

Fuente: Elaboración propia

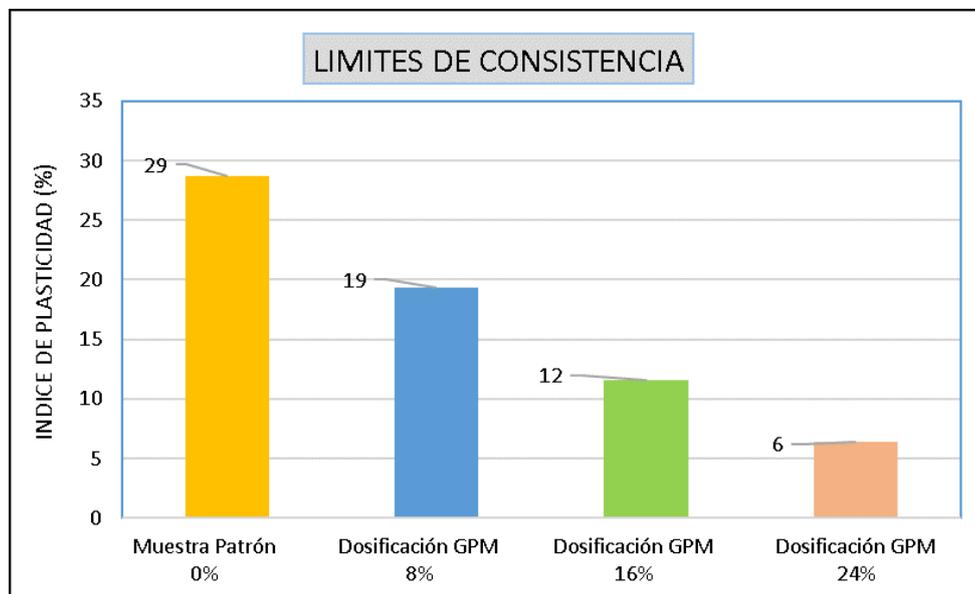


Figura 10 Gráfico de Límites de Consistencia

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 9. En este resultado se puede verificar que el índice de plasticidad (IP) del suelo natural tiene 29%, lo que indica que es un suelo muy arcilloso, por presentar un $IP > 10$ según la norma CE-010 de pavimentos urbanos, Según la figura 10. Con el incremento de Geopolímero puzolánico natural se nota la reducción del valor IP a 6% con la dosificación del 24% GPM.

- **Clasificación AASHTO y SUCS.** La clasificación se determinó en base a la granulometría y límites de consistencia

Tabla 10 Clasificación AASHTO y SUCS

Material/Mezcla (%)	Muestra	S U C S	AASHTO	
Muestra Patrón 0%	M-1	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad	A-7-6-(5)
Dosificación GPM 8%	M-2	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad	A-6-(3)
Dosificación GPM 16%	M-3	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad	A-4-(2)
Dosificación GPM 24%	M-4	SC-SM	Arena limo arcillosa	A-4-(2)

Fuente: Elaboración propia

Para clasificación se realiza considerando la granulometría, porcentajes pasantes de varias mallas y características plásticas. Los hallazgos de la Tabla 9 y el Gráfico de Análisis Granulométrico llevan a la conclusión de que es un suelo “muy pobre” al tener índice de grupo mayor a 9. Teniendo en cuenta la muestra más desfavorable de la calicata Nro. C-03, E-01 siendo un suelo inicial CL y con la incorporación de 24% de geopolímero puzolana natural llegando a un suelo SC-SM

Respondiendo al segundo Objetivo específico, Determinar la influencia de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades mecánicas de las subrasantes arcillosas.

- **Peso unitario máximo seco**

Tabla 11 Peso unitario máximo seco

NRO ENSAYOS	MEZCLA 0 %		MEZCLA 8%		MEZCLA 16%		MEZCLA 24%	
	HUMEDAD (%)	PESO VOL. SECO gr./cc						
1	7.30	1.78	5.90	1.74	5.60	1.74	4.90	1.81
2	11.10	1.87	9.00	1.84	8.70	1.85	9.30	1.92
3	14.40	1.90	13.30	1.92	13.04	1.93	12.60	1.95
4	17.40	1.84	15.60	1.88	15.10	1.90	16.30	1.89

Fuente: Elaboración propia

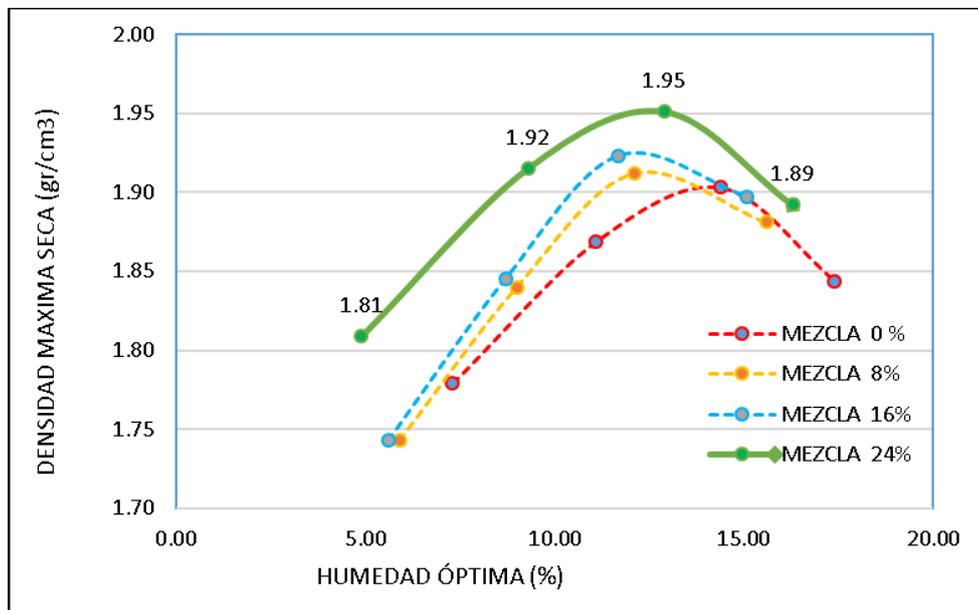


Figura 11 Grafico Peso unitario máximo seco

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 11, se observa que el contenido de humedad óptimo para el suelo natural es del 14.40%, con un peso unitario máximo seco de 1.90 g/cm³. Al añadir un 24% de geopolímero puzolánico natural, se reduce el contenido de humedad óptimo a 12.60%, y el peso unitario máximo aumenta a 1.95 g/cm³. Estos resultados indican diferencias significativas con respecto al suelo patrón.

• **Californian Bearing Ratio (CBR)**

Tabla 12 Californian Bearing Ratio (CBR)

Material/Mezcla (%)		CBR			
		CBR AL 95% M.D.S.		CBR AL 100% M.D.S.	
Muestra Patrón	0%	5	%	12	%
Dosificación GPM	8%	6	%	13	%
Dosificación GPM	16%	8	%	16	%
Dosificación GPM	24%	11	%	21	%

Fuente: Elaboración propia

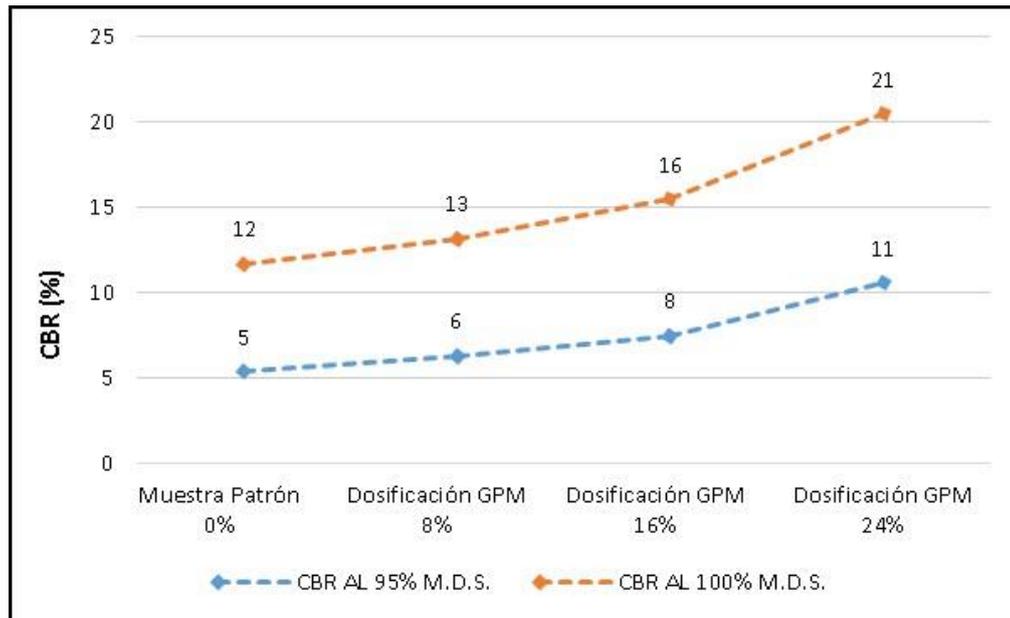


Figura 12 Grafico Californian Bearing Ratio (CBR)

Fuente: Elaboración propia

El ensayo de CBR indica que la muestra natural tiene un 5% que califica como subrasante de Categoría S1: subrasante insuficiente, mejorándose con la adición de 24 % de Geopolímero Puzolánico natural se llegó a un CBR= 11% que califica en la categoría subrasante S2: subrasante Regular.

Respondiendo al tercer Objetivo específico, la influencia de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades químicas de las subrasantes arcillosas

Tabla 13 Influencia de geopolímero puzolánico natural

DESCRIPCIÓN	MATERIAL	UND	RESULTADOS
CONTENIDO DE SULFATOS	Arcilla	Ppm	2181
CONTENIDODE SALES SOLUBLES	Arcilla	%	0.27
PH	Arcilla	7.88
CONTENIDO DE SULFATOS	GPM	Ppm	493.8
CONTENIDODE SALES SOLUBLES	GPM	%	0.08
PH	GPM	6.53

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en consideración la tabla nro. 11 los contenidos de sulfatos del GPM es de 493.8 ppm y el contenido de sales solubles del geopolímero puzolánica natural proveniente de la cantera “San Lorenzo”: 0.08%, no son perjudiciales al mejoramiento de la subrasante.

Por lo tanto, para el mejoramiento de las propiedades de las subrasantes arcillosas-A. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua, con geopolímero puzolánico natural proveniente de la cantera: “San Lorenzo”, NO aplica; habida cuenta que los Ph del material arcillo arenoso y el geopolímero puzolánico natural, contienen 7.88 y 6.53 respectivamente.

Contrastación de la hipótesis

Valor de significancia

El nivel de significancia que se eligió fue de 5% debido a que este valor es lo que se usa más frecuentemente por la comunidad científica.

Parámetro de evaluación

Valor $p \leq \alpha$: Rechazamos Hipótesis nula

Valor $p > \alpha$: Aceptamos la hipótesis nula

Hipótesis nula (H0): El geopolímero puzolánico natural. si mejora las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón - San Antonio – Moquegua

Hipótesis alterna (H1): El geopolímero puzolánico natural. no Mejora las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón - San Antonio – Moquegua

El objetivo de la siguiente investigación es demostrar que el geopolímero puzolánico natural. Mejora las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón - San Antonio – Moquegua.

Se mostraron en los diversos análisis de los resultados en la caracterización de las propiedades físicas, mecánicas y químicas. donde según sistema unificado de la clasificación de los suelos se determina que es un suelo CL (arcilla de baja plasticidad), luego a ello se adiciona geopolímero puzolánico natural con una dosificación de 0%,8%,16%,24% de modo que según la tabla 9. muestra la mejora en los suelos arcillosos, según el resultado de análisis de laboratorio el que predomina mejor dosificación es la adición de 24% geopolímero puzolánico natural y un 76% de suelo arcilloso.

PRUEBA ESTADÍSTICA DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

La adición de geopolímero puzolánico natural influye positivamente en la variación de las propiedades físicas de suelos arcillosos en la Av. Cantera Marón, San Antonio Moquegua

Prueba de normalidad

Se plantean las hipótesis:

Ho: la variable del Índice de plasticidad sigue una distribución normal (μ, σ^2)

H1: la variable del Índice de plasticidad no sigue una distribución normal (μ, σ^2)

Tabla 14 Prueba de normalidad de índice de plasticidad

		PRUEBAS DE NORMALIDAD				
		Estadístico Anderson Darling				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD		MEDIA	DESV.EST.	AD	N	P
Muestra Patrón	0%	28.36	0.38	0.189	3	0.631
Dosificación GPM	8%	19.71	1.051	0.297	3	0.284
Dosificación GPM	16%	11.95	0.979	0.336	3	0.204
Dosificación GPM	24%	6.479	0.391	0.199	3	0.587

Fuente: Elaboración propia

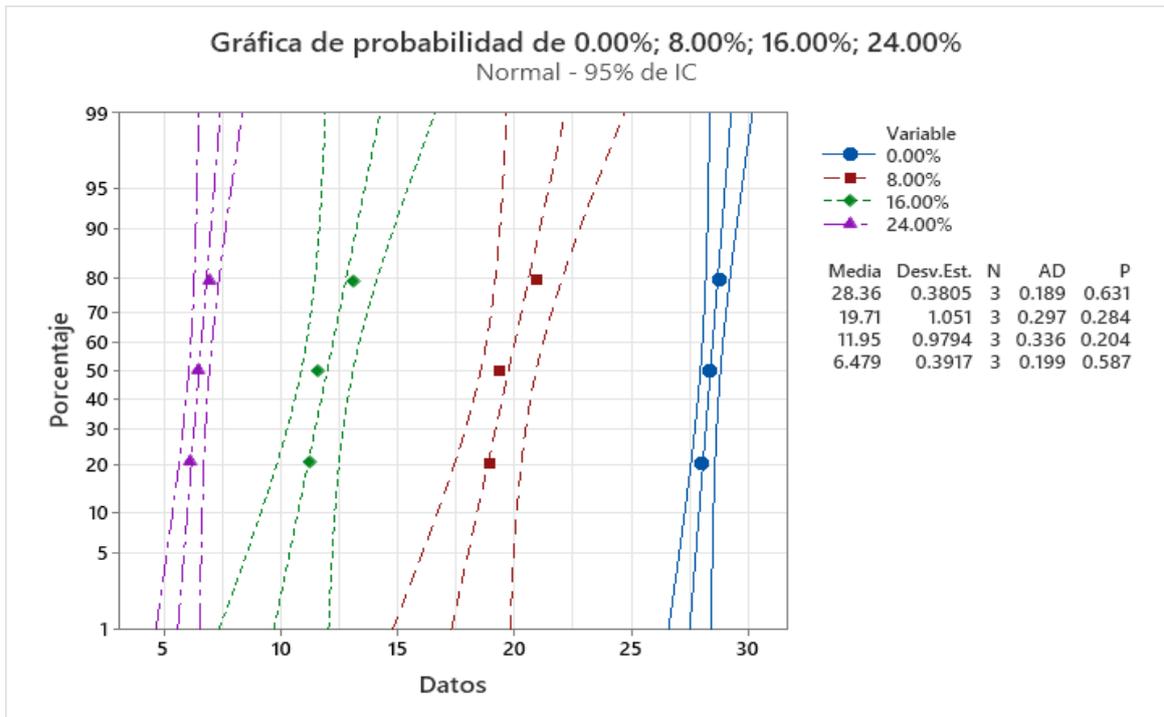


Figura 13 Tes de Normalidad

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla proporcionada, se revela que p son mayores que a nivel de significancia; que conlleva a confirmar la H0, se concluyó que dicha adición del geopolímero influye positivamente en la variación de propiedades previstas, siguiendo una distribución normal.

Prueba de varianzas

Hipótesis nula: $H_0: \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ Las varianzas son iguales

Hipótesis alternativa: $H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ al menos una varianza es diferente

Tabla 15 Intervalo de confianza para la media de índice de plasticidad

INDICE DE PLASTICIDAD		PRUEBAS DE VARIANZA			Metodo Barlett
		N	DESV.EST.	IC de Bonferroni de 95%	
Muestra Patrón	0%	3	0.38045	(0.168878; 4.8048)	Estadistica De prueba: 2.72 Valor P :0.437
Dosificación GPM	8%	3	1.05054	(0.466324; 13.2676)	
Dosificación GPM	16%	3	0.97945	(0.434767; 12.3698)	
Dosificación GPM	24%	3	0.39167	(0.173856; 4.9465)	

Fuente: Elaboración propia

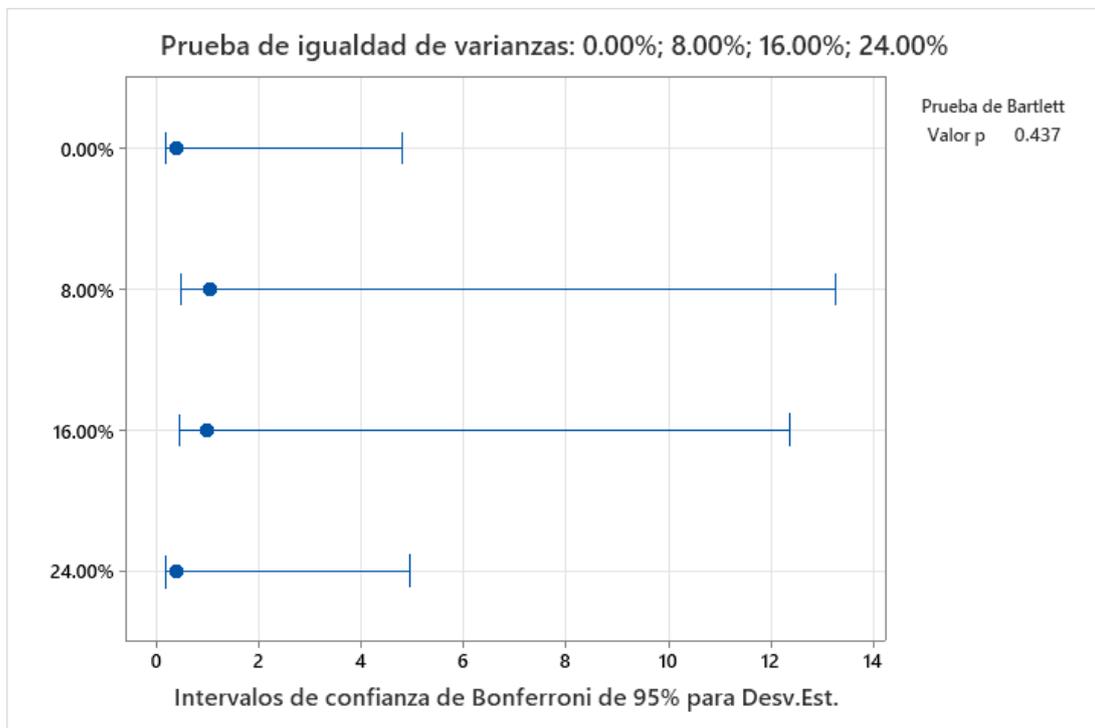


Figura 14 Intervalo de confianza de Bonferroni de índice de plasticidad

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla proporcionada, se revela que $p = 0.432 > \alpha$; por lo que los resultados del experimento de la adición de geopolímero puzolánico natural influye positivamente en la variación de propiedades previstas

Prueba de igualdad de varianzas de media: ANOVA

En las varianzas de igualdad de medias del experimento la Adición de geopolímero puzolánico natural influye positivamente en la variación de las

propiedades físicas de suelos arcillosos en la Av. Cantera Marón, San Antonio Moquegua, utilizando ANOVA

H0: las medias (promedios) de K poblaciones ($K > 2$) son iguales

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H1: al menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado.

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Tabla 16 Prueba Estadística de Anova de Índice de Plasticidad

PRUEBA DE IGUALDAD DE VARIANZAS DE MEDIA: ANOVA					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	816.112	272.037	460.87	0.000
Error	8	4.722	0.59		
Total	11	820.834			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a este resultado, se descartó la hipótesis nula, indicando un efecto positivo significativo del geopolímero en las propiedades físicas. Además, el análisis post hoc Tukey revela que todas las medias de los experimentos son diferentes, confirmando que la inclusión del geopolímero puzolánico natural en la subrasante arcillosa tiene un impacto significativo.

PRUEBA ESTADÍSTICA DE CBR

La adición de geopolímero puzolánico natural influye positivamente en la variación de las propiedades Mecánicas de suelos arcillosos en la Av. Cantera Marón, San Antonio Moquegua

Prueba de normalidad

Se plantean las hipótesis:

H0: la variable del CBR sigue una distribución normal (μ, σ^2)

H1: la variable del CBR no sigue una distribución normal (μ, σ^2)

Tabla 17 Tes de Normalidad (CBR)

		PRUEBAS DE NORMALIDAD				
		Estadístico Anderson Darling				
California Bearing Ratio(CBR)		MEDIA	DESV.EST.	AD	N	P
Muestra Patrón	0%	5.6	0.1	0.189	3	0.631
Dosificación GPM	8%	6.4	0.458	0.23	3	0.487
Dosificación GPM	16%	7.73	0.68	0.29	3	0.3
Dosificación GPM	24%	10.5	0.36	0.255	3	0.399

Fuente: Elaboración propia

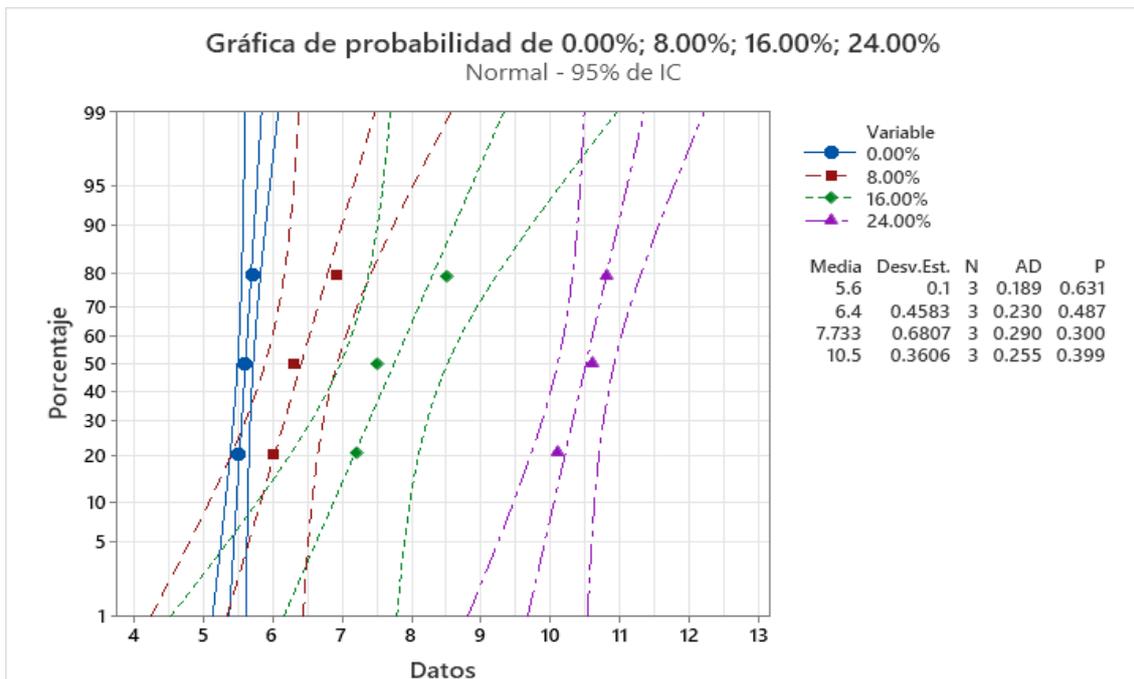


Figura 15 Intervalo de confianza del CBR

Fuente: Elaboración propia

según la tabla 17 el valor p en los cuatro experimentos son mayores que a nivel de significancia ; por lo que se acepta la hipótesis nula, según el experimento los valores de la adición de geopolímero puzolánico natural influye positivamente en la variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos en la Av. Cantera Marón, San Antonio Moquegua sigue una distribución normal (μ , σ^2)

Prueba de varianzas

Evaluación de las varianzas

Hipótesis nula: $H_0: \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ Las varianzas son iguales

Hipótesis alternativa: $H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ al menos una varianza es diferente

Tabla 18 Intervalo de confianza para la media (CBR)

PRUEBAS DE VARIANZA					
California Bearing Ratio(CBR)	N	DESV.EST.	IC de Bonferroni de 95%		Metodo Barlett
			DES. EST.	IC	
Muestra Patrón 0%	3	0.100	(0.044389;	1.26293)	Estadística De prueba: 4.31 Valor P :0.23
Dosificación GPM 8%	3	0.458	(0.203416;	5.78748)	
Dosificación GPM 16%	3	0.681	(0.302149;	8.59659)	
Dosificación GPM 24%	3	0.361	(0.160047;	4.55356)	

Fuente: Elaboración propia

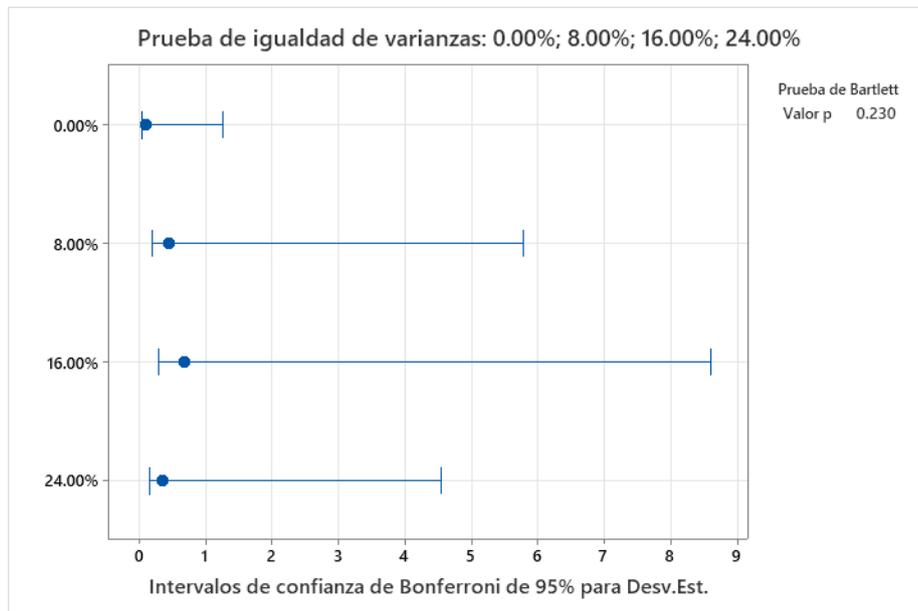


Figura 16 Intervalo de confianza de Bonferroni (CBR)

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al resultado, el valor $P = 0.230 > \alpha$; el cual indica que la adición de geopolímero puzolánico natural influye positivamente en la variación de las propiedades previstas, por lo que las varianzas son iguales.

Prueba de igualdad de varianzas de media: ANOVA

H_0 : las medias (promedios) de K poblaciones ($K > 2$) son iguales

$H_0 : u_1 = u_2 = u_3$

H_1 : al menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado.

$H_1 : u_1 \neq u_2 \neq u_3$

Tabla 19 Prueba estadística de ANOVA factor de capacidad de soporte

PRUEBA DE IGUALDAD DE VARIANZAS DE MEDIA: ANOVA					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	41.582	13.8608	68.17	0.000
Error	8	1.627	0.2033		
Total	11	43.209			

Fuente: Elaboración propia

según la tabla 19 de análisis de varianza (ANOVA) indican un valor de p igual a 0.000, lo que es menor que el nivel de significancia establecido, llevando al rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alterna. Esto sugiere que al menos un uno de los valores de media son diferentes de las demás. La adición de geopolímero puzolánico natural tiene un impacto positivo en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos en la Av. Cantera Marón, San Antonio Moquegua. El análisis post hoc Tukey revela que todas las medias de los experimentos son diferentes, confirmando que la introducción de geopolímero puzolánico natural a la subrasante arcillosa tiene efectos significativos.

PRUEBA ESTADÍSTICA DE PH

Prueba de normalidad

H_0 : la variable del PH sigue una distribución normal (μ, σ^2)

H_1 : la variable del PH no sigue una distribución normal (μ, σ^2)

Tabla 20 Tes de Normalidad (PH)

PRUEBAS DE NORMALIDAD						
PH	Estadístico Anderson Darling					
	MEDIA	DESV.EST.	AD	N	P	
Muestra Patrón 0%	7.865	0.015	0.189	3	0.631	
Dosificación GPM 8%	7.885	0.005	0.189	3	0.631	
Dosificación GPM 16%	7.885	0.015	0.189	3	0.631	
Dosificación GPM 24%	7.9	0.01	0.189	3	0.631	

Fuente: Elaboración propia

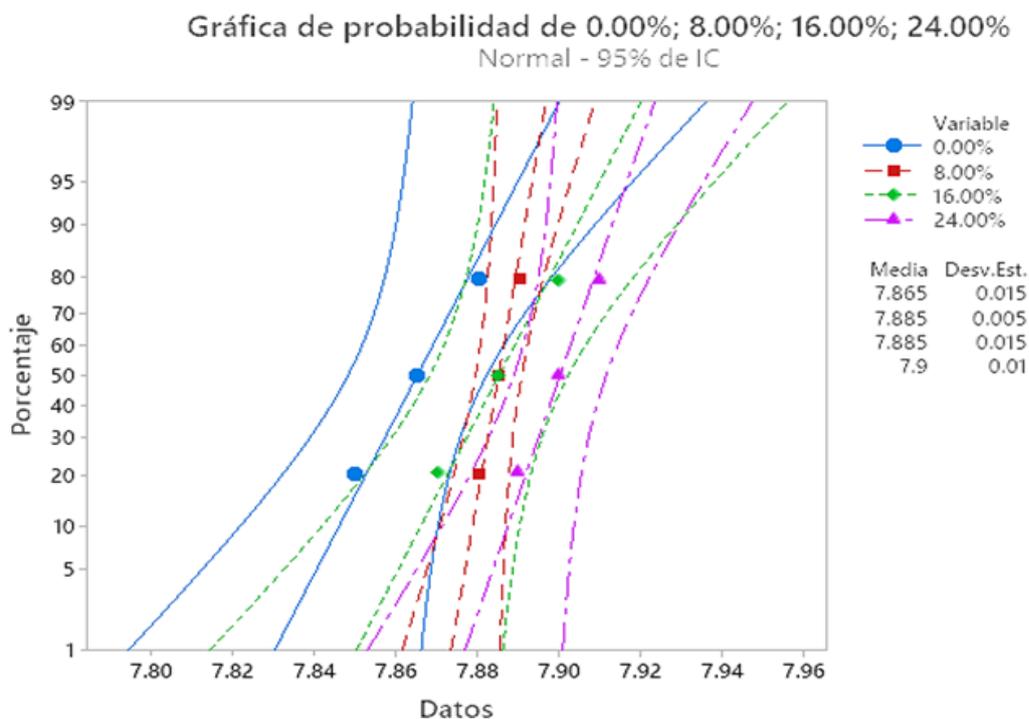


Figura 17 Intervalo de confianza del PH

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 19 se verifica que p son mayores que a nivel de significancia, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, concluyendo que la adición de GPM influye en la variación de propiedades químicas siguiendo una distribución normal.

Prueba de varianzas

Evaluación de las varianzas

Hipótesis nula: $H_0: \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ Las varianzas son iguales

Hipótesis alternativa: $H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ al menos una varianza es diferente

Tabla 21 Intervalo de confianza para la media de PH

PRUEBAS DE VARIANZA				
PH	IC de Bonferroni de 95%			Metodo Barlett
	N	DESV.EST.	IC	
Muestra Patrón 0%	3	0.015	(0.0066583; 0.189440)	Estadística De prueba: 2.01
Dosificación GPM 8%	3	0.005	(0.0022194; 0.063147)	
Dosificación GPM 16%	3	0.015	(0.0066583; 0.189440)	Valor P :0.57
Dosificación GPM 24%	3	0.010	(0.0044389; 0.126293)	

Fuente: Elaboración propia

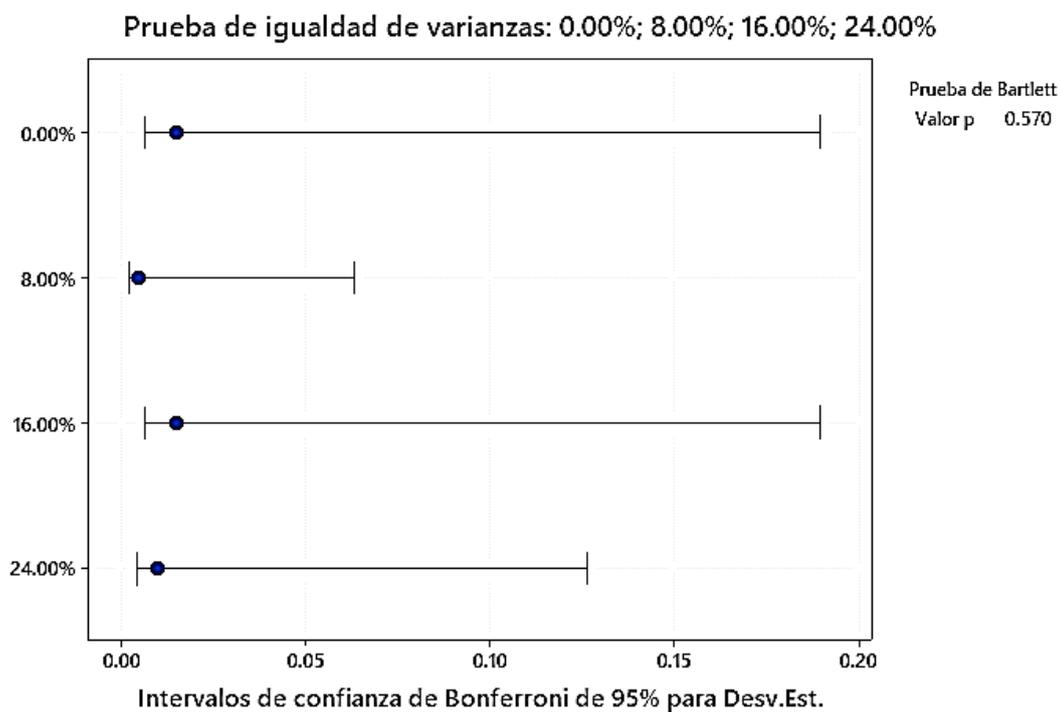


Figura 18 Intervalo de confianza de Bonferroni de PH

Fuente: Elaboración propia

Se revela que $p = 0.57 > 0.05$; según la figura 18 por lo que los resultados del experimento de la adición de geopolímero puzolánico natural influye positivamente en la variación de propiedades químicas

Prueba de igualdad de varianzas de media: ANOVA

las varianzas de igualdad de medias del experimento con la Adición de geopolímero puzolánico natural influye positivamente en la variación de las propiedades químicas de suelos arcillosos en la Av. Cantera Marón, San Antonio Moquegua.

H0: los promedios de K poblaciones ($K > 2$) son iguales

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H1: al menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado.

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Tabla 22 Prueba Estadística de Anova de PH

PRUEBA DE IGUALDAD DE VARIANZAS DE MEDIA: ANOVA					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0.001856	0.000619	4.3	0.040
Error	8	0.00115	0.000144		
Total	11	0.003006			

Fuente: Elaboración propia

Concluyendo que el valor de Anova es $0.04 < 0.05$ al nivel de significancia. por lo que rechazamos hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna. Indicando un efecto positivo en la adición de geopolímero puzolánico natural en las propiedades químicas. Además, el análisis post hoc Tukey revela que todas las medias de los experimentos son diferentes, por lo que en la investigación si habido un tratamiento experimental.

V. DISCUSIÓN

Con respecto al primer resultado, se obtuvo una mejora significativa al reducir el índice de plasticidad del 29% al 6% mediante la adición óptima del GPM. Dicho resultado se compara con **Villalta y Chang (2020)**, para lo cual la mejor dosificación fue la adición de 15% de puzolana y 10% de polvo de ladrillo cuyos resultados de índice de plasticidad es de 6.33 % con respecto a la muestra natural que tiene un $IP = 17.40\%$ de acuerdo a los resultados obtenidos según la dosificación no varía de manera significativa por lo que el objetivo planteado discrepa.

Con respecto al segundo resultado, se determinó el Proctor modificado. De la muestra natural su $CHO = 14.20\%$ Y $DMS = 1.90$ g/c.c y con la con la adición de GPM su $CHO = 12.60\%$ Y $DMS = 1.95$ g/c.c. en el resultado de CBR de la muestra natural es de 5% con la adición de GPM es de 11 %, lo cual se compara con **Mamanchura (2022)** donde con la adición del porcentaje más adecuado es de 22% para mejorar el suelo arcilloso. Se concluye que el uso de ceniza volante mejora el terreno subrasante, estableciendo una dosificación óptima de 78% de muestra de suelo y 22% ceniza volante cuyos valores determinados son, un $DMS = 1.906 - 1.95$, $CHO = 13.85 - 12.89$ Y $CBR = 5.30 - 9.60$ (%) demostrando influencia positiva del uso de las cenizas volantes para mejoramiento de suelos arcillosos. Analizando los resultados de CBR aumenta de manera significativa por lo tanto se asemeja al objetivo planteado.

Con respecto al tercer resultado de acuerdo a los resultados obtenidos se determinaron un pH: 7.88 del suelo areno arcilloso (CL) y PH: 6.53 del geopolímero natural del material de cantera: "San Lorenzo" (SM). Según el autor (Mora Palacios, 2020) indica que si el $pH > 12$ podría modificar las propiedades del suelo arcilloso y descomposición de sílice amorfa debido a que las partículas de arcilla floculan. el H_p obtenido en su resultado es 6.70, 6.72, 6.76 por lo tanto, se sostiene que los resultados obtenidos en esta investigación son semejantes.

VI. CONCLUSIONES

1. Los materiales CL -A-7-6-(5), con la adición de geopolímero puzolánico natural mejoró sus propiedades físicas, obteniéndose un Límite líquido de 46% y con la adición de GPM de 24% llegando al 28% LL, de la misma manera el límite plástico del 17% mejora con la adición de GPM 24% al 21 % LP, y el índice de plasticidad de 29 - 6%, llegando a una clasificación SUCS: SC-SM, AASHTO: A-4(2).
2. De los análisis realizados en laboratorio el CBR patrón fue de 5%, con una mezcla óptima de 24% de GPM, se llegó a un CBR de 11% para una subrasante de condición regular, mientras que el valor de densidad máxima seca patrón llega a 1.90 y con el GPM de 24% aumenta - 1.95 g/cm³ y una humedad óptima de OCH= 14.40- 12.60%.
3. El grado de alcalinidad del suelo (pH) con 8% GPM, 16% GPM, 24% GPM, no varían en un mínimo grado de alcalinidad por lo tanto se concluye que tiene un grado de acidez Neutro por lo tanto químicamente no tiene ninguna incidencia en el mejoramiento de las propiedades químicas de la subrasante.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere ampliar la dosificación de 24% del GPM debido a la tendencia de mejorar las propiedades físicas.
2. Se debe estudiar dosificaciones mayores de 24% de GPM a fin de llegar a resultados óptimos con las adiciones correspondientes
3. En investigaciones posteriores, se sugiere analizar la alcalinidad del suelo utilizando diferentes tipos de geopolímeros y puzolanas, con el fin de determinar si hay variaciones más significativas o si se comporta de manera similar al geopolímero natural.
4. Se sugiere realizar, pruebas en situ, ya en esta investigación se realizó los análisis netamente en laboratorio
5. En las futuras investigaciones se sugiere utilizar elementos innovadores para el mejoramiento de los suelos arcillosos como uso de zeolitas, caolinitas, y cenizas volantes ya que ellos forman parte de puzolana natural. Así de esa manera economizar y minimizar el costo de la estabilización de subrasantes.

REFERENCIAS

- Abanto Hinojosa, F. M., & Limay Rumaldo, I. A. (2020). *Incidencia del estabilizador "Ionic Soil Stabilizer" en 05 años de vida útil de la superficie de rodadura de la ruta rural Im-521, provincia de Barranca*. Lima, Universidad Ricardo Palma,.
- Al-Swaidani, A. H. (2016). *Effect of adding natural pozzolana on geotechnical properties of lime-stabilized clayey soil*. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 8(5),.
- ASSHTO-T-180. (s.f.). *Relaciones Humedad – Densidad de Suelos usando un Pisón de 4.54 kg y una caída superior de 457 mm*.
- ASTM 421. (s.f.). *Granulometría por tamizado*.
- ASTM D1883-16. (s.f.). *California Bearing Ratio CBR*.
- ASTM-C-702. (s.f.). *Practica Estándar para Reducción de Muestras de Agregados de Tamaño de Ensayo*.
- ASTM-D-1557. (s.f.). *Método de la Prueba Estándar para Características de Compactación del Suelo en Laboratorio Usando Esfuerzo Modificado*.
- ASTM-D-4318 . (s.f.). *Método de la Prueba Estándar para límite Líquido, Límite Plástico e Índices de Plasticidad de Suelos*.
- Baldeon, I. P. (2019). *Análisis del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante Universidad Peruana de los Andes*.
- Bowles, J. (1981). *Manual de laboratorio de suelos de Ingeniería Civil*. [trad.] ARRIETA, A. México: .
- Braja M., D. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México:cuarta edición. : Editorial Cengage.
- Campos G, L. N. (2012). *La observación, un método para el estudio de la realidad*. En *Xihmai VII (13)*. Campos G, Lule N.
- Canaria Pineda, A. G., & Martínez, J. Á. (2020). *Estudio de afianzamiento de material para la conformación de afirmado en terraplenes del municipio de La Primavera – Vichada, mediante la adición de polímeros sintéticos ecológicos*.

- CE.010, N. (2010). *Pavimentos Urbanos". Reglamento Nacional de Construcción. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. SENCICO. Lima, Perú. .*
- Crespo V., C. (2006). *Mecánica de Suelos. . El ateneo.*
- Davidovits, J. (1978). *Geopolymer: Chemistry and Applications.*
- Djobo, J. N. (2017). Volcanic ashbased geopolymer cements/concretes: the current state of the art and perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(5).
- Fernandez, F. (2018). *Estabilización de subrasante con material de demoliciones en avenida Malecón Checa, San Juan de Lurigancho en el 2017.* Lima.
- Góngora Velásquez, C. K. (2019). *Influencia de la cal y el cemento portland tipo i en la subrasante de la trocha del distrito de Chillia.* Pataz.
- Hernández Lara, J. A. (2018). *Estudio de la técnica de suelo- cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín. Facultad de ingeniería, Universidad católica de Colombia.* Bogotá.
- Hernández, R. F. (2014). *Metodología de la investigación (6ª ed.).* México: McGraw Hill Education.
- Illary Ccoillo, I. (2017). *comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimento flexibles de la UNALM.* Lima.
- Jackson, M. D. (2010). Mid-Pleistocene pozzolanic volcanic ash in ancient Roman concretes. *Geoarchaeology*, 25(1). 36–74.
- Keller et al., . (2004). *Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas, Uppsala,. Suecia.*
- Kumar y Vivek, e. a. (2022). Pavement Subgrade Stabilized with Waste coal Ash and Geosynthetics: An Experimental Study and Multiple Regression Modelling. *Materials Today: Proceedings*, 2022, vol. 52, p. 1543-1550. LI, Ting S., et al. S 5: The Orbital and Chemical Properties of One Doz.
- Lezama Huamán, A. (2022). "Incorporación de biorresiduo para el mejoramiento de las propiedades de la subrasante de la trocha carrozable Livitaca. Cusco.
- Licuy Ordóñez, C. A., & Román Solórzano, K. E. (2020). *Estudio de la estabilización de arcillas expansivas utilizando el 10, 20 y 30% en peso, de*

- puzolanas de ceniza del volcán tungurahua y ceniza de la cascarilla de arroz en composiciones.* Quito.
- Mamanchura, E. (2021). *Influencia del uso de cenizas volantes en la estabilización de suelos para la pavimentación en la Av. Alfonso Ugarte, distrito de San Antonio.* Moquegua.
- Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo volumen de Transito. (2013). 97.
- Martínez, E. (2019). *“Estabilización de suelos expansibles con aditivo órganosilanos a nivel de subrasante”.* Universidad San Martín de Porres. Lima.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2014). Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos, Lima. s.n., 2014. Vol. 10.
- Moale Quispe, A. B. (2020). *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica.* . Lima-Perú.
- Mora Palacios, S. A. (2020). *comportamiento de los polímeros Como agente estabilizante en los suelos para la construcción de cimentaciones UCC.* BOGOTÁ.
- Pineda Jaimes, J. A., & García Lopez, D. A. (2014). Relaciones succión-humedad y comportamiento volumétrico de arcillas lacustres fisuradas por desecación. *Retrieved from <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/1930>.*
- Pinto. (2018). *conservación de carreteras pavimentadas en Guatemala.* .
- Serrano, E., & Padilla, E. (2019). *Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados.* *Revista Ingeniería Solidaria, (1-25).*
- Shen, Z, C., & Fang, L., J. . (2017). Experimental Investigation of Rapid Stabilization of Soft Clay Soils Using Chemical Admixtures. *Soil Mechanics and Foundation Engineering, 54(3).*
- Tupia Astocondor, G. K. (2021). *Estabilización de suelos en la subrasante con cenizas de hojas de eucaliptos en la avenida Juan Velazco – Caraballo.* Lima.

- Velásquez Pereyra, C. (2018). *influencia del cemento portland tipo i en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca Sector La Molina*. Cajamarca-Perú.
- Villalta Vergara, J. C., & Chang Bernal, E. (2020). *Estudio Experimental de las Propiedades Físicas, Mecánicas y de Resistencia de Suelos Arcillosos Mediante el Uso de Puzolana Natural, Polvo de Ladrillo y Goma Guar en San Cristóbal*. Huancavelica.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Título: Aplicación de geopolímero puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón - San Antonio – Moquegua

Autor: Abrahan Antonio Ventura Ventura

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Variable independiente: Geopolímero puzolánico natural	Los geopolímeros, corresponden a una clase de polímeros inorgánicos formados por reacciones químicas entre una fuente de aluminosilicatos (puzolanas naturales, ceniza volante, escorias de alto horno en estado vítreo, entre otros) y una solución alcalina. La solución activadora consiste generalmente en una solución de hidróxido de sodio (NaOH) y de una solución de silicato de sodio (Na ₂ SiO ₃). (Davidovits, 1978).	Los geopolímeros puzolánicos naturales serán utilizados por dosificaciones controladas del 0%, 8%, 16% y 24%, estableciendo y se caracterizarán por su forma, densidad y granulometría	Dosificaciones	0%GPM 8% GPM 16% GPM 24% GPM	Razón
			Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> • Forma • Densidad • Granulometría 	Razón
			Propiedades físicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Granulometría ▪ Limite liquido ▪ Limite plástico ▪ Índice de plasticidad ▪ Clasificación de suelo 	Razón
Variable dependiente: propiedades de suelos arcillosos	Los suelos arcillosos, con aquellos que presentan una composición basada en arenas y arcillas, generalmente 50% de arena y 30 % de arcilla aproximadamente. La estabilización de la subrasante es un proceso que permite mejorar la calidad del suelo natural para obtener unas características físicas y mecánicas estables en relación con las condiciones medioambientales de servicio (Rivera, Guerrero, Mejía de Gutiérrez, Orobio, 2020, p.205).	Las propiedades de los suelos arcillosos son las propiedades físicas que están definidas por: granulometría, límites de consistencia y clasificación de suelos. Dentro de las propiedades mecánicas esta definidas por peso unitario máximo seco y CBR. Dentro de las propiedades Químicas están contenido de sales solubles, contenido de sulfatos y contenido de PH	Propiedades mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peso unitario máximo seco ▪ Californian Bearing Ratio (CBR) 	Razón
			Propiedades químicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contenido de Sales solubles ▪ Contenido de sulfatos ▪ Contenido de PH 	Razón

Anexo 2. Matriz de consistencia

Título Aplicación de geopolímero puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón - San Antonio – Moquegua

Autor: Abrahan Antonio Ventura Ventura

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
Problema general: ¿Cuál es la influencia de geopolímero puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón - San Antonio - Moquegua	Objetivo general: Analizar la aplicación de geopolímero puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio - Moquegua	Hipótesis general: La incorporación de geopolímero puzolánico natural influyen significativamente en las propiedades de suelos arcillosos en la Av. cantera Marón, San Antonio - Moquegua	Variable independiente: geopolímero puzolánico natural	% Dosificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • 0% GPM • 8% GPM • 16% GPM • 24% GPM 	Formatos de laboratorio	Tipo de investigación: Aplicada Enfoque de la investigación: Cuantitativo Diseño de la investigación: Experimental- Cuasi- experimental Nivel de la investigación: Explicativa Población: Los suelos de la subrasante arcillosa Av. Cantera Marón Muestra: Los suelos de la subrasante arcillosa Av. Cantera Marón: C1, C2 y C3
Problemas específicos: ¿Cómo influyen la aplicación de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades físicas de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio - Moquegua?	Objetivos específicos: Determinar la influencia de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades físicas de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio - Moquegua	Hipótesis específicas: La adición de geopolímero puzolánico natural influye positivamente en la variación de las propiedades físicas de suelos arcillosos en la Av. cantera Marón, San Antonio Moquegua		Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> • Forma • Densidad • Granulometría 		
¿Cuál es la influencia de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades mecánicas de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio - Moquegua?	Determinar la influencia de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades mecánicas de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio - Moquegua	La adición de Geopolímero puzolánico natural influyen positivamente en la variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos en la Av. cantera Marón, San Antonio - Moquegua	Variable dependiente: propiedades de suelos arcillosos	Propiedades físicas	<ul style="list-style-type: none"> • granulometría • Limite liquido • Limite plástico • Índice de plasticidad • Clasificación AASHTO 	Formatos de laboratorio	
¿Cómo influyen la aplicación de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades químicas de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio - Moquegua?	Determinar la influencia de geopolímero puzolánico natural en la variación de las propiedades químicas de las subrasantes arcillosas - Av. Cantera Marón San Antonio - Moquegua	La adición de geopolímero puzolánico natural influyen positivamente en la variación de las propiedades químicas de suelos arcillosos en la Av. cantera Marón, San Antonio - Moquegua		Propiedades mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Peso unitario máximo seco • Californian Bearing Ratio (CBR) 	Formatos de laboratorio	
				Propiedades Químicas	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido de Sales solubles • Contenido de sulfatos • Contenido de PH 	Formatos de laboratorio	

ANEXO 03:
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

Anexo 2

Evaluación por juicio de expertos 01

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento "...Dr. Ing. Kiko Félix Depaz Celi.". La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer psicológico. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	KIKO FELIX DEPAZ CELI
Grado profesional:	Maestría () Doctor (X)
Área de formación académica:	Clínica () Social () Educativa (X) Organizacional ()
Áreas de experiencia profesional:	INGENIERIA SANITARIA
Institución donde labora:	UNASAM - UCV
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años () Más de 5 años (X)
Experiencia en Investigación Psicométrica: (si corresponde)	Trabajo(s) psicométricos realizados Título del estudio realizado.

2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

3. Datos de la escala (Colocar nombre de la escala, cuestionario o inventario)

Nombre de la Prueba:	
Autora:	
Procedencia:	
Administración:	
Tiempo de aplicación:	
Ámbito de aplicación:	
Significación:	Explicar Cómo está compuesta la escala (dimensiones, áreas, ítems por área, explicación breve de cuál es el objetivo de medición)

4. Soporte teórico

(describir en función al modelo teórico)



Dr. Ing. Kiko Félix Depaz Celi
DNI: 31663735

Escala/ÁREA	Subescala (dimensiones)	Definición

5. Presentación de instrucciones para el juez:

A continuación a usted le presento el cuestionario elaborado por en el año De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

Categoría	Calificación	Indicador
	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

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

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

{

Dimensiones del instrumento:
 • Primera dimensión: (Colocar el nombre de la dimensión)


 Dr. Ing. Kikó Félix Depaz Céli
 DNI: 31663735

- Objetivos de la Dimensión: (describa lo que mide el instrumento).

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Porcentajes					Dosificación
Forma, densidad y granulometría					Caracterización

- Segunda dimensión: (Colocar el nombre de la dimensión)
- Objetivos de la Dimensión: (describa lo que mide el instrumento).

INDICADORES	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
granulometría Limites de consistencia					Propiedades físicas
CBR, peso unitario					Propiedades mecánicas
PH Y Sales solubles					Propiedades químicas



Firma del evaluador
DNI: 31663735

Pd.: el presente formato debe tomar en cuenta:

Williams y Webb (1994) así como Powell (2003), mencionan que no existe un consenso respecto al número de expertos a emplear. Por otra parte, el número de jueces que se debe emplear en un juicio depende del nivel de experticia y de la diversidad del conocimiento. Así, mientras Gable y Wolf (1993), Grant y Davis (1997), y Lynn (1986) (citados en McGartland et al. 2003) sugieren un rango de **2** hasta **20 expertos**, Hyrkäs et al. (2003) manifiestan que **10 expertos** brindarán una estimación confiable de la validez de contenido de un instrumento (cantidad mínimamente recomendable para construcciones de nuevos instrumentos). Si un 80 % de los expertos han estado de acuerdo con la validez de un ítem éste puede ser incorporado al instrumento (Voutilainen & Liukkonen, 1995, citados en Hyrkäs et al. (2003).

Ver : <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.pdf> entre otra bibliografía.

Anexo 2

Evaluación por juicio de expertos 02

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento " **Mg. Gerardo William Pari Quispe**". La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer psicológico. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	KIKO FELIX DEPAZ CELI
Grado profesional:	Maestría (X) Doctor ()
Área de formación académica:	Clínica () Social () Educativa (X) Organizacional ()
Áreas de experiencia profesional:	GEOTECNIA Y TRANSPORTES
Institución donde labora:	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años () Más de 5 años (X)
Experiencia en Investigación Psicométrica: (si corresponde)	Trabajo(s) psicométricos realizados Título del estudio realizado.

2. Propósito de la evaluación:

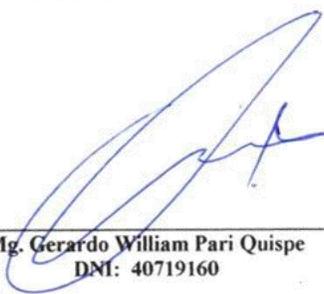
Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

3. Datos de la escala (Colocar nombre de la escala, cuestionario o inventario)

Nombre de la Prueba:	
Autora:	
Procedencia:	
Administración:	
Tiempo de aplicación:	
Ámbito de aplicación:	
Significación:	Explicar Cómo está compuesta la escala (dimensiones, áreas, ítems por área, explicación breve de cuál es el objetivo de medición)

4. Soporte teórico

(describir en función al modelo teórico)



Mg. Gerardo William Pari Quispe
DNI: 40719160

Escala/ÁREA	Subescala (dimensiones)	Definición

5. Presentación de instrucciones para el juez:

A continuación a usted le presento el cuestionario elaborado por en el año De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

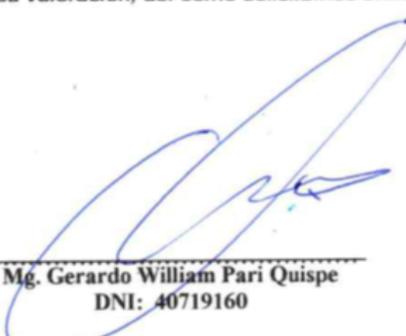
Categoría	Calificación	Indicador
	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

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

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

Dimensiones del instrumento:
 • Primera dimensión: (Colocar el nombre de la dimensión)

Mg. Gerardo William Pari Quispe
 DNI: 40719160

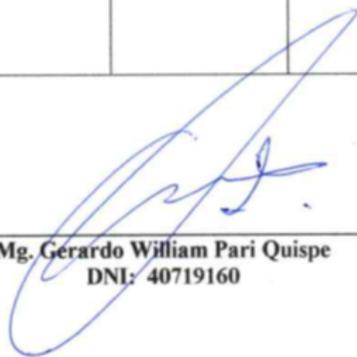


- Objetivos de la Dimensión: (describa lo que mide el instrumento).

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Porcentajes					Dosificación
Forma, densidad y granulometría					Caracterización

- Segunda dimensión: (Colocar el nombre de la dimensión)
- Objetivos de la Dimensión: (describa lo que mide el instrumento).

INDICADORES	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
granulometría Limites de consistencia					Propiedades físicas
CBR, peso unitario					Propiedades mecánicas
PH Y Sales solubles					Propiedades químicas



Mg. Gerardo William Pari Quispe
DNI: 40719160

Pd.: el presente formato debe tomar en cuenta:

Williams y Webb (1994) así como Powell (2003), mencionan que no existe un consenso respecto al número de expertos a emplear. Por otra parte, el número de jueces que se debe emplear en un juicio depende del nivel de experticia y de la diversidad del conocimiento. Así, mientras Gable y Wolf (1993), Grant y Davis (1997), y Lynn (1986) (citados en McGartland et al. 2003) sugieren un rango de 2 hasta 20 expertos, Hyrkäs et al. (2003) manifiestan que 10 expertos brindarán una estimación confiable de la validez de contenido de un instrumento (cantidad mínimamente recomendable para construcciones de nuevos instrumentos). Si un 80 % de los expertos han estado de acuerdo con la validez de un ítem éste puede ser incorporado al instrumento (Voutilainen & Liukkonen, 1995, citados en Hyrkäs et al. (2003).

Ver : <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.pdf> entre otra bibliografía.

Anexo 2

Evaluación por juicio de expertos 03

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento "M.I. Alex Enrique Espinoza Mamani". La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer psicológico. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	ALEX ENRIQUE ESPINOZA MAMANI
Grado profesional:	Maestría (X) Doctor ()
Área de formación académica:	Clínica () Social () Educativa (X) Organizacional ()
Áreas de experiencia profesional:	INGENIERIA CIVIL
Institución donde labora:	UNAP
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años () Más de 5 años (X)
Experiencia en Investigación Psicométrica: (si corresponde)	Trabajo(s) psicométricos realizados Título del estudio realizado.

2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

3. Datos de la escala (Colocar nombre de la escala, cuestionario o inventario)

Nombre de la Prueba:	
Autora:	
Procedencia:	
Administración:	
Tiempo de aplicación:	
Ámbito de aplicación:	
Significación:	Explicar Cómo está compuesta la escala (dimensiones, áreas, ítems por área, explicación breve de cuál es el objetivo de medición)

4. Soporte teórico

(describir en función al modelo teórico)



M.I. Alex Enrique Espinoza Mamani
MAESTRÍA EN GEOTECNIA Y TRANSPORTES
CIP. 146120



Escala/ÁREA	Subescala (dimensiones)	Definición

5. Presentación de instrucciones para el juez:

A continuación a usted le presento el cuestionario elaborado por en el año De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

Categoría	Calificación	Indicador
	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

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

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


M.I. Alex Enrique Espinoza Mamani
MAESTRÍA EN GEOTECNIA Y TRANSPORTES
CIP. 146120

Dimensiones del instrumento:

- Primera dimensión: (Colocar el nombre de la dimensión)



•Objetivos de la Dimensión: (describa lo que mide el instrumento).

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Porcentajes					Dosificación
Forma, densidad y granulometría					Caracterización

- Segunda dimensión: (Colocar el nombre de la dimensión)
- Objetivos de la Dimensión: (describa lo que mide el instrumento).

INDICADORES	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
granulometría Límites de consistencia					Propiedades físicas
CBR, peso unitario					Propiedades mecánicas
PH Y Sales solubles					Propiedades químicas


M.I. Alex Enrique Espinoza Mamani
MAESTRÍA EN GEOTECNIA Y TRANSPORTES
CIP.146120

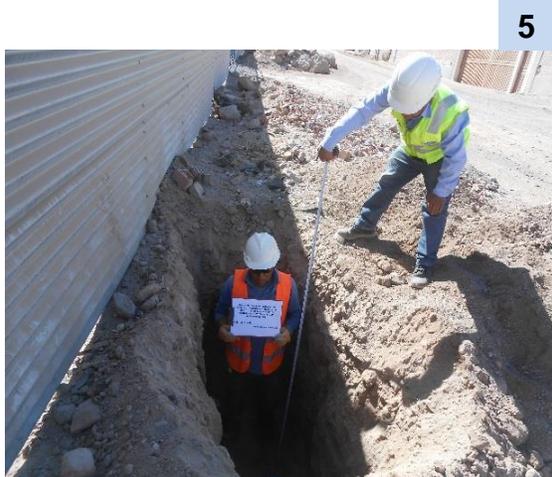
Pd.: el presente formato debe tomar en cuenta:

Williams y Webb (1994) así como Powell (2003), mencionan que no existe un consenso respecto al número de expertos a emplear. Por otra parte, el número de jueces que se debe emplear en un juicio depende del nivel de experticia y de la diversidad del conocimiento. Así, mientras Gable y Wolf (1993), Grant y Davis (1997), y Lynn (1986) (citados en McGartland et al. 2003) sugieren un rango de 2 hasta 20 expertos, Hyrkäs et al. (2003) manifiestan que 10 expertos brindarán una estimación confiable de la validez de contenido de un instrumento (cantidad mínimamente recomendable para construcciones de nuevos instrumentos). Si un 80 % de los expertos han estado de acuerdo con la validez de un ítem éste puede ser incorporado al instrumento (Voutilainen & Liukkonen, 1995, citados en Hyrkäs et al. (2003).

Ver : <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.pdf> entre otra bibliografía.

ANEXO 04:
PANEL FOTOGRÁFICO

Panel fotográfico: calicata C-1



- En la imagen 1 y 3 se visualiza extracción de la muestra de C1-E1
- En la imagen 2 se visualiza extracción de la muestra de C1-E2
- En la imagen 5 se verifica la altura de excavación de 1.50
- En la imagen 4 se anota las coordenadas de ubicación y luego se procede al tapado

Panel fotográfico: calicata C-2



- En la imagen 1 y 3 se verifica las alturas de la excavación de calicata C2
- En la imagen 2 Y 5 se visualiza el proceso de excavación manual de la calicata C2-E1
- En la imagen 4 se anota las coordenadas de ubicación y luego se procede al tapado

Panel fotográfico: calicata C-3



- En la imagen 1 se visualiza calicata ya excavada C3
- En la imagen 2 y 4 se visualiza extracción de la muestra de C1-E1, C1-E2
- En la imagen 3 se verifica la altura de excavación de 1.50
- En la imagen 5 se anota las coordenadas de ubicación y luego se procede al tapado

Panel fotográfico: cantera San Lorenzo para la extracción de geopolímero puzolánico natural



- En la imagen 1 y 3 se visualiza la instalación de la zaranda
- En la imagen 2 zarandeo del material con cargador frontal
- En la imagen 4 se verifica la extracción de material de geopolímero
- En la imagen 5 se visualiza el acceso hacia cantera donde se extrae el material estabilizante

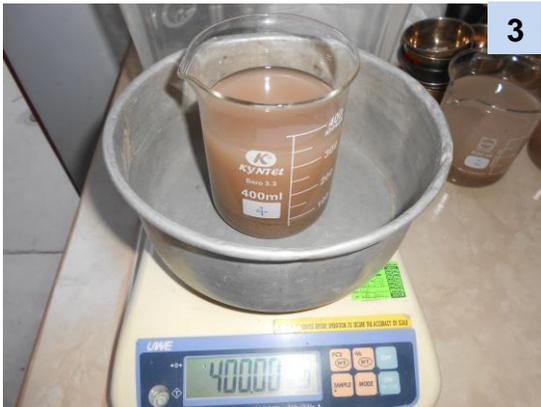
Panel fotográfico: ensayos de laboratorio



- En la imagen 1 y 3 se visualiza el tamizado de arcilla para realizar la gráfica de granulometría
- En la imagen 2 se realiza el pesado de la arcilla para mezclado con geopolímero puzolánico natural



- En la imagen 1 pesado de GPM para la preparación de la mezcla
- En la imagen 2 y 3 tamizado del material de geopolímero puzolánico natural
- En la imagen 4 se visualiza el lavado del material por la malla 200



- En la imagen 1 ,2 y 3 se visualiza ensayo de sales solubles
- En la imagen 2 zarandeo del material con cargador frontal
- En la imagen 4 Y 6 equipos para el ensayo del Proctor
- En la imagen 5 y 7 se visualiza el ensayo de ph con el instrumento

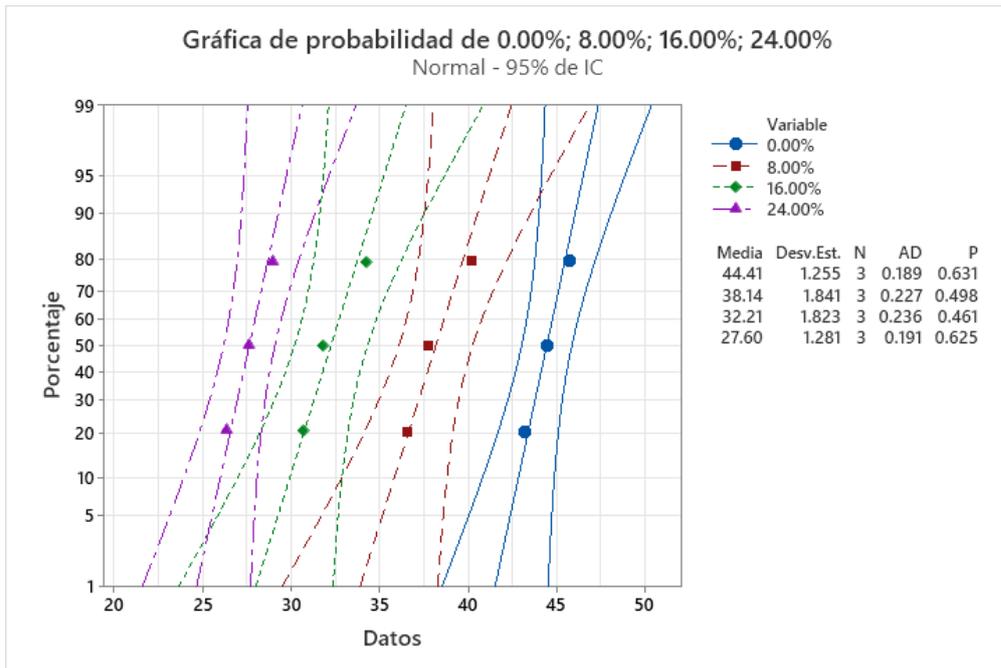


- En la imagen 1 se visualiza el horno para secado de muestras
- En la imagen 2 y 3 se visualiza el equipo de ensayo de penetración para determinar CBR

ANEXO 05:
REPORTE DE DATOS SPSS

LÍMITE LÍQUIDO

Gráfica de probabilidad de 0.00%; 8.00%; 16.00%; 24.00%



Prueba de igualdad de varianzas: 0.00%; 8.00%; 16.00%; 24.00%

Método

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

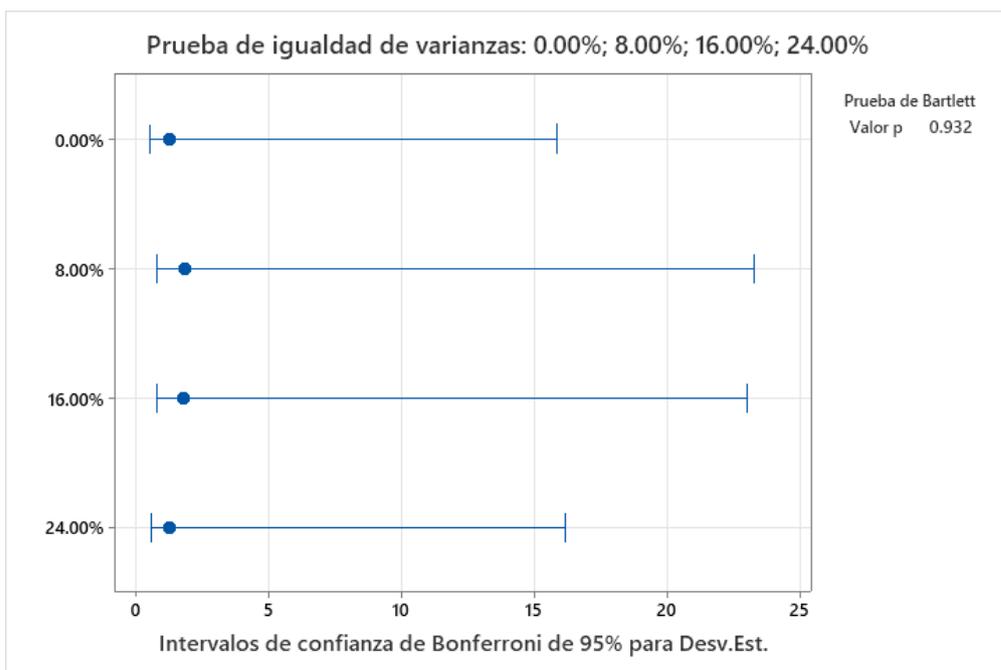
Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Muestra	N	Desv.Est.	IC
0.00%	3	1.25500	(0.557081; 15.8498)
8.00%	3	1.84072	(0.817074; 23.2470)
16.00%	3	1.82343	(0.809401; 23.0287)
24.00%	3	1.28064	(0.568461; 16.1736)

Nivel de confianza individual = 98.75%

Pruebas Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	0.44	0.932



ANOVA de un solo factor: 0.00%; 8.00%; 16.00%; 24.00%

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Factor	4 0.00%; 8.00%; 16.00%; 24.00%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	478.52	159.507	64.26	0.000
Error	8	19.86	2.482		
Total	11	498.38			

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
1.57545	96.02%	94.52%	91.04%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0.00%	3	44.405	1.255	(42.307; 46.503)
8.00%	3	38.14	1.84	(36.04; 40.23)
16.00%	3	32.21	1.82	(30.11; 34.31)
24.00%	3	27.597	1.281	(25.499; 29.694)

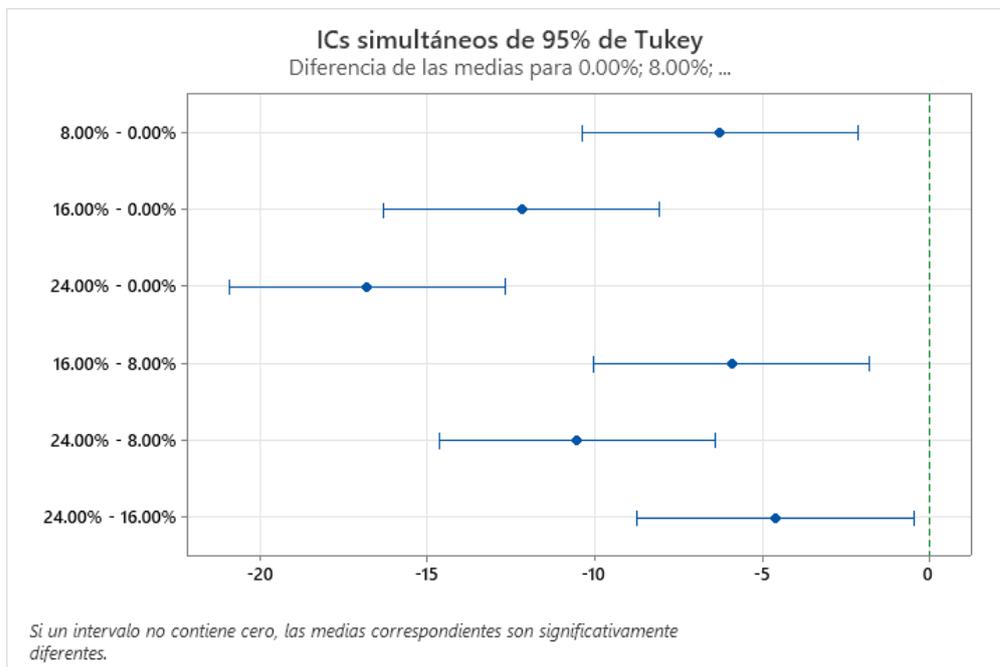
Desv.Est. agrupada = 1.57545

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

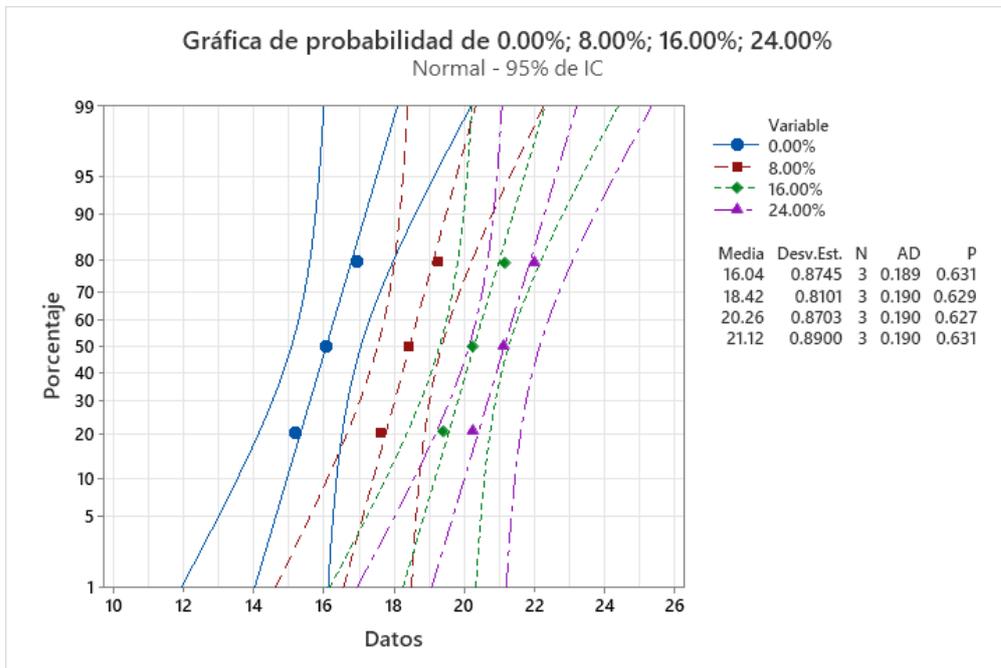
Factor	N	Media	Agrupación
0.00%	3	44.405	A
8.00%	3	38.14	B
16.00%	3	32.21	C
24.00%	3	27.597	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



LÍMITE PLÁSTICO

Gráfica de probabilidad de 0.00%; 8.00%; 16.00%; 24.00%



Prueba de igualdad de varianzas: 0.00%; 8.00%; 16.00%; 24.00%

Método

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

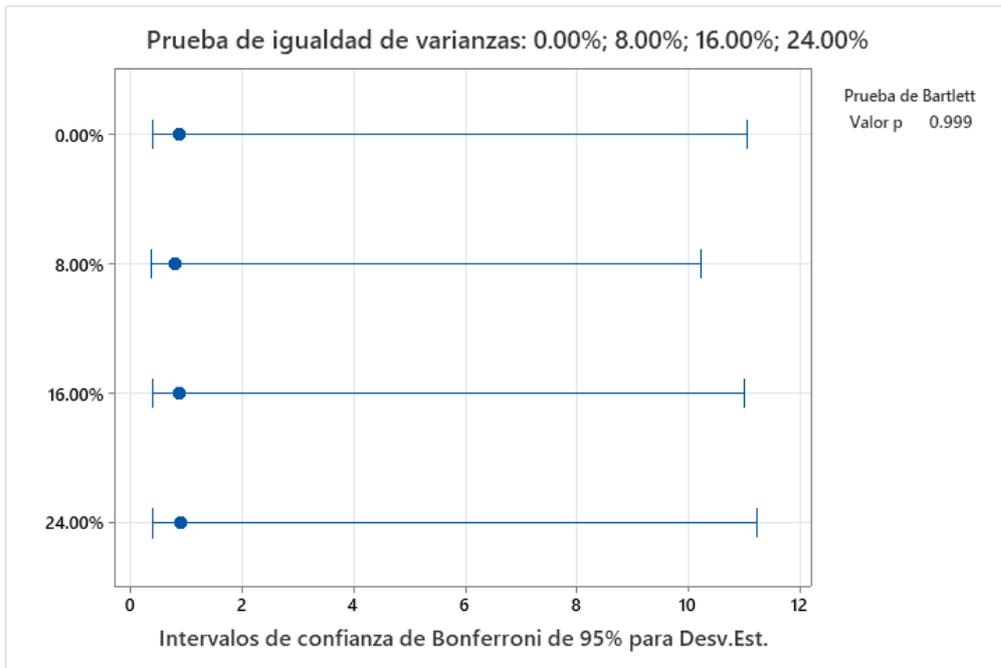
Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Muestra	N	Desv.Est.	IC
0.00%	3	0.874549	(0.388203; 11.0450)
8.00%	3	0.810103	(0.359596; 10.2310)
16.00%	3	0.870303	(0.386318; 10.9913)
24.00%	3	0.890011	(0.395066; 11.2402)

Nivel de confianza individual = 98.75%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	0.02	0.999



ANOVA de un solo factor: 0.00%; 8.00%; 16.00%; 24.00%

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Factor	4 0.00%; 8.00%; 16.00%; 24.00%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	45.383	15.1277	20.37	0.000
Error	8	5.941	0.7427		
Total	11	51.324			

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.861779	88.42%	84.08%	73.95%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0.00%	3	16.044	0.875	(14.897; 17.191)

8.00%	3	18.423	0.810	(17.275; 19.570)
16.00%	3	20.257	0.870	(19.109; 21.404)
24.00%	3	21.117	0.890	(19.970; 22.265)

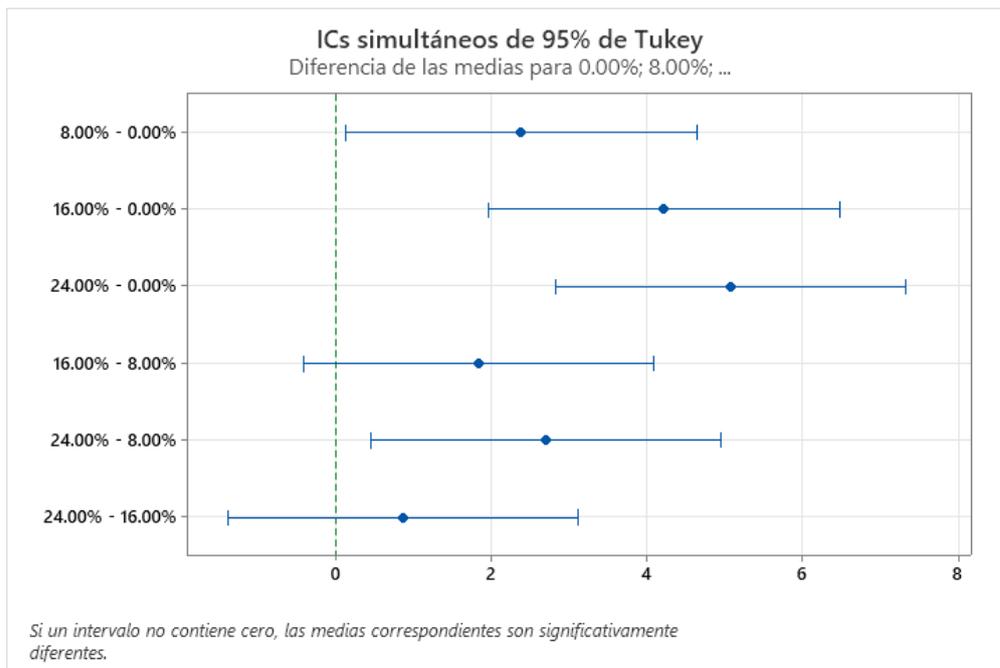
Desv.Est. agrupada = 0.861779

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

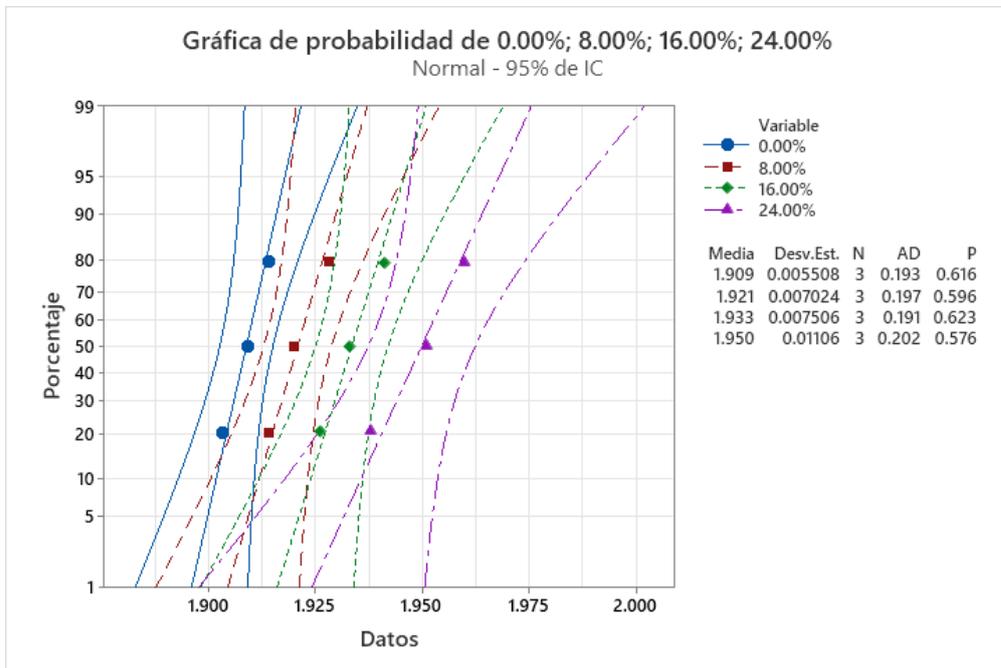
Factor	N	Media	Agrupación
24.00%	3	21.117	A
16.00%	3	20.257	B
8.00%	3	18.423	B
0.00%	3	16.044	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



PRUEBA ESTADÍSTICA DE DESIDAD MÁXIMA SECA

Gráfica de probabilidad de 0.00%; 8.00%; 16.00%; 24.00%



Prueba de igualdad de varianzas: 0.00%; 8.00%; 16.00%; 24.00%

Método

Hipótesis nula: Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna: Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

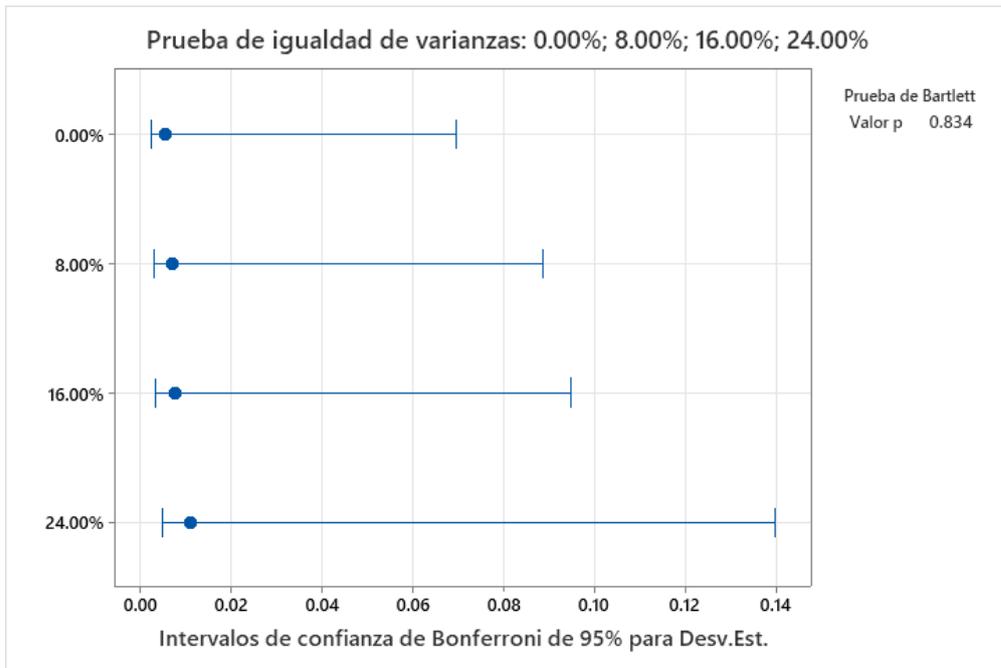
Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Muestra	N	Desv.Est.	IC
0.00%	3	0.0055076	(0.0024448; 0.069557)
8.00%	3	0.0070238	(0.0031178; 0.088705)
16.00%	3	0.0075056	(0.0033316; 0.094790)
24.00%	3	0.0110604	(0.0049096; 0.139686)

Nivel de confianza individual = 98.75%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	0.87	0.834



ANOVA de un solo factor: 0.00%; 8.00%; 16.00%; 24.00%

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Factor	4 0.00%; 8.00%; 16.00%; 24.00%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0.002776	0.000925	14.33	0.001
Error	8	0.000517	0.000065		
Total	11	0.003293			

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.0080364	84.31%	78.43%	64.70%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0.00%	3	1.90867	0.00551	(1.89797; 1.91937)
8.00%	3	1.92067	0.00702	(1.90997; 1.93137)
16.00%	3	1.93333	0.00751	(1.92263; 1.94403)

24.00% 3 1.94967 0.01106 (1.93897; 1.96037)

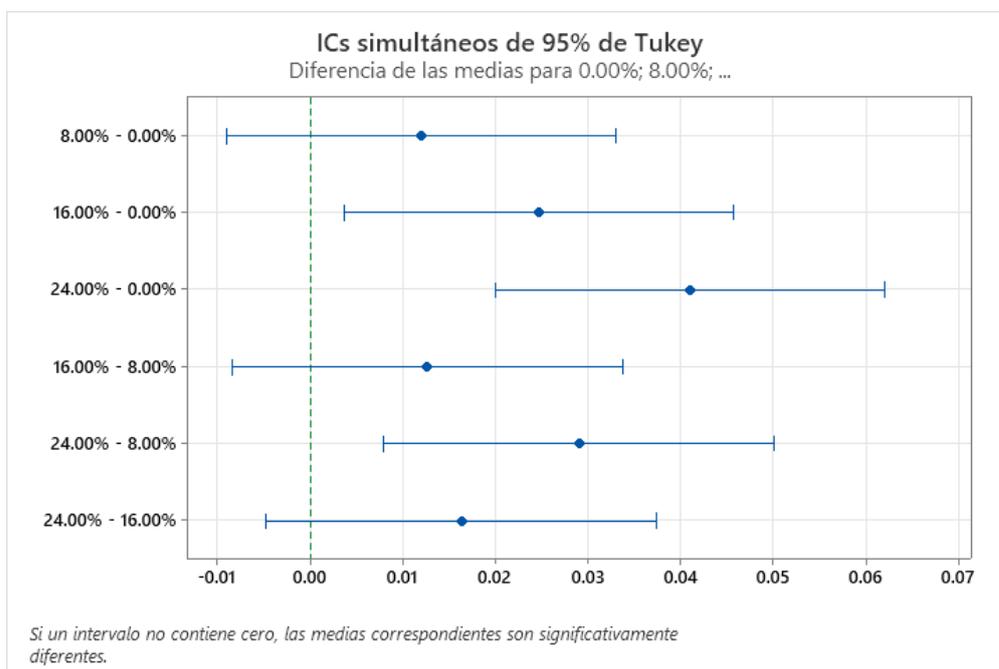
Desv.Est. agrupada = 0.00803638

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
24.00%	3	1.94967	A
16.00%	3	1.93333	A B
8.00%	3	1.92067	B C
0.00%	3	1.90867	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



ANEXO 06-(1)

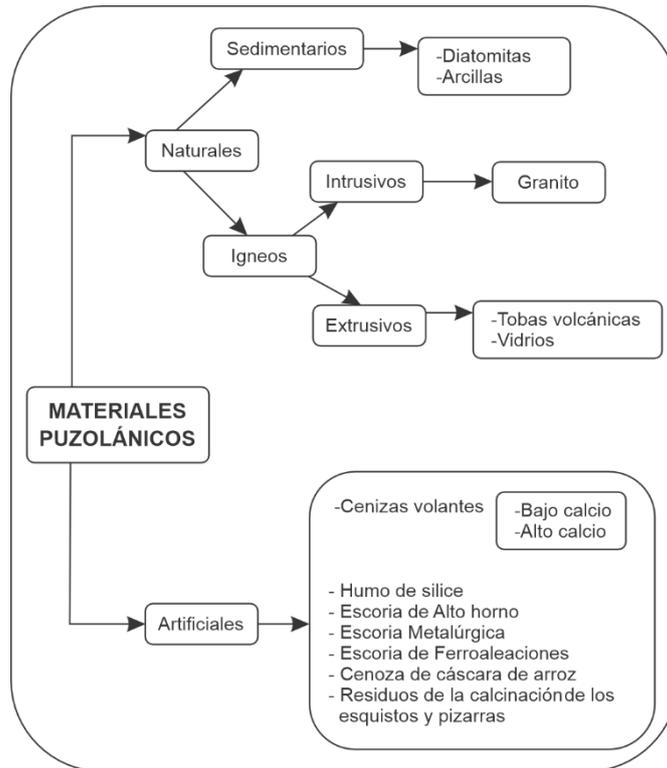


Figura 1 Clasificación de materiales puzolánicos

Fuente: Juárez. B. (2012)

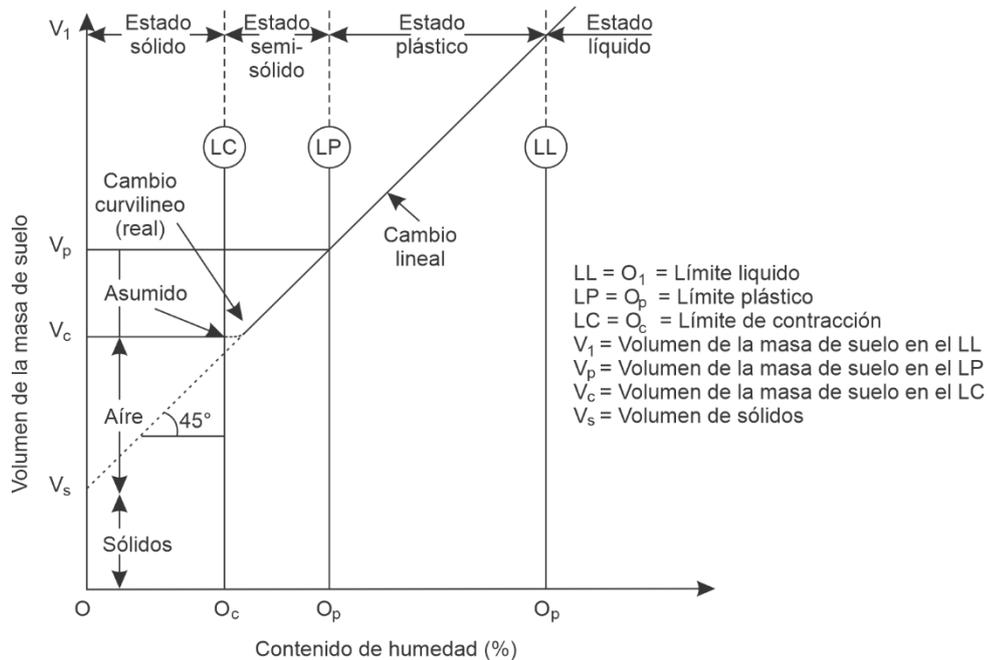


Figura 2 Volumen de la masa de suelo / contenido de humedad

ANEXO 06:
INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS Y
CERTIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO



ARVU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

APV C. VIZCARRA VARGAS CALLE JERUSALÉN A-15, C.P. CHEN CHEN

CELULAR N° 953965527

PROYECTO : Aplicación de Geopolímero Puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua

ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.

Fecha: 23 de setiembre del 2023

UBICACIÓN : Distrito de San Antonio
TESISTA : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

Coordenadas UTM	
Este	291795.69 m
Sur	8096148.29 m

CALICATA : C-01

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PROFUNDIDAD	SIMBOLO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
00 cm	SP-SM		<p>Conformado por arena pobremente gradada con limo y grava, con 1.30% de humedad, de color beige y presenta una densidad suelta</p> <p>Material de origen aluvial</p> <p>A la profundidad máxima de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la continuidad del estrato.</p>
10 cm			
20 cm			
30 cm			
40 cm			
50 cm			
60 cm			
70 cm			
80 cm			
90 cm			
100 cm			
110 cm			
120 cm			
130 cm			
140 cm			
150 cm			
170 cm			
180 cm			
190 cm			
200 cm			
: cm			
: cm			



OBSERVACIÓN:

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
APV C. VIZCARRA VARGAS CALLE JERUSALÉN A-15, C.P. CHEN CHEN
 CELULAR N° 953965527

PROYECTO : Aplicación de Geopolímero Puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua

UBICACIÓN : Distrito de San Antonio

TESISTA : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

CALICATA : C-02

ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.
 Fecha: 23 de setiembre del 2023

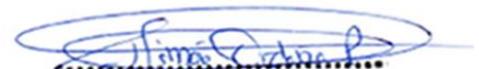
Coordenadas UTM	
Este	291952.50 m
Sur	8096130.34 m

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PROFUNDIDAD	SIMBOLO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
00 cm	CL	[Vertical Green Lines]	<p>Conformado por arcilla arenosa, con 6.37% de humedad, de color rojizo y presenta una compacidad muy alta.</p> <p>Material de origen lodolítico, localmente denominado "moro moro"</p> <p>A la profundidad máxima de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la continuidad del estrato.</p>
10 cm			
20 cm			
30 cm			
40 cm			
50 cm			
60 cm			
70 cm			
80 cm			
90 cm			
100 cm			
110 cm			
120 cm			
130 cm			
140 cm			
150 cm			
160 cm			
170 cm			
180 cm			
190 cm			
200 cm			
: cm			



OBSERVACIÓN:


Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



PROYECTO : Aplicación de Geopolímero Puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua

UBICACIÓN : Distrito de San Antonio

TESISTA : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

CALICATA : C-03

ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.
 Fecha: 23 de setiembre del 2023

Coordenadas UTM	
Este	292080.12 m
Sur	8096113.06 m

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PROFUNDIDAD	SIMBOLO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
00 cm			
10 cm	CL		Conformado por arcilla arenosa, con 4.07% de humedad, de color rojizo, observándose bloques de material lodolítico; relleno artificial no controlado y presenta una densidad muy suelta.
20 cm			
30 cm			Material de origen lodolítico, localmente denominado "moro moro"
40 cm			
50 cm			
60 cm			
70 cm			
80 cm			SC
90 cm	Material de origen aluvial		
100 cm	A la profundidad máxima de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la continuidad del estrato.		
110 cm			
120 cm			
130 cm			
140 cm			
150 cm			
160 cm			
170 cm			
180 cm			
190 cm			
200 cm			
: cm			

OBSERVACIÓN:

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333

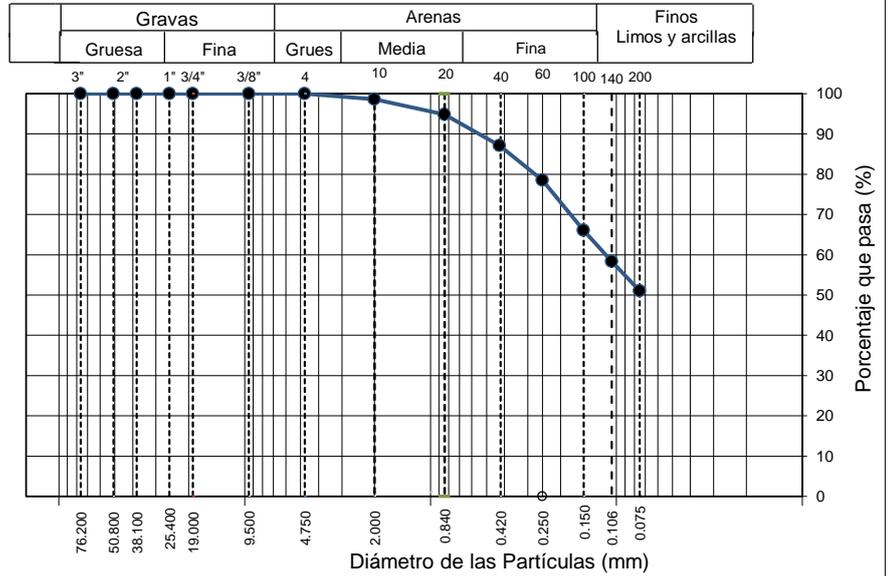


Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua
 Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación : Distrito de San Antonio
 Muestra : Sub rasante arcilla arenosa+16% geopolímero puzolánico natural

Registro N°: ARYU-SUCS-2023
 ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.
 Fecha: 02 de octubre del 2023

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS, ASTM D2487-17

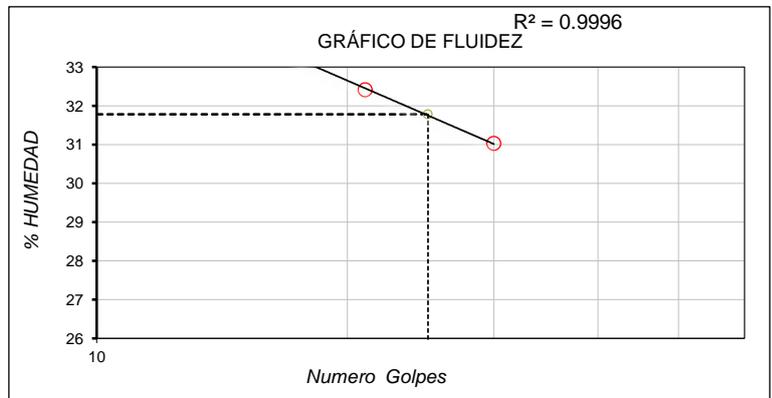
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	CUADRO 11.2 GRADACIÓN F
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	100.0	
N° 4	4.750	100.0	
N° 10	2.000	98.6	
N° 20	0.840	94.9	
N° 40	0.425	87.1	
N° 60	0.250	78.5	
N° 100	0.150	66.1	
N° 140	0.106	58.3	
N° 200	0.075	51.0	



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.9
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUÍDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	CL arcilla arenosa de baja plasticidad, de color rojizo a beige, aparentemente seco al estado natural.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	31.78
LÍMITE PLÁSTICO	20.23
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11.55
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.6
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.6
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-4 (2)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla arenosa de baja plasticidad

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	49.0
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	51.0

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333

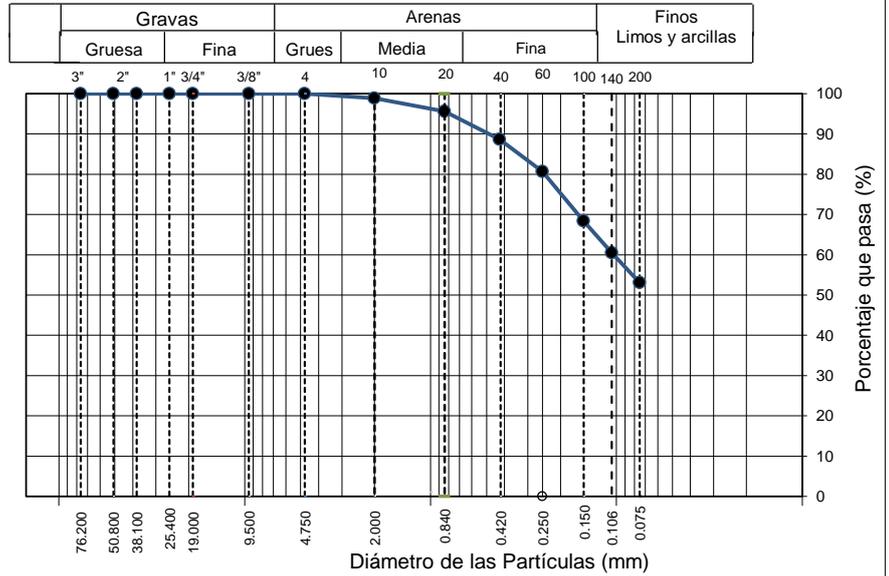


Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua
 Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación : Distrito de San Antonio
 Muestra : Sub rasante arcilla arenosa+8% geopolímero puzolánico natural

Registro N°: ARYU-SUCS-2023
 ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.
 Fecha: 02 de octubre del 2023

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS, ASTM D2487-17

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	Especificación
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	100.0	
N° 4	4.750	100.0	
N° 10	2.000	98.9	
N° 20	0.840	95.6	
N° 40	0.425	88.6	
N° 60	0.250	80.7	
N° 100	0.150	68.4	
N° 140	0.106	60.5	
N° 200	0.075	53.0	

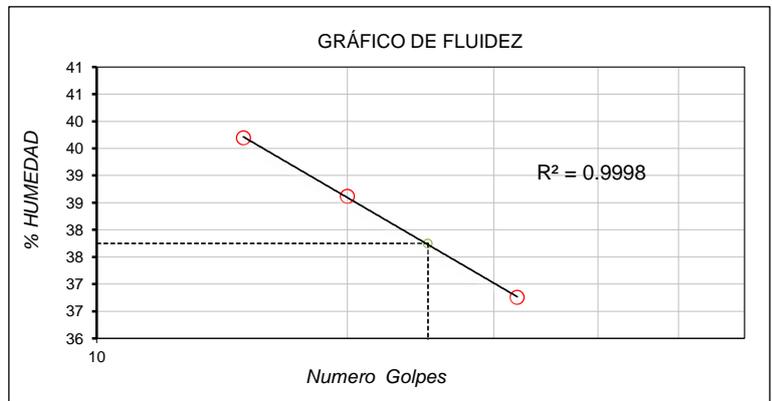


CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.5
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUÍDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	CL arcilla arenosa de baja plasticidad, de color rojizo a beige, aparentemente seco al estado natural.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	37.75
LÍMITE PLÁSTICO	18.41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	19.34
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.9
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.9
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	47.0
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	53.0

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (3)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla arenosa de baja plasticidad

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333

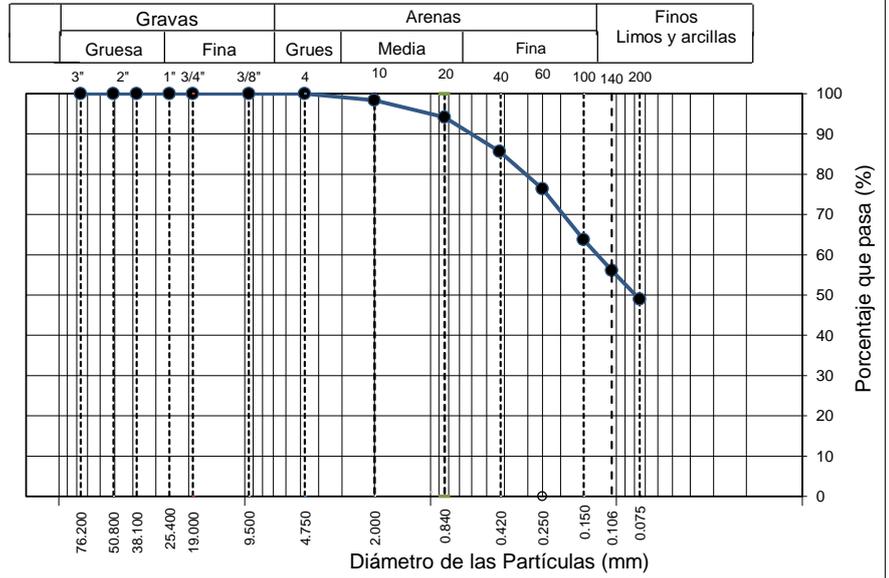


Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua
 Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación : Distrito de San Antonio
 Muestra : Sub rasante arcilla arenosa+24% geopolímero puzolánico natural

Registro N°: ARYU-SUCS-2023
 ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.
 Fecha: 02 de octubre del 2023

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS, ASTM D2487-17

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	CUADRO 11.2 GRADACIÓN F
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	100.0	
N° 4	4.750	100.0	
N° 10	2.000	98.4	
N° 20	0.840	94.2	
N° 40	0.425	85.6	
N° 60	0.250	76.3	
N° 100	0.150	63.8	
N° 140	0.106	56.1	
N° 200	0.075	48.9	

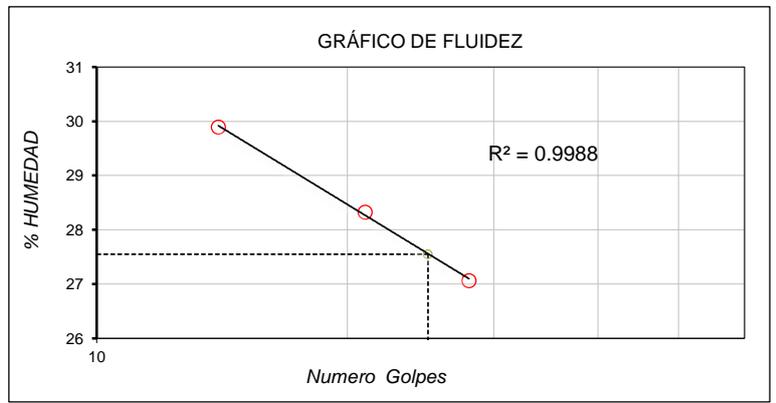


CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.9
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SC-SM arena limo arcillosa, de color beige, aparentemente seco al estado natural.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	27.55
LÍMITE PLÁSTICO	21.11
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	6.44
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	4.0
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-3.0
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	51.1
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	48.9

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SC - SM
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-4 (2)
NOMBRE DEL GRUPO	Arena limo arcillosa



ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
APV CESAR VIZCARRA VARGAS A-15 C.P. CHEN CHEN
RUC: 20532797081

PROYECTO : Aplicación de Geopolímero Puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua

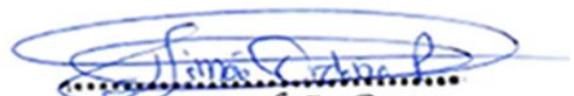
ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.
Fecha: 02 de octubre del 2023

UBICACIÓN : Distrito de San Antonio
Tesisista Bach. Ing. Abraham Antonio Ventura Ventura

MEZCLA GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE SUBRASANTE (ARCILLA ARENOSA) C-02 E-01, C-03 E-01

TAMIZ	CALICATA C-02, E-01	CALICATA C-03, E-01	MATERIAL DE SUB RASANTE ARCILLA ARENOSA PROMEDIO (C-02 E-01, C-03 E-01)
	% QUE PASA	% QUE PASA	% QUE PASA
11/2"	100.00	100.00	100.0
1"	100.00	100.00	100.0
3/4"	100.00	100.00	100.0
1/2"	100.0	100.00	100.0
3/8"	100.0	100.00	100.0
N° 4	100.0	100.00	100.0
N° 10	99.3	99.01	99.2
N° 20	96.4	96.19	96.3
N° 40	91.1	89.15	90.1
N° 60	84.3	81.57	82.9
N° 100	70.4	71.13	70.8
N° 140	65.3	60.12	62.7
N° 200	55.6	54.75	55.2

Límite líquido	45.66	43.15	44.4
Límite plástico	16.92	15.17	16.0
Índice plástico	28.74	27.98	28.4


Simón Ordoño Pauro
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 64333



ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
APV CESAR VIZCARRA VARGAS A-15 C.P. CHEN CHEN
RUC: 20532797081

PROYECTO : Aplicación de Geopolímero Puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua

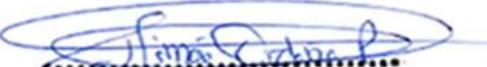
ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.
 Fecha: 02 de octubre del 2023

UBICACIÓN : Distrito de San Antonio
 Tesista Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

MEZCLA GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE SUBRASANTE ARCILLA ARENOSA (CL) Y GEOPOLÍMERO PUZOLÁNICO NATURAL

TAMIZ	MATERIAL DE SUB RASANTE ARCILLO ARENOSO (CL) (100%)	GEOPOLÍMERO PUZOLÁNICO NATURAL (100%)	MEZCLA (92% SUB RASANTE ARCILLOSO CL+8% GEOPOLÍMERO PUZOLÁNICO NATURAL		MEZCLA (84% SUB RASANTE ARCILLOSO CL+16% GEOPOLÍMERO PUZOLÁNICO NATURAL		MEZCLA (76% SUB RASANTE ARCILLOSO CL+24% GEOPOLÍMERO PUZOLÁNICO NATURAL	
	% QUE PASA	% QUE PASA	% Retenido	% que Pasa	% Retenido	% QUE PASA	% Retenido	% QUE PASA
Peso total de muestra								
Peso de muestra Parcial								
11/2"	100.0	100.0		100.0		100.0		100.0
1"	100.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
3/4"	100.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
1/2"	100.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
3/8"	100.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
N° 4	100.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
N° 10	99.2	95.9	1.1	98.9	1.4	98.6	1.6	98.4
N° 20	96.3	87.4	3.3	95.6	3.8	94.9	4.2	94.2
N° 40	90.1	71.5	7.0	88.6	7.7	87.1	8.5	85.6
N° 60	82.9	55.5	7.9	80.7	8.6	78.5	9.3	76.3
N° 100	70.8	41.6	12.3	68.4	12.4	66.1	12.6	63.8
N° 140	62.7	35.2	7.9	60.5	7.8	58.3	7.7	56.1
N° 200	55.2	27.3	7.6	52.9	7.6	50.7	7.6	48.5

DESCRIPCIÓN	MATERIAL DE SUB RASANTE ARCILLA ARENOSA (CL)	GEOPOLÍMERO PUZOLÁNICO NATURAL
Límite Líquido (%)	44.41	17.77
Límite Plástico (%)	16.04	17.32
Índice Plástico (%)	28.36	0.45


Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua
Tesis : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio
Material : Subrasante mejorada con 8% de geopolimero puzolanico natural

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
Fecha de ensayo: 02/10/2023

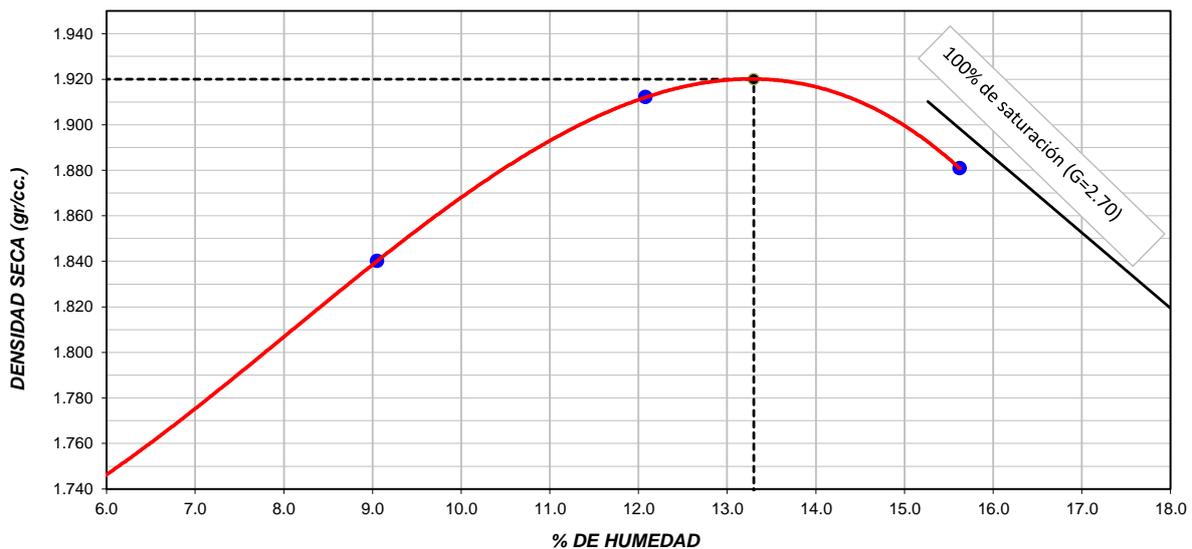
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883

Volumen Molde 2119 cm³
Peso Molde 6477 gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.846	2.007	2.143	2.175	
Contenido de agua	%	5.9	9.0	12.1	15.6	
Densidad Seca	gr/cc	1.743	1.840	1.912	1.881	

Densidad Máxima Seca: 1.920 gr/cm³ **Contenido Humedad Optima:** 13.30 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU EIRL

Simón Ordoño Pauro
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 64333



Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera
 Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 02/10/2023

Marón-San Antonio-Moquegua

Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio

Material : Subrasante mejorada con 8% de geopolimero puzolanico natural

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
 ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	4		5		6	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,430	12,549	12,239	12,375	12,056	12,245
Peso molde (gr.)	7,811	7,811	7,790	7,790	7,840	7,840
Peso suelo compactado (gr.)	4,619	4,738	4,449	4,585	4,216	4,405
Volumen del molde (cm ³)	2,123.1	2,123.1	2,126.2	2,126.2	2,120.2	2,120.2
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.176	2.232	2.092	2.156	1.988	2.078
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.921	1.922	1.847	1.842	1.755	1.759

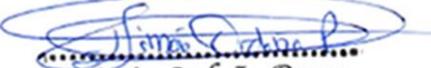
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	977.7	969.9	971.5	964.6	949.5	970.1
Tara + suelo seco (gr.)	863.3	835.5	857.4	824.0	837.9	821.1
Peso de agua (gr.)	114.4	134.4	114.1	140.6	111.6	149.0
Peso de suelo seco (gr.)	863.3	835.5	857.4	824.0	837.9	821.1
Humedad (%)	13.25	16.09	13.31	17.06	13.32	18.15

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
21-Set	14°00'00"	0	180	0.00	0.00						
22-Set	14°00'00"	24	315	3.43	2.94						
23-Set	14°00'00"	48	318	3.51	3.01						
24-Set	14°00'00"	72	320	3.56	3.05						

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 4				Molde N° 5				Molde N° 6			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		47	2.4			29	1.5			13	0.7		
0.050		91	4.7			53	2.7			25	1.3		
0.075		134	7.0			80	4.2			37	1.9		
0.100	70.307	177	9.2	9.3	13.2	92	4.8	5.0	7.1	49	2.5	2.6	3.7
0.150		252	13.1			143	7.5			76	4.0		
0.200	105.460	312	16.2	16.3	15.5	191	9.9	9.7	9.2	104	5.4	5.5	5.2
0.300		410	21.3			238	12.4			139	7.2		
0.400		465	24.2			273	14.2			159	8.3		
0.500													

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU EIRL


Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



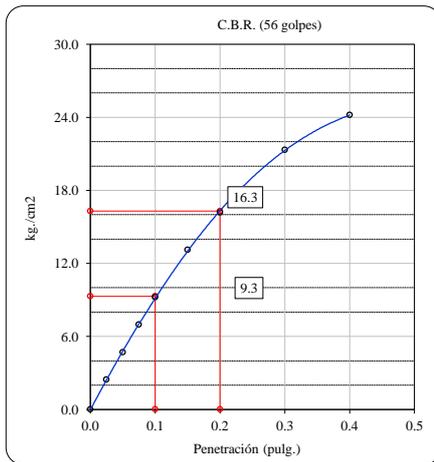
Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera : Marón-San Antonio-Moquegua
 Testista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio
 Material : Subrasante mejorada con 8% de geopolimero puzolanico natural

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 02/10/2023

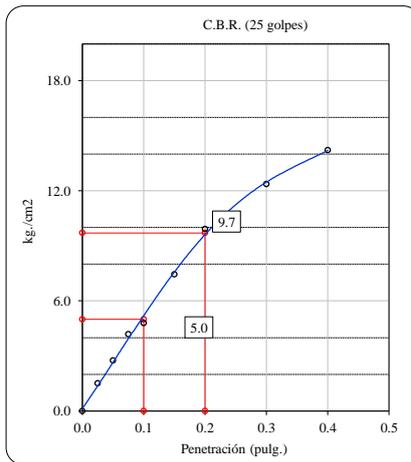
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
 ASTM D1883**

Datos de muestra

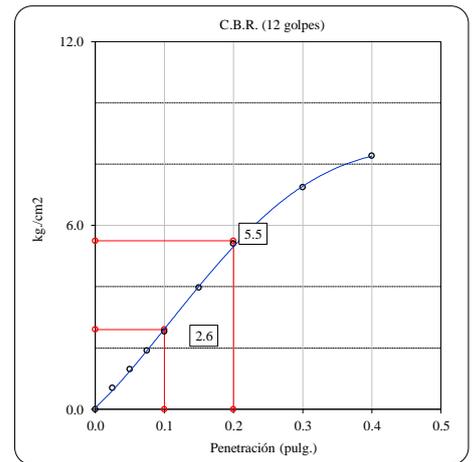
Máxima Densidad Seca 1.920 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad 13.30 %
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.824 gr./cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 13.2 %

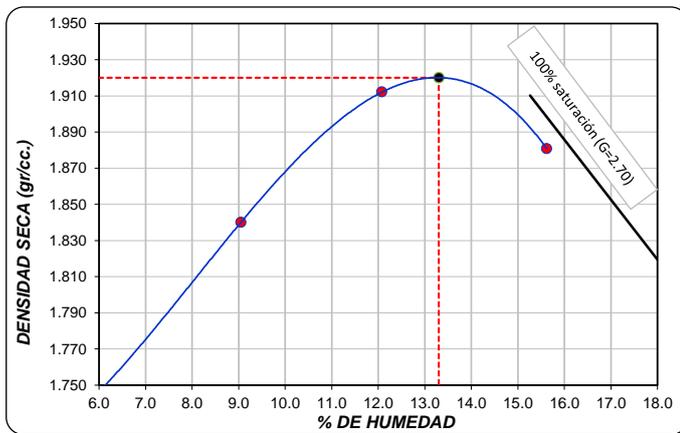


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 7.1 %



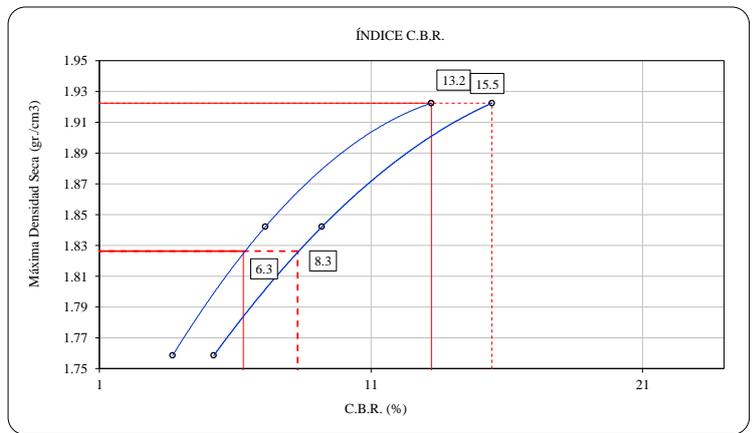
C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 3.7 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 13.2 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 6.3 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 15.5 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 8.3 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU EIRL

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. Nº 64333



Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua

Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio

Material : Subrasante mejorada con 16% de geopolimero puzolanico natural

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 02/10/2023

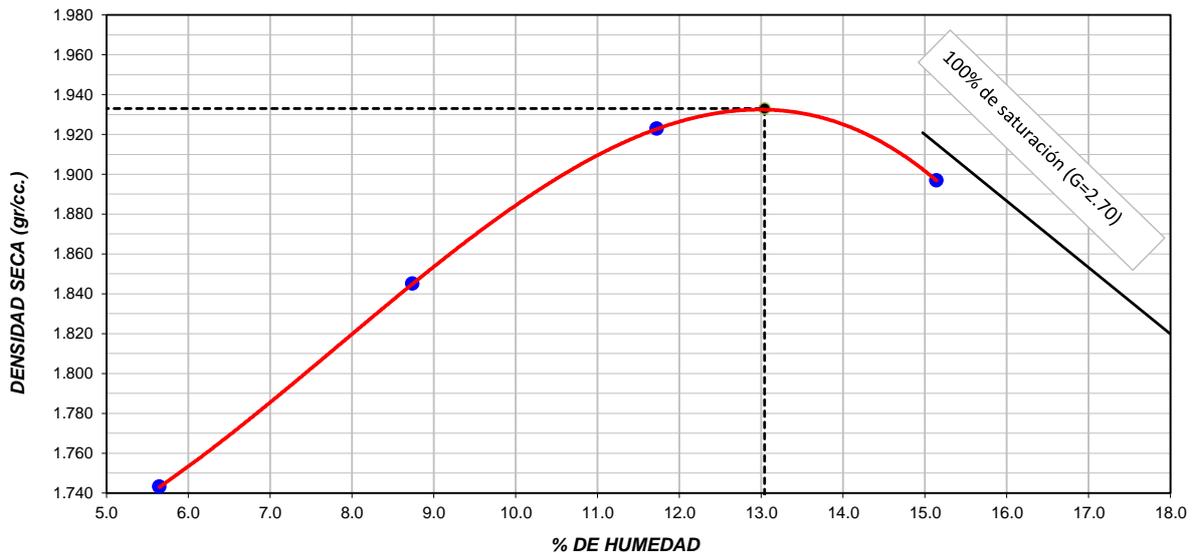
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883

Volumen Molde 2119 cm³
 Peso Molde 6477 gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.841	2.006	2.148	2.184
Contenido de agua	%	5.6	8.7	11.7	15.1
Densidad Seca	gr/cc	1.743	1.845	1.923	1.897

Densidad Máxima Seca: 1.933 gr/cm³ **Contenido Humedad Optima:** 13.04 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU EIRL

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera
 Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 02/10/2023

Marón-San Antonio-Moquegua

Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio

Material : Subrasante mejorada con 16% de geopolimero puzolanico natural

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
 ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	7		8		9	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,549	12,664	12,278	12,429	12,040	12,219
Peso molde (gr.)	7,911	7,911	7,841	7,841	7,792	7,792
Peso suelo compactado (gr.)	4,638	4,753	4,437	4,588	4,248	4,427
Volumen del molde (cm ³)	2,119.4	2,119.4	2,118.3	2,118.3	2,124.2	2,124.2
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.188	2.243	2.095	2.166	2.000	2.084
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.935	1.934	1.852	1.853	1.769	1.766

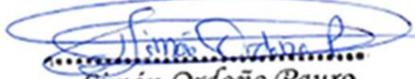
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	980.5	968.3	988.4	971.1	964.6	983.1
Tara + suelo seco (gr.)	867.2	835.1	874.0	830.8	853.1	833.2
Peso de agua (gr.)	113.3	133.2	114.4	140.3	111.5	149.9
Peso de suelo seco (gr.)	867.2	835.1	874.0	830.8	853.1	833.2
Humedad (%)	13.07	15.95	13.09	16.89	13.07	17.99

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
21-Set	16°00'00"	0	177	0.00	0.00						
22-Set	16°00'00"	24	305	3.25	2.79						
23-Set	16°00'00"	48	312	3.43	2.95						
24-Set	16°00'00"	72	314	3.48	2.99						

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 7				Molde N° 8				Molde N° 9			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		59	3.1			33	1.7			13	0.7		
0.050		102	5.3			61	3.1			29	1.5		
0.075		154	8.0			88	4.6			45	2.3		
0.100	70.307	205	10.7	10.9	15.5	112	5.8	5.9	8.4	53	2.7	2.9	4.1
0.150		280	14.5			163	8.5			88	4.6		
0.200	105.460	343	17.8	18.0	17.1	206	10.7	10.6	10.1	112	5.8	5.8	5.5
0.300		438	22.8			258	13.4			151	7.9		
0.400		493	25.6			293	15.2			171	8.9		
0.500													

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU E.I.R.L.


Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



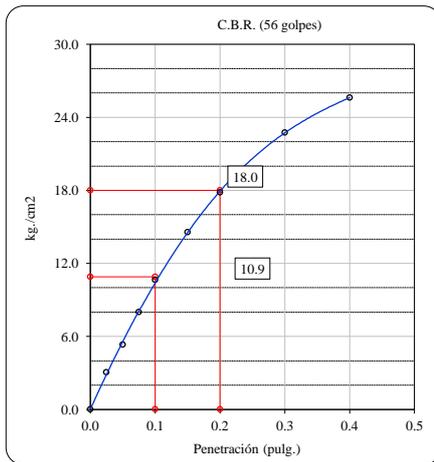
Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera
 : Marón-San Antonio-Moquegua
 Testista : Bach. Ing. Abraham Antonio Ventura Ventura
 Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio
 Material : Subrasante mejorada con 16% de geopolimero puzolanico natural

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 02/10/2023

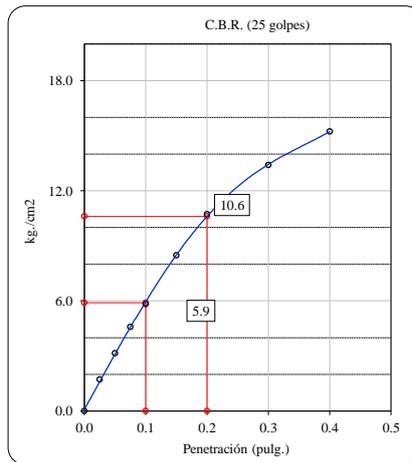
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
 ASTM D1883**

Datos de muestra

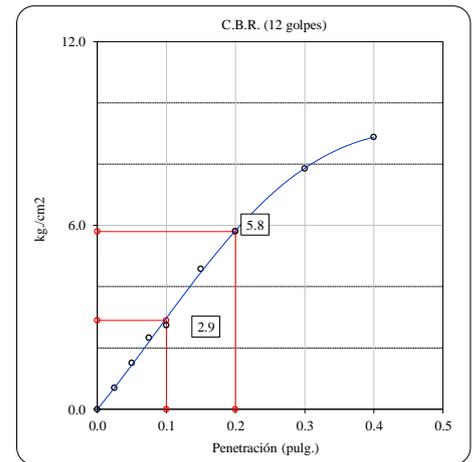
Máxima Densidad Seca 1.933 gr./cm³
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.836 gr./cm³
 Optimo Contenido de Humedad 13.04 %



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 15.5 %

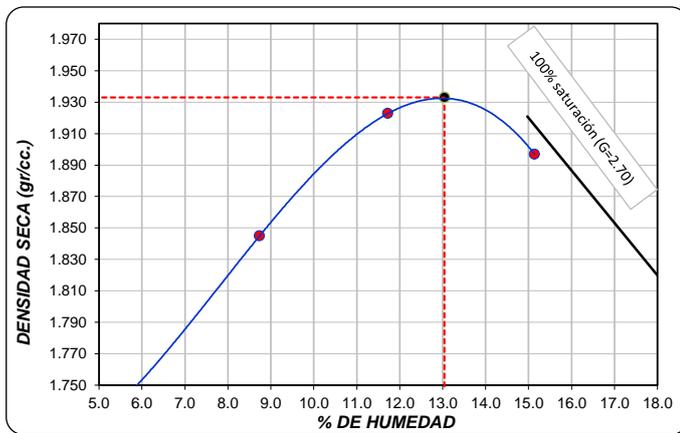


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 8.4 %



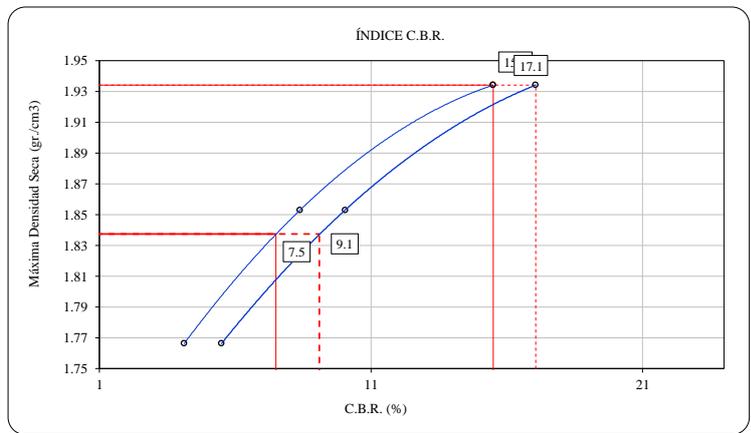
C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 4.1 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 15.5 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 7.5 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 17.1 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 9.1 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU EIRL

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua

Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio

Material : Subrasante mejorada con 24% de geopolímero puzolánico natural

Registro N°: ARYU-CBR-2023
 Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 02/10/2023

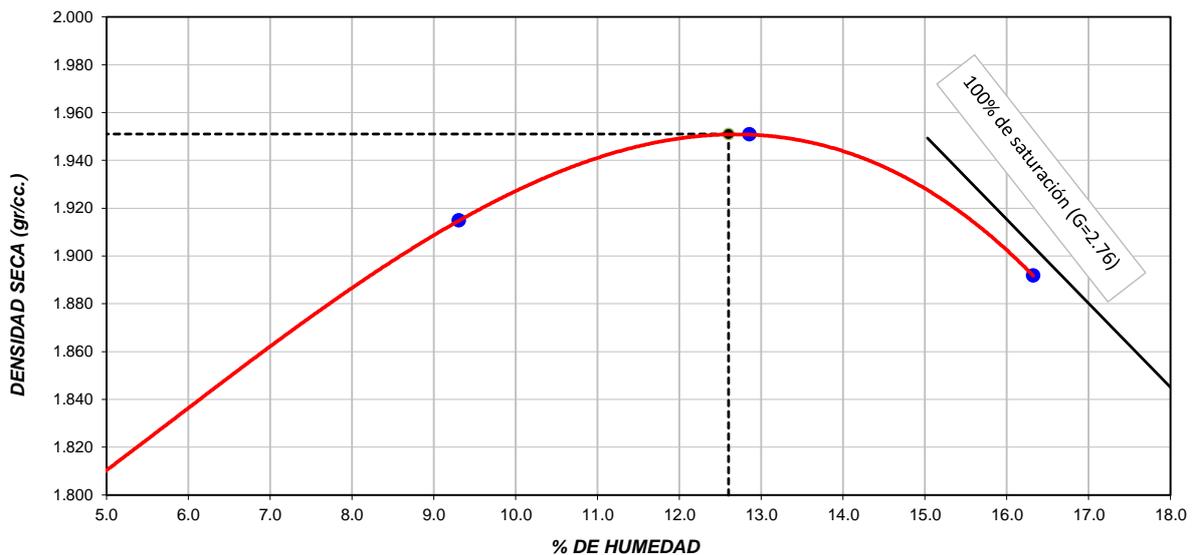
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883

Volumen Molde 2119 cm³
 Peso Molde 6477 gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.898	2.093	2.202	2.201
Contenido de agua	%	4.9	9.3	12.9	16.3
Densidad Seca	gr/cc	1.809	1.915	1.951	1.892

Densidad Máxima Seca: 1.951 gr/cm³ Contenido Humedad Optima: 12.60 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU E.I.R.L.

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera : Marón-San Antonio-Moquegua Registro N°: ARYU-CBR-2023
 Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 02/10/2023

Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio

Material : Subrasante mejorada con 24% de geopolímero puzolánico natural

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
 ASTM D1883**

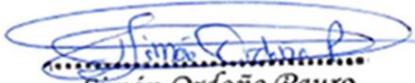
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	4		5		6	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,477	12,508	12,266	12,342	12,100	12,145
Peso molde (gr.)	7,811	7,811	7,790	7,790	7,840	7,840
Peso suelo compactado (gr.)	4,666	4,697	4,476	4,552	4,260	4,305
Volumen del molde (cm ³)	2,123.1	2,123.1	2,126.2	2,126.2	2,120.2	2,120.2
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.198	2.212	2.105	2.141	2.009	2.030
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.952	1.951	1.869	1.871	1.786	1.761

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	989.9	971.1	984.5	966.3	957.5	918.4
Tara + suelo seco (gr.)	879.1	856.3	874.1	844.5	851.0	796.5
Peso de agua (gr.)	110.8	114.8	110.4	121.8	106.5	121.9
Peso de suelo seco (gr.)	879.1	856.3	874.1	844.5	851.0	796.5
Humedad (%)	12.60	13.41	12.63	14.42	12.51	15.30

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
29-Set	16°00'00"	0	196	0.00	0.00						
30-Set	16°00'00"	24	300	2.64	2.27						
1-Oct	16°00'00"	48	310	2.90	2.48						
2-Oct	16°00'00"	72	312	2.95	2.53						

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 4				Molde N° 5				Molde N° 6			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		64	3.3			41	2.1			21	1.1		
0.050		139	7.2			84	4.4			41	2.1		
0.075		202	10.5			127	6.6			60	3.1		
0.100	70.307	273	14.2	14.4	20.5	151	7.8	8.3	11.8	80	4.2	4.0	5.7
0.150		367	19.1			218	11.3			116	6.0		
0.200	105.460	458	23.8	24.0	22.8	273	14.2	14.4	13.7	147	7.6	7.6	7.2
0.300		600	31.2			363	18.9			194	10.1		
0.400		706	36.7			430	22.4			226	11.7		
0.500													

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU E.I.R.L.


Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



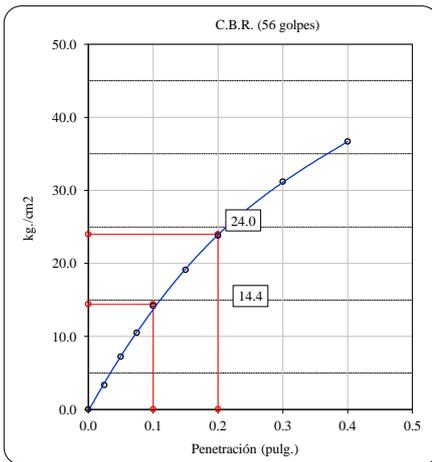
Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera
 : Marón-San Antonio-Moquegua
 Testista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio
 Material : Subrasante mejorada con 24% de geopolímero puzolánico natural

Registro N°: ARYU-CBR-2023
 : Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 : Fecha de ensayo: 02/10/2023

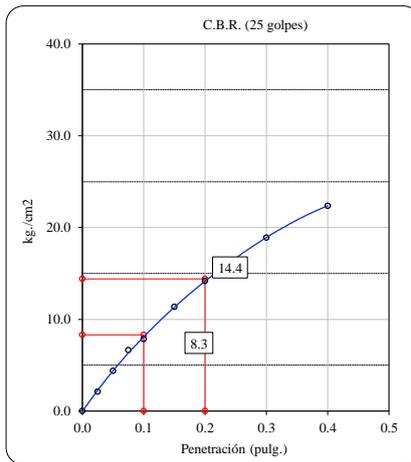
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
 ASTM D1883**

Datos de muestra

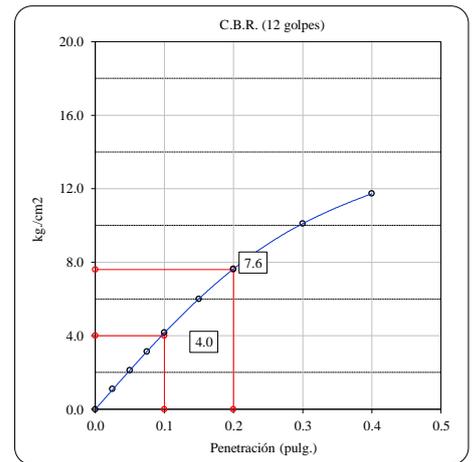
Máxima Densidad Seca 1.951 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad 12.60 %
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.853 gr./cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 20.5 %

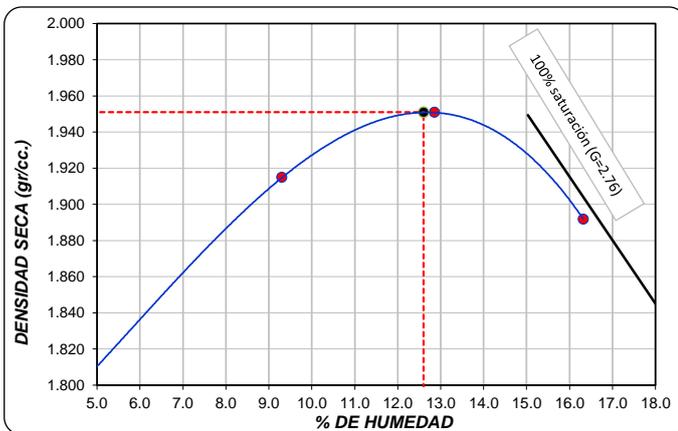


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 11.8 %



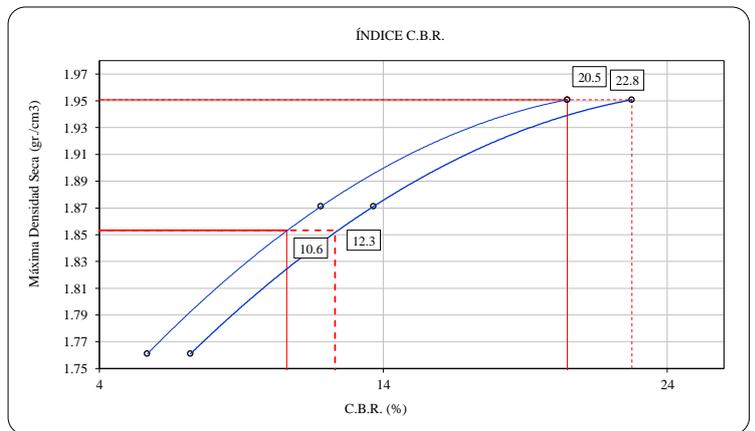
C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 5.7 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 20.5 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 10.6 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 22.8 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 12.3 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU EIRL

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua
Tesisista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio
Material : Sub rasante C-02 E-01

Registro N°: ARYU-CBR-2023
Ing. Responsable: S. Ordoño P.
Fecha de ensayo: 02/10/2023

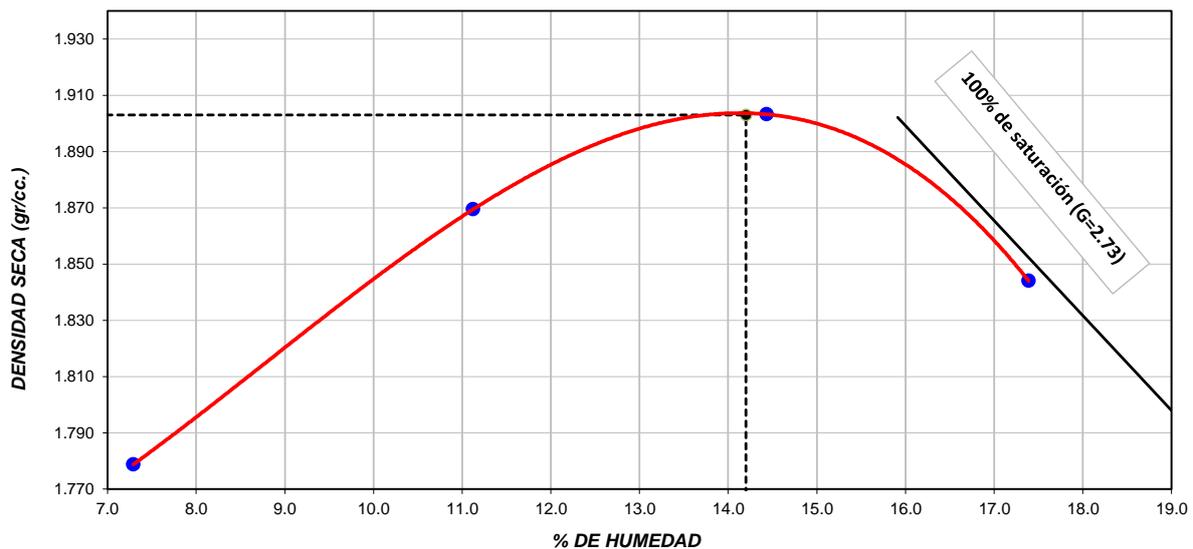
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883

Volumen Molde 2119 cm³
Peso Molde 6477 gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.908	2.077	2.178	2.165	
Contenido de agua	%	7.3	11.1	14.4	17.4	
Densidad Seca	gr/cc	1.779	1.869	1.903	1.844	

Densidad Máxima Seca: 1.903 gr/cm³ **Contenido Humedad Optima:** 14.20 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU E.I.R.L.

Simón Ordoño Pauro
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 64333



Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua
 Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio
 Material : Sub rasante C-02 E-01

Registro N°: ARYU-CBR-2023
 : Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 : Fecha de ensayo: 02/10/2023

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
 ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Peso suelo + molde (gr.)	12,377	12,466	12,209	12,377	12,405	12,650
Peso molde (gr.)	7,762	7,762	7,775	7,775	8,182	8,182
Peso suelo compactado (gr.)	4,615	4,704	4,434	4,602	4,223	4,468
Volumen del molde (cm ³)	2,126.0	2,126.0	2,131.3	2,131.3	2,119.9	2,119.9
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.171	2.213	2.080	2.159	1.992	2.108
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.901	1.904	1.821	1.827	1.744	1.744

CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3	4	5	6
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	998.8	997.5	981.8	951.6	970.4	970.6
Tara + suelo seco (gr.)	874.6	858.6	859.4	805.0	849.8	803.0
Peso de agua (gr.)	124.2	138.9	122.4	146.6	120.6	167.6
Peso de suelo seco (gr.)	874.6	858.6	859.4	805.0	849.8	803.0
Humedad (%)	14.20	16.18	14.24	18.21	14.19	20.87

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
25-Set	6°00'00"	0	199	0.00	0.00						
26-Set	6°00'00"	24	345	3.71	3.18						
27-Set	6°00'00"	48	349	3.81	3.26						
28-Set	6°00'00"	72	352	3.89	3.33						

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		45	2.3			29	1.5			13	0.7		
0.050		80	4.2			45	2.3			25	1.3		
0.075		120	6.2			68	3.6			33	1.7		
0.100	70.307	159	8.3	8.3	11.8	84	4.4	4.5	6.4	45	2.3	2.4	3.4
0.150		230	11.9			127	6.6			72	3.8		
0.200	105.460	277	14.4	14.5	13.7	163	8.5	8.5	8.1	96	5.0	5.0	4.7
0.300		391	20.3			226	11.7			127	6.6		
0.400		474	24.6			281	14.6			151	7.8		
0.500													

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU E.I.R.L.

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



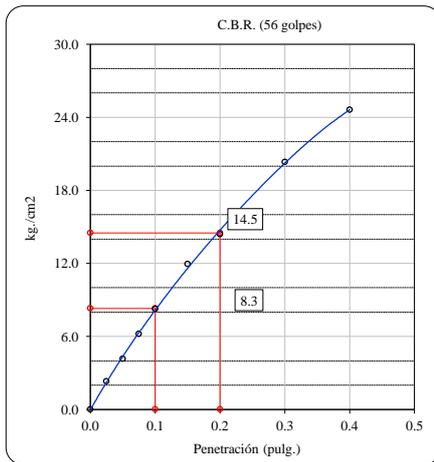
Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera : Marón-San Antonio-Moquegua
 Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio
 Material : Sub rasante C-02 E-01

Registro N°: ARYU-CBR-2023
 : Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 : Fecha de ensayo: 02/10/2023

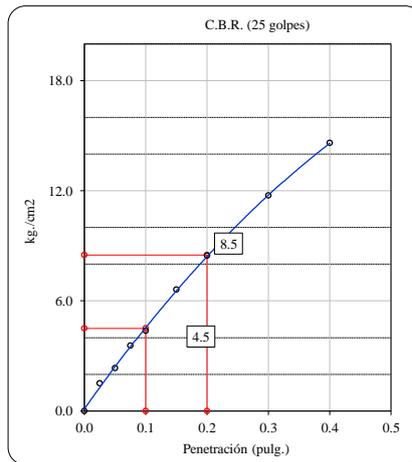
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
 ASTM D1883**

Datos de muestra

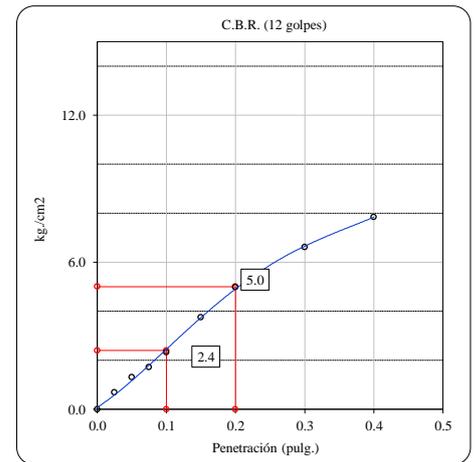
Máxima Densidad Seca 1.903 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad 14.20 %
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.808 gr./cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 11.8 %

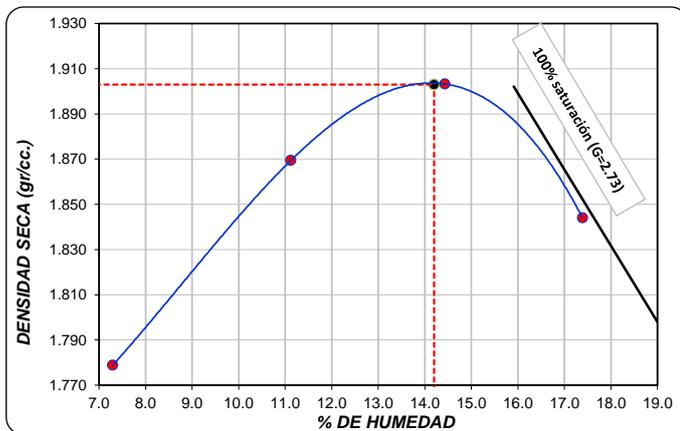


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 6.4 %



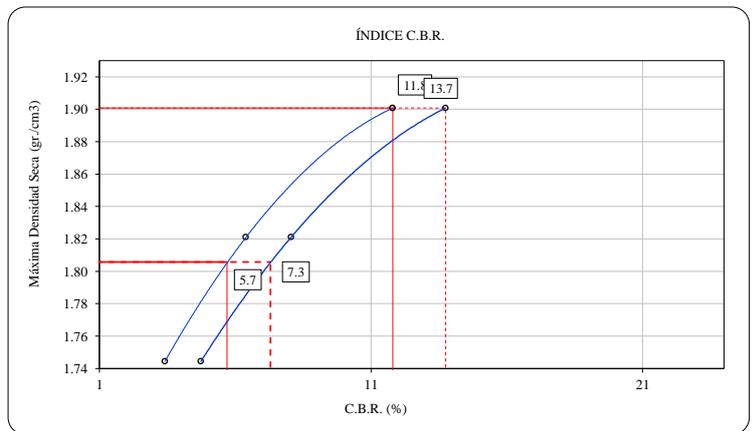
C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 3.4 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 11.8 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 5.7 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 13.7 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 7.3 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU EIRL

Simón Ordoño Pauro
Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua
 Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio
 Material : Calicata C-03, E-01

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 02/10/2023

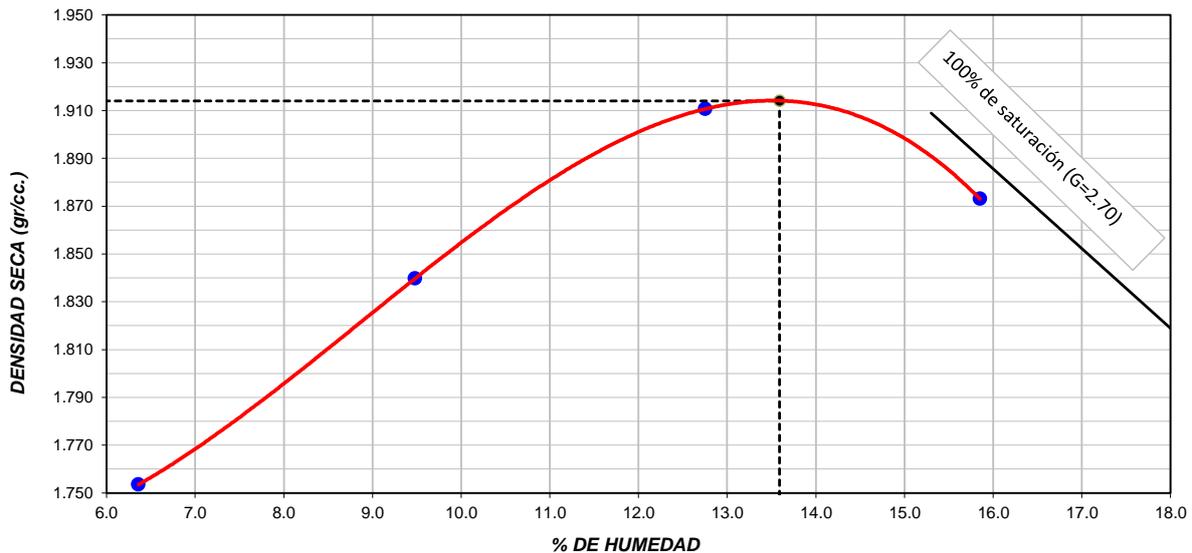
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883

Volumen Molde 2119 cm³
 Peso Molde 6477 gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.865	2.014	2.154	2.170
Contenido de agua	%	6.4	9.5	12.8	15.9
Densidad Seca	gr/cc	1.753	1.840	1.911	1.873

Densidad Máxima Seca: 1.914 gr/cm³ **Contenido Humedad Optima:** 13.59 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU EIRL

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera : Marón-San Antonio-Moquegua
 Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio
 Material : Calicata C-03, E-01

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 02/10/2023

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
 ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Peso suelo + molde (gr.)	12,391	12,500	12,218	12,368	12,424	12,605
Peso molde (gr.)	7,762	7,762	7,775	7,775	8,182	8,182
Peso suelo compactado (gr.)	4,629	4,738	4,443	4,593	4,242	4,423
Volumen del molde (cm ³)	2,126.0	2,126.0	2,131.3	2,131.3	2,119.9	2,119.9
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.177	2.229	2.085	2.155	2.001	2.086
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.917	1.917	1.837	1.839	1.766	1.763

CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3	4	5	6
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	970.4	998.8	967.7	937.4	936.3	964.6
Tara + suelo seco (gr.)	854.4	859.1	852.8	800.1	826.1	815.3
Peso de agua (gr.)	116.0	139.7	114.9	137.3	110.2	149.3
Peso de suelo seco (gr.)	854.4	859.1	852.8	800.1	826.1	815.3
Humedad (%)	13.58	16.26	13.47	17.16	13.34	18.31

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
21-Set	12°00'00"	0	185	0.00	0.00						
22-Set	12°00'00"	24	329	3.66	3.13						
23-Set	12°00'00"	48	333	3.76	3.22						
24-Set	12°00'00"	72	335	3.81	3.26						

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		23	1.2			17	0.9			9	0.5		
0.050		67	3.5			41	2.1			17	0.9		
0.075		110	5.7			68	3.6			25	1.3		
0.100	70.307	158	8.2	8.2	11.7	88	4.6	4.6	6.5	33	1.7	1.7	2.3
0.150		233	12.1			132	6.8			61	3.1		
0.200	105.460	280	14.5	14.9	14.1	179	9.3	9.4	8.9	92	4.8	4.9	4.6
0.300		394	20.5			234	12.2			128	6.6		
0.400		454	23.6			270	14.0			147	7.7		
0.500													

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU EIRL


Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



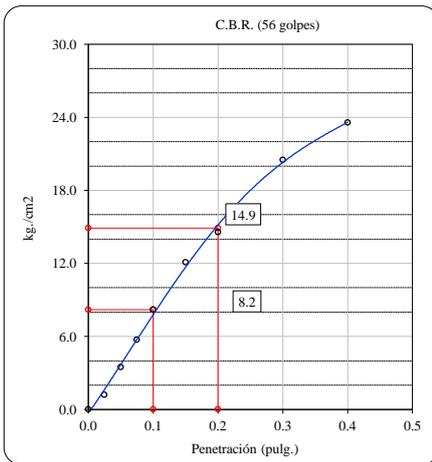
Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera
 : Marón-San Antonio-Moquegua
 Testista : Bach. Ing. Abraham Antonio Ventura Ventura
 Ubicación de Proyecto : Distrito de San Antonio
 Material : Calicata C-03, E-01

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 02/10/2023

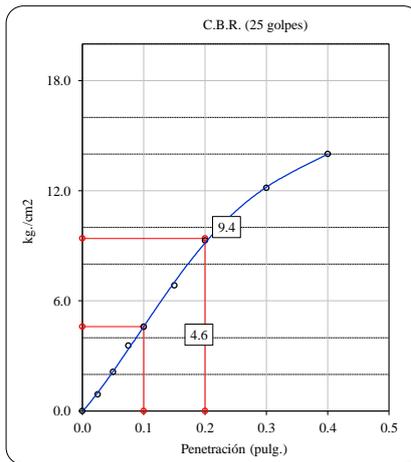
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
 ASTM D1883**

Datos de muestra

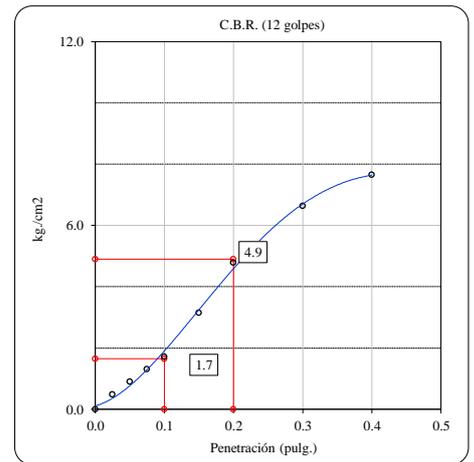
Máxima Densidad Seca 1.914 gr./cm³ Optimo Contenido de Humedad 13.59 %
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.818 gr./cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 11.7 %

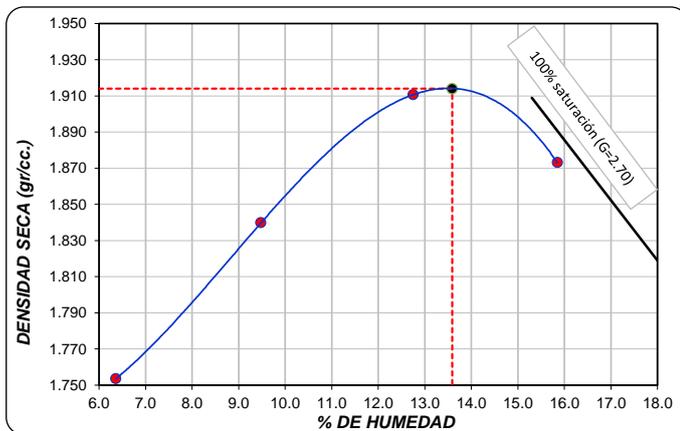


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 6.5 %



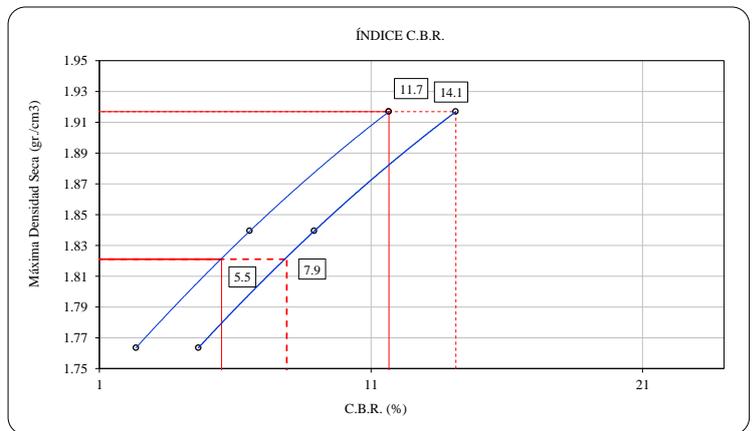
C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 2.3 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 11.7 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 5.5 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 14.1 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 7.9 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de ARYU EIRL

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 64333



ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
APV CESAR VIZCARRA VARGAS A-15 C.P. CHEN CHEN
CELULAR N° 953965527

PROYECTO : Aplicación de Geopolímero Puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
Fecha: 23 de setiembre del 2023

UBICACIÓN : Distrito de San Antonio

TESISTA : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

CUADRO RESUMEN DE PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE LA SUBRASANTE ARCILLOSAS Y GEOPOLÍMERO PUZOLÁNICO NATURAL

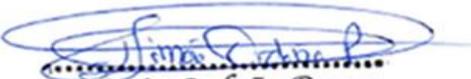
Calicata	Profundidad (m)	SUCS	AASHTO	Contenido de Humedad (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	% de grava	% de Arena	% de finos
----------	-----------------	------	--------	--------------------------	--------	--------	--------	------------	------------	------------

CALICATA

C-01, E-01	0.00-1.60	SP - SM	A-1-b (0)	1.30	16.98	16.57	0.41	20.3	73.3	6.4
C-02, E-01	0.00-1.50	CL	A-7-6 (5)	6.37	45.66	16.92	28.74	0.0	44.4	55.6
C-03, E-01	0.00-0.70	CL	A-7-6 (4)	4.07	43.15	15.17	27.98	0.0	45.3	54.7
E-02	0.70-1.60	SC	A-2-4 (0)	1.40	26.33	16.51	9.82	3.0	78.8	18.2

GEOPOLÍMERO PUZOLÁNICO

Geopolímero Puzolánico		SM	A-2-4 (0)	2.14	17.77	17.32	0.45	0.00	70.73	29.27
------------------------	--	----	-----------	------	-------	-------	------	------	-------	-------


Simón Ordoño Pauro
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 64333

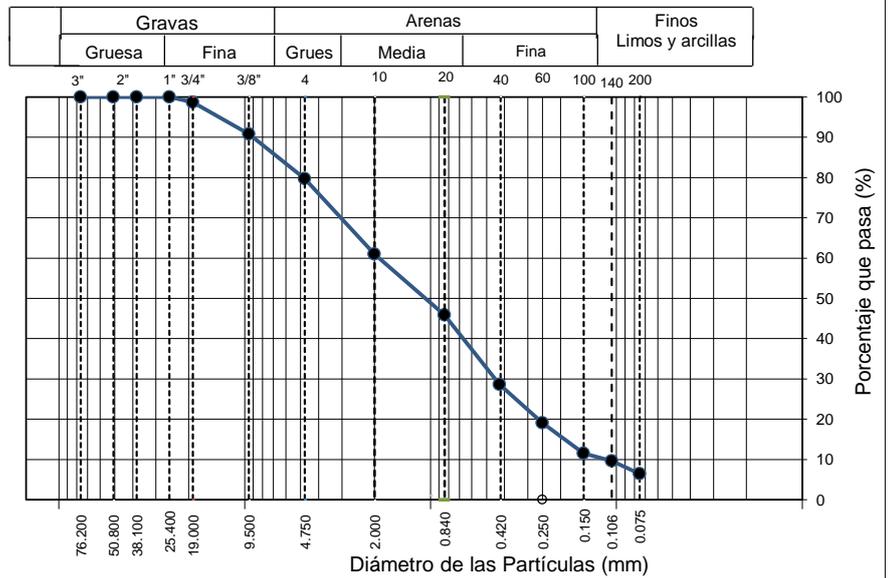


Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua
 Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación : Distrito de San Antonio
 Muestra : Geopolímero Puzolánico Natural

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 23/09/2023

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS, ASTM D2487-17

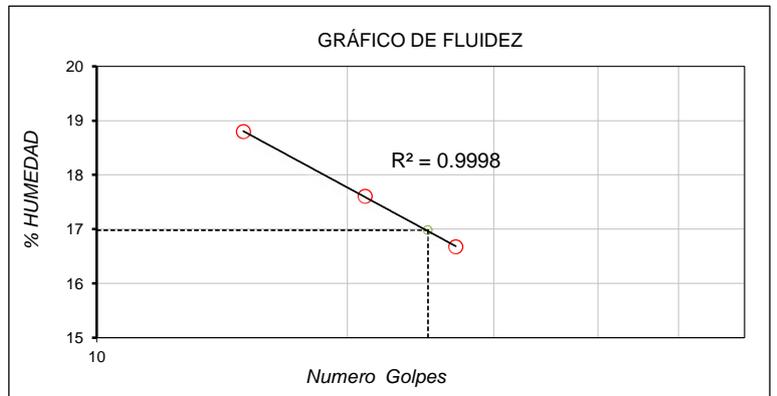
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	TABLA 301-01 GRADACIÓN A-2
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	98.7	
3/8"	9.500	90.8	
N° 4	4.750	79.7	
N° 10	2.000	61.0	
N° 20	0.840	45.9	
N° 40	0.425	28.6	
N° 60	0.250	19.1	
N° 100	0.150	11.5	
N° 140	0.106	9.6	
N° 200	0.075	6.4	



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.3
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SP-SM arena pobremente gradada con limo y grava, de color beige, aparentemente seco al estado natural
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	16.98
LÍMITE PLÁSTICO	16.57
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	0.41
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	38.1
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-37.1
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	20.3
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	73.3
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	6.4

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SP - SM
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-1-b (0)
NOMBRE DEL GRUPO	Arena pobremente gradada con limo y grava

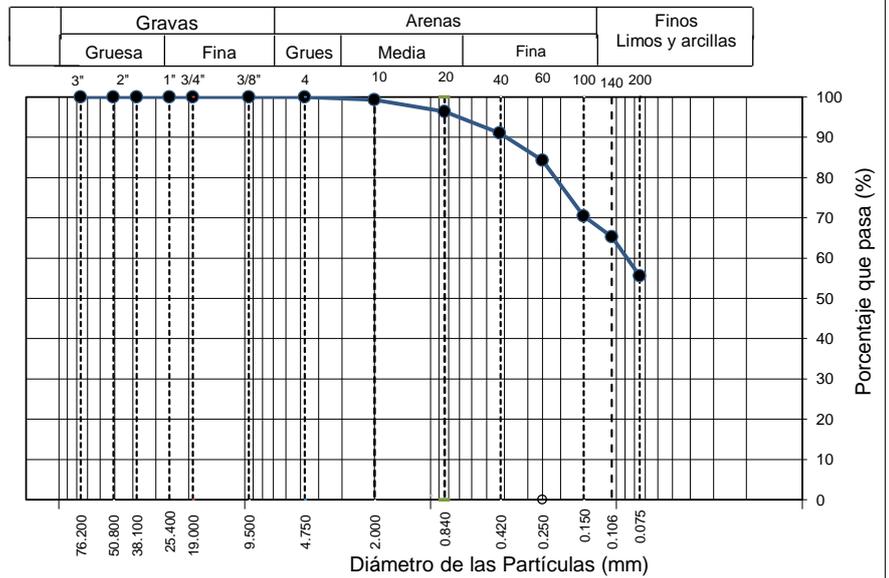


Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua
 Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación : Distrito de San Antonio
 Progresiva : C-02 E-01
 Material : Subrasante

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha: 23/09/2023

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS, ASTM D2487-17

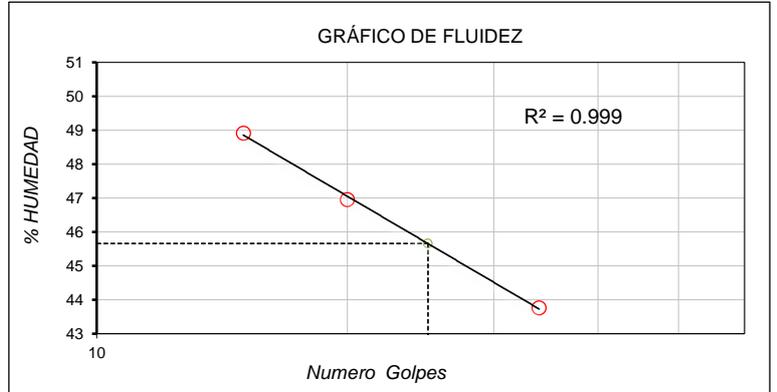
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	100.0	
N° 4	4.750	100.0	
N° 10	2.000	99.3	
N° 20	0.840	96.4	
N° 40	0.425	91.1	
N° 60	0.250	84.3	
N° 100	0.150	70.4	
N° 140	0.106	65.3	
N° 200	0.075	55.6	



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.4
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	CL arcilla arenosa de baja plasticidad, de color rojizo, aparentemente seco al estado natural
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	45.66
LÍMITE PLÁSTICO	16.92
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	28.74
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.4
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.4
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-7-6 (5)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla arenosa de baja plasticidad

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	44.4
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	55.6

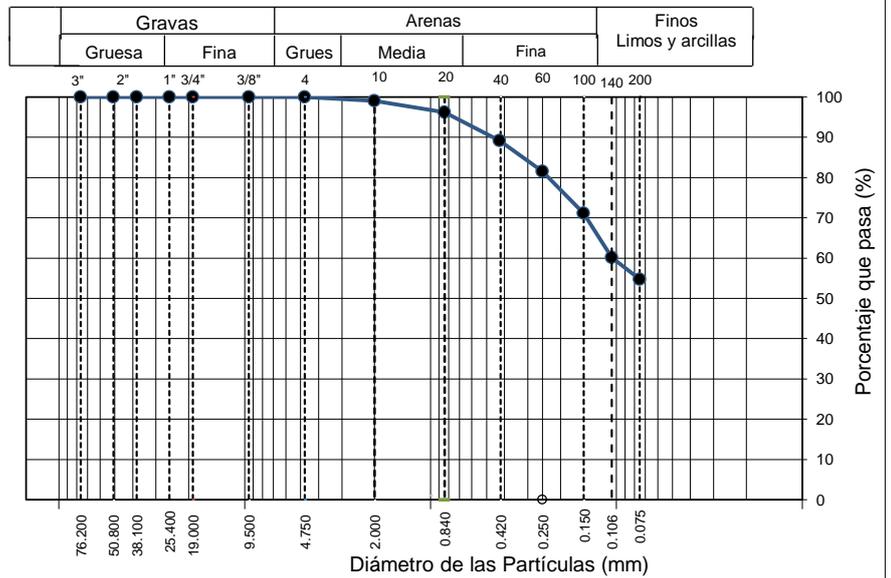


Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua
 Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación : Distrito de San Antonio
 Progresiva : C-03 E-01
 Material : Subrasante

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 23/09/2023

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS, ASTM D2487-17

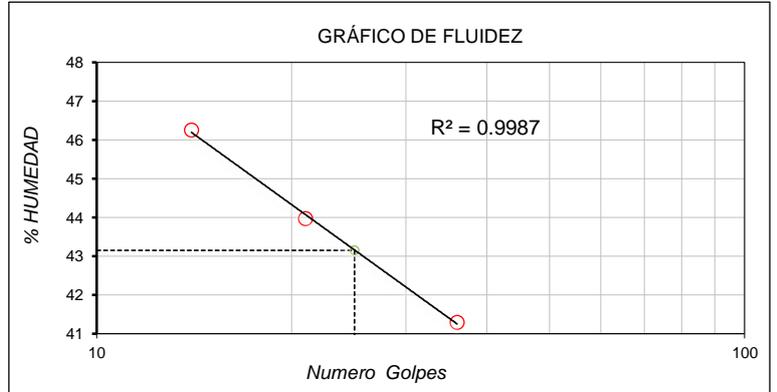
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	100.0	
N° 4	4.750	100.0	
N° 10	2.000	99.0	
N° 20	0.840	96.2	
N° 40	0.425	89.2	
N° 60	0.250	81.6	
N° 100	0.150	71.1	
N° 140	0.106	60.1	
N° 200	0.075	54.7	



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.1
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	CL arcilla arenosa de baja plasticidad, de color rojizo, aparentemente seco al estado natural
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	43.15
LÍMITE PLÁSTICO	15.17
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	27.98
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.4
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.4
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-7-6 (4)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla arenosa de baja plasticidad

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	45.3
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	54.7

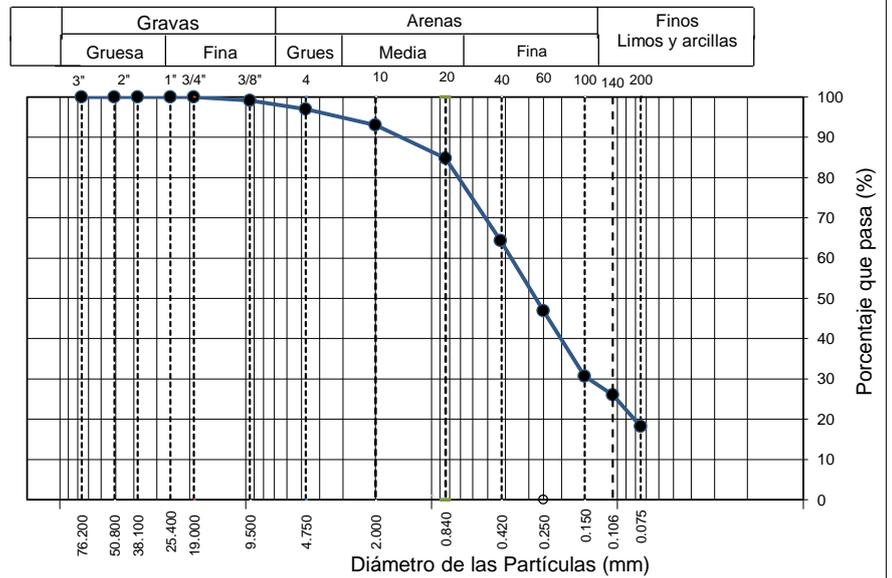


Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua
 Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación : Distrito de San Antonio
 Progresiva : C-03 E-02
 Material : Subrasante

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha de ensayo: 23/09/2023

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS, ASTM D2487-17

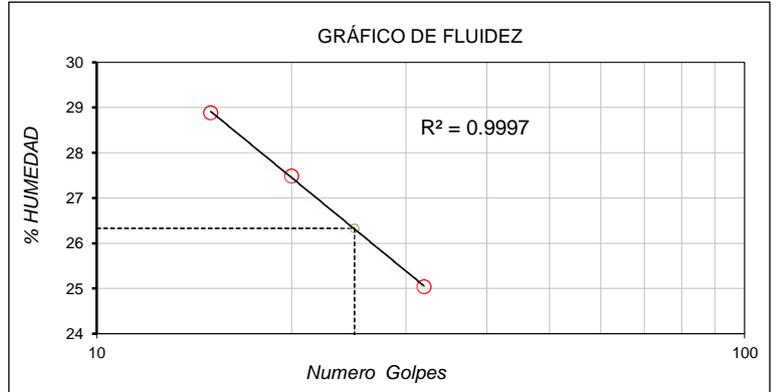
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	99.1	
N° 4	4.750	97.0	
N° 10	2.000	93.1	
N° 20	0.840	84.8	
N° 40	0.425	64.4	
N° 60	0.250	46.9	
N° 100	0.150	30.6	
N° 140	0.106	26.0	
N° 200	0.075	18.2	



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.4
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SC arena arcillosa, de color beige a rojizo, aparentemente seco al estado natural
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	N°4
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	26.33
LÍMITE PLÁSTICO	16.51
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	9.82
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.5
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.5
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SC
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4 (0)
NOMBRE DEL GRUPO	Arena arcillosa

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	3.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	78.8
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	18.2

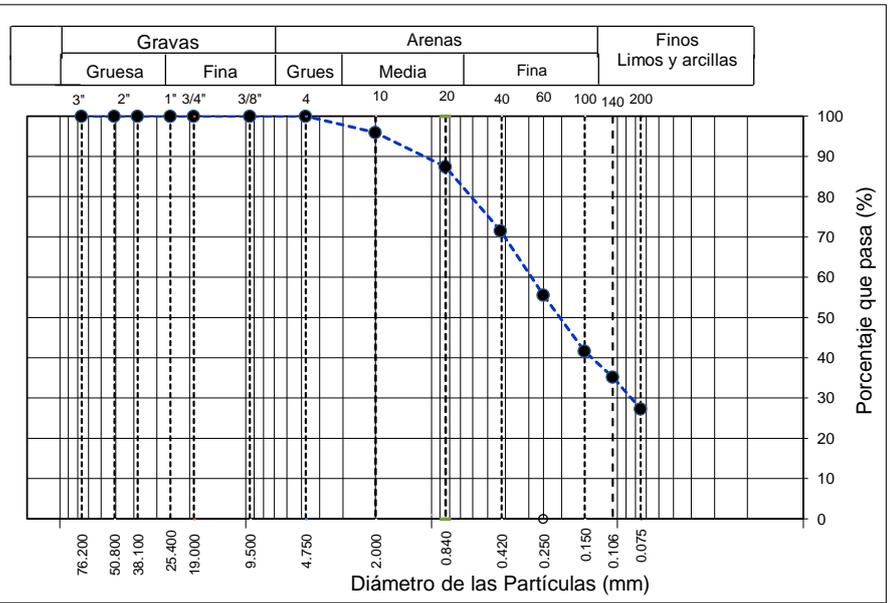


Proyecto : Aplicación de Geopolímero Puzolánica natural para mejorar
 : las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera
 : Marón-San Antonio-Moquegua
 Tesista : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura
 Ubicación : Distrito de San Antonio
 Muestra : Material geopolímero puzolánico

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
 Fecha: 23 de setiembre del 2023

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

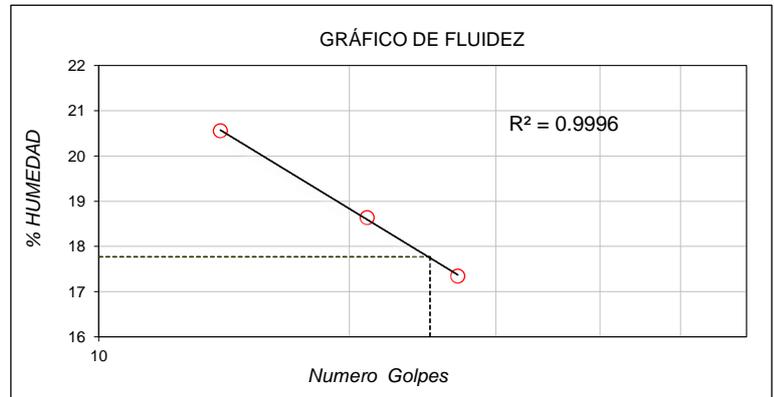
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	100.0	
Nº 4	4.750	100.0	
Nº 10	2.000	95.9	
Nº 20	0.840	87.4	
Nº 40	0.425	71.5	
Nº 60	0.250	55.5	
Nº 100	0.150	41.6	
Nº 140	0.106	35.2	
Nº 200	0.075	27.3	



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.14
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SM arena limosa, aparentemente seco al estado natural
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	No se observa materiales extraños al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	Nº4
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	17.77
LÍMITE PLÁSTICO	17.32
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	0.45
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	34.8
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-33.8
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	72.7
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	27.3

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SM
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4 (0)
NOMBRE DEL GRUPO	Arena limosa

Simón Ordoño Pauro
 INGENIERO CIVIL
 CIP. Nº 64333



ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
APV CESAR VIZCARRA VARGAS A-15 C.P. CHEN CHEN
RUC: 20532797081

PROYECTO : Aplicación de Geopolímero Puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
Fecha: 02 de setiembre del 2023

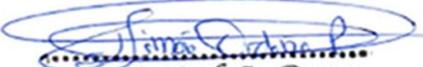
UBICACIÓN : Distrito de San Antonio

TESISTA : Bach. Ing. Abraham Antonio Ventura Ventura

MUESTRA : Subrasante arcilla arenosa

**ENSAYOS PARA DETERMINACION
DE SULFATOS Y CLORUROS**
NORMA NTP 339.177; NTP 339.178

DESCRIPCION	Unidad	Muestra representativa
CONTENIDO DE SULFATOS		
Peso de muestra seca < N° 4 (A)	gr	100.00
Volumen de agua destilada añadida (B)	cc	500.00
Muestra de alícuota filtrado (C)	gr	50.00
Peso del residuo de sulfato bórico (D)	gr	0.053
Contenido de sulfato bórico $BaSO_4 = 100 * B * D / (A * C)$	%	0.530
Contenido de sulfatos $SO_4 = BaSO_4 * .41153$	ppm	2181.1
CONTENIDO DE CLORUROS		
Peso del residuo de cloruro de plata (E)	gr	0.018
Contenido de Cloruro de plata $AgCl = 100 * B * E / (A * C)$	%	0.180
Contenido de Cloruros, $Cl = AgCl * .24757$	ppm	445.6
Ph	%	7.88


Simón Ordoño Pauro
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 64333



ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
APV CESAR VIZCARRA VARGAS A-15 C.P. CHEN CHEN
RUC: 20532797081

PROYECTO : Aplicación de Geopolímero Puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
Fecha: 02 de setiembre del 2023

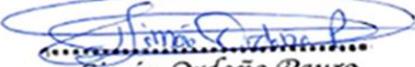
UBICACIÓN : Distrito de San Antonio

TESISTA : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

MUESTRA : Geopolímero Puzolánico natural

**ENSAYOS PARA DETERMINACION
DE SULFATOS Y CLORUROS**
NORMA NTP 339.177; NTP 339.178

DESCRIPCION	Unidad	Muestra representativa
CONTENIDO DE SULFATOS		
Peso de muestra seca < N° 4 (A)	gr	100.00
Volumen de agua destilada añadida (B)	cc	500.00
Muestra de alícuota filtrado (C)	gr	50.00
Peso del residuo de sulfato bórico (D)	gr	0.012
Contenido de sulfato bórico $BaSO_4 = 100 * B * D / (A * C)$	%	0.120
Contenido de sulfatos $SO_4 = BaSO_4 * .41153$	ppm	493.8
CONTENIDO DE CLORUROS		
Peso del residuo de cloruro de plata (E)	gr	0.010
Contenido de Cloruro de plata $AgCl = 100 * B * E / (A * C)$	%	0.100
Contenido de Cloruros, $Cl = AgCl * .24757$	ppm	247.6
Ph	%	6.53


Simón Ordoño Pauro
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 64333



ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
APV CESAR VIZCARRA VARGAS A-15 C.P. CHEN CHEN
RUC: 20532797081

PROYECTO : Aplicación de Geopolímero Puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
Fecha: 02 de setiembre del 2023

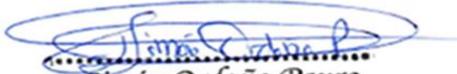
UBICACIÓN : Distrito de San Antonio

TESISTA : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

MUESTRA : Subrasante arcilla arenosa

**ENSAYOS PARA DETERMINACION
DE SALES SOLUBLES.
NORMA NTP 339.152**

DESCRIPCION	Unidad	Muestra representativa
Peso de muestra seca < N° 4 (A)	gr	100.00
Volumen de agua destilada añadida (B)	cc	500.00
Muestra de alícuota filtrado ©	cc	50.00
Peso del residuo de sales solubles (D)	gr	0.027
Sales solubles en ppm $S= B*D*100/A*C$	%	0.270


Simón Ordoño Pauro
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 64333

PROYECTO : Aplicación de Geopolímero Puzolánico natural para mejorar las propiedades de las subrasantes arcillosas-Av. Cantera Marón-San Antonio-Moquegua

Ing. Responsable: S. Ordoño P.
Fecha: 02 de setiembre del 2023

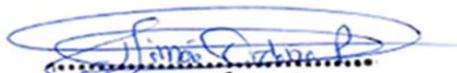
UBICACIÓN : Distrito de San Antonio

TESISTA : Bach. Ing. Abrahan Antonio Ventura Ventura

MUESTRA : Geopolímero Puzolánico natural

**ENSAYOS PARA DETERMINACION
DE SALES SOLUBLES.
NORMA NTP 339.152**

DESCRIPCION	Unidad	Muestra representativa
Peso de muestra seca < N° 4 (A)	gr	100.00
Volumen de agua destilada añadida (B)	cc	500.00
Muestra de alícuota filtrado ©	cc	50.00
Peso del residuo de sales solubles (D)	gr	0.008
Sales solubles en ppm $S= B*D*100/A*C$	%	0.080


Simón Ordoño Pauro
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 64333

ANEXO 07:
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 626 - 2023

Página : 1 de 2

Expediente : 004-2023
Fecha de emisión : 2023-02-21

1. Solicitante : ARYU E.I.R.L.

Dirección : APV CESAR VIZCARRA VARGAS MZA. A LOTE. 15 P.J.
CHEN CHEN - MOQUEGUA - MARISCAL NIETO -
MOQUEGUA

2. Instrumento de Medición : MARTILLO PROCTOR

Capacidad : 10 lb
Marca : NO INDICA
Serie : NO INDICA
Material : HIERRO
Color : PLATEADO

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

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

3. Lugar y fecha de Calibración

APV CESAR VIZCARRA VARGAS MZA. A LOTE. 15 P.J. CHEN CHEN - MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA
18 - FEBRERO - 2023

4. Método de Calibración

Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D 698 - ASTM D 1557.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM22 - C - 0234 - 2022	INACAL - DM
REGLA	MITUTOYO	1AD - 1577 - 2022	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM - 002 - 2023	PUNTO DE PRECISIÓN

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,3	27,3
Humedad %	54	54

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




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



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 626 - 2023

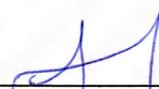
Página : 2 de 2

Resultados de Verificación

MEDICIONES	ALTURA DE CAIDA	PESO	DIÁMETRO DE CARA DE IMPACTO
	mm	g	mm
1	458	4537,15	50,21
2	458	4537,15	50,34
3	457	4537,15	50,28
4	458	4537,15	50,33
5	457	4537,15	50,29
6	458	4537,15	50,35
PROMEDIO	457,7	4537,15	50,30
ESTANDAR	457,2	4536,4	50,80
TOLERANCIA ±	1,3 mm	9 g	0,13 mm
ERROR	0,5 mm	0,75 g	-0,50 mm

FIN DEL DOCUMENTO




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





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 627 - 2023

Página : 1 de 2

Expediente : 004-2023
Fecha de emisión : 2023-02-21

1. Solicitante : ARYU E.I.R.L.

Dirección : APV CESAR VIZCARRA VARGAS MZA. A LOTE. 15 P.J.
CHEN CHEN - MOQUEGUA - MARISCAL NIETO -
MOQUEGUA

2. Instrumento de Medición : MOLDE PROCTOR 6"

Marca : NO INDICA

Serie : NO INDICA

Material : HIERRO

Color : PLATEADO

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

APV CESAR VIZCARRA VARGAS MZA. A LOTE. 15 P.J. CHEN CHEN - MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA
18 - FEBRERO - 2023

4. Método de Calibración

Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D 698 - ASTM D 1557.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM22 - C - 0234 - 2022	INACAL - DM

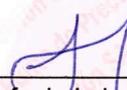
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,3	27,3
Humedad %	54	54

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




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



Laboratorio PP

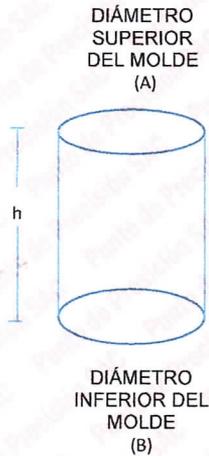
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LL - 627 - 2023

Página : 2 de 2

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES



N° DE MEDICIONES	DIÁMETRO INTERIOR SUPERIOR	DIÁMETRO INTERIOR INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	152,60	152,39	115,81
2	152,54	152,48	116,22
3	152,48	152,62	115,92
4	152,39	152,40	115,98
5	152,60	152,71	116,10
6	152,49	152,59	115,92
PROMEDIO	152,52	152,53	115,99
ESTÁNDAR	152,40	152,40	116,40
TOLERANCIAS (\pm)	0,70	0,70	0,50
ERROR	0,12	0,13	-0,41
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	2119 cm ³		

FIN DEL DOCUMENTO



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





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 140 - 2023

Página : 1 de 6

Expediente : 004-2023
Fecha de Emisión : 2023-02-21

1. Solicitante : ARYU E.I.R.L.

Dirección : APV CESAR VIZCARRA VARGAS MZA. A LOTE. 15 P.J.
CHEN CHEN - MOQUEGUA - MARISCAL NIETO

2. Descripción del Equipo : ANILLO DE CARGA DE PRENSA CBR

Marca de Prensa : ORION
Modelo de Prensa : NO INDICA
Serie de Prensa : NO INDICA

Marca de Anillo : ORION
Modelo de Anillo : NO INDICA
Serie de Anillo : 059
Capacidad del Anillo : 10000 lbs

Marca del Dial : ELE
Modelo del Dial : 88-4000
Serie del Dial : 062079361
Procedencia : USA
Código de Identificación : NO INDICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

APV CESAR VIZCARRA VARGAS MZA. A LOTE. 15 P.J. CHEN CHEN - MOQUEGUA - MARISCAL NIETO
18 - FEBRERO - 2023

4. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación del dial del anillo y la lectura de celda patrón.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 128-2022	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	HIGH WEIGHT		

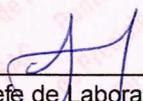
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,2	27,2
Humedad %	54	54

7. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




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



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 140 - 2023

Página : 2 de 6

TABLA N° 1

SISTEMA ANALÓGICO "A" DIVISIONES	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)			PROMEDIO "B" kgf
	SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3	
100	403,75	403,69	404,29	403,91
200	790,55	790,30	791,62	790,82
300	1 173,00	1 173,40	1 174,55	1 173,65
400	1 567,50	1 567,72	1 568,82	1 568,01
500	1 964,45	1 964,70	1 964,39	1 964,51
600	2 361,55	2 361,49	2 362,20	2 361,75
700	2 765,30	2 765,39	2 766,40	2 765,70

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

Coefficiente Correlación: $R^2 = 0,9999$

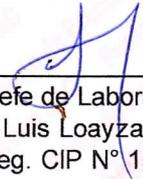
Ecuación de ajuste para valores en kgf : $y = 3,9350x + 1,4690$

Donde: x : Lectura del dial
y : Fuerza promedio (kgf)

Ecuación de ajuste para valores en lbf : $y = 8,6752x + 3,2387$

Donde: x : Lectura del dial
y : Fuerza promedio (lbf)





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



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CARTA DE CALIBRACIÓN EN kgf

Página 3 de 6

Marca de Prensa	ORION	Marca del Dial	ELE
Marca de Anillo	ORION	Modelo del Dial	88-4000
Serie de Anillo	059	Serie del Dial	062079361
Capacidad del Anillo	10000 lbs	Código de Identificación	NO INDICA

$$y = 3,9350x + 1,4690$$

Divisiones del Dial	Valores Ajustados en kgf									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	394,97	398,90	402,84	406,77	410,71	414,64	418,58	422,51	426,45	430,38
110	434,32	438,25	442,19	446,12	450,06	453,99	457,93	461,86	465,80	469,73
120	473,67	477,60	481,54	485,47	489,41	493,34	497,28	501,21	505,15	509,08
130	513,02	516,95	520,89	524,82	528,76	532,69	536,63	540,56	544,50	548,43
140	552,37	556,30	560,24	564,17	568,11	572,04	575,98	579,91	583,85	587,78
150	591,72	595,65	599,59	603,52	607,46	611,39	615,33	619,26	623,20	627,13
160	631,07	635,00	638,94	642,87	646,81	650,74	654,68	658,61	662,55	666,48
170	670,42	674,35	678,29	682,22	686,16	690,09	694,03	697,96	701,90	705,83
180	709,77	713,70	717,64	721,57	725,51	729,44	733,38	737,31	741,25	745,18
190	749,12	753,05	756,99	760,92	764,86	768,79	772,73	776,66	780,60	784,53
200	788,47	792,40	796,34	800,27	804,21	808,14	812,08	816,01	819,95	823,88
210	827,82	831,75	835,69	839,62	843,56	847,49	851,43	855,36	859,30	863,23
220	867,17	871,10	875,04	878,97	882,91	886,84	890,78	894,71	898,65	902,58
230	906,52	910,45	914,39	918,32	922,26	926,19	930,13	934,06	938,00	941,93
240	945,87	949,80	953,74	957,67	961,61	965,54	969,48	973,41	977,35	981,28
250	985,22	989,15	993,09	997,02	1 000,96	1 004,89	1 008,83	1 012,76	1 016,70	1 020,63
260	1 024,57	1 028,50	1 032,44	1 036,37	1 040,31	1 044,24	1 048,18	1 052,11	1 056,05	1 059,98
270	1 063,92	1 067,85	1 071,79	1 075,72	1 079,66	1 083,59	1 087,53	1 091,46	1 095,40	1 099,33
280	1 103,27	1 107,20	1 111,14	1 115,07	1 119,01	1 122,94	1 126,88	1 130,81	1 134,75	1 138,68
290	1 142,62	1 146,55	1 150,49	1 154,42	1 158,36	1 162,29	1 166,23	1 170,16	1 174,10	1 178,03
300	1 181,97	1 185,90	1 189,84	1 193,77	1 197,71	1 201,64	1 205,58	1 209,51	1 213,45	1 217,38
310	1 221,32	1 225,25	1 229,19	1 233,12	1 237,06	1 240,99	1 244,93	1 248,86	1 252,80	1 256,73
320	1 260,67	1 264,60	1 268,54	1 272,47	1 276,41	1 280,34	1 284,28	1 288,21	1 292,15	1 296,08
330	1 300,02	1 303,95	1 307,89	1 311,82	1 315,76	1 319,69	1 323,63	1 327,56	1 331,50	1 335,43
340	1 339,37	1 343,30	1 347,24	1 351,17	1 355,11	1 359,04	1 362,98	1 366,91	1 370,85	1 374,78
350	1 378,72	1 382,65	1 386,59	1 390,52	1 394,46	1 398,39	1 402,33	1 406,26	1 410,20	1 414,13
360	1 418,07	1 422,00	1 425,94	1 429,87	1 433,81	1 437,74	1 441,68	1 445,61	1 449,55	1 453,48
370	1 457,42	1 461,35	1 465,29	1 469,22	1 473,16	1 477,09	1 481,03	1 484,96	1 488,90	1 492,83
380	1 496,77	1 500,70	1 504,64	1 508,57	1 512,51	1 516,44	1 520,38	1 524,31	1 528,25	1 532,18
390	1 536,12	1 540,05	1 543,99	1 547,92	1 551,86	1 555,79	1 559,73	1 563,66	1 567,60	1 571,53
400	1 575,47	1 579,40	1 583,34	1 587,27	1 591,21	1 595,14	1 599,08	1 603,01	1 606,95	1 610,88
410	1 614,82	1 618,75	1 622,69	1 626,62	1 630,56	1 634,49	1 638,43	1 642,36	1 646,30	1 650,23
420	1 654,17	1 658,10	1 662,04	1 665,97	1 669,91	1 673,84	1 677,78	1 681,71	1 685,65	1 689,58
430	1 693,52	1 697,45	1 701,39	1 705,32	1 709,26	1 713,19	1 717,13	1 721,06	1 725,00	1 728,93
440	1 732,87	1 736,80	1 740,74	1 744,67	1 748,61	1 752,54	1 756,48	1 760,41	1 764,35	1 768,28
450	1 772,22	1 776,15	1 780,09	1 784,02	1 787,96	1 791,89	1 795,83	1 799,76	1 803,70	1 807,63
460	1 811,57	1 815,50	1 819,44	1 823,37	1 827,31	1 831,24	1 835,18	1 839,11	1 843,05	1 846,98
470	1 850,92	1 854,85	1 858,79	1 862,72	1 866,66	1 870,59	1 874,53	1 878,46	1 882,40	1 886,33
480	1 890,27	1 894,20	1 898,14	1 902,07	1 906,01	1 909,94	1 913,88	1 917,81	1 921,75	1 925,68
490	1 929,62	1 933,55	1 937,49	1 941,42	1 945,36	1 949,29	1 953,23	1 957,16	1 961,10	1 965,03
500	1 968,97	1 972,90	1 976,84	1 980,77	1 984,71	1 988,64	1 992,58	1 996,51	2 000,45	2 004,38
510	2 008,32	2 012,25	2 016,19	2 020,12	2 024,06	2 027,99	2 031,93	2 035,86	2 039,80	2 043,73
520	2 047,67	2 051,60	2 055,54	2 059,47	2 063,41	2 067,34	2 071,28	2 075,21	2 079,15	2 083,08
530	2 087,02	2 090,95	2 094,89	2 098,82	2 102,76	2 106,69	2 110,63	2 114,56	2 118,50	2 122,43
540	2 126,37	2 130,30	2 134,24	2 138,17	2 142,11	2 146,04	2 149,98	2 153,91	2 157,85	2 161,78
550	2 165,72	2 169,65	2 173,59	2 177,52	2 181,46	2 185,39	2 189,33	2 193,26	2 197,20	2 201,13
560	2 205,07	2 209,00	2 212,94	2 216,87	2 220,81	2 224,74	2 228,68	2 232,61	2 236,55	2 240,48
570	2 244,42	2 248,35	2 252,29	2 256,22	2 260,16	2 264,09	2 268,03	2 271,96	2 275,90	2 279,83
580	2 283,77	2 287,70	2 291,64	2 295,57	2 299,51	2 303,44	2 307,38	2 311,31	2 315,25	2 319,18
590	2 323,12	2 327,05	2 330,99	2 334,92	2 338,86	2 342,79	2 346,73	2 350,66	2 354,60	2 358,53
600	2 362,47	2 366,40	2 370,34	2 374,27	2 378,21	2 382,14	2 386,08	2 390,01	2 393,95	2 397,88



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





Laboratorio PP

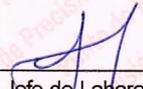
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Página 4 de 6

Divisiones del Dial	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
610	2 401,82	2 405,75	2 409,69	2 413,62	2 417,56	2 421,49	2 425,43	2 429,36	2 433,30	2 437,23
620	2 441,17	2 445,10	2 449,04	2 452,97	2 456,91	2 460,84	2 464,78	2 468,71	2 472,65	2 476,58
630	2 480,52	2 484,45	2 488,39	2 492,32	2 496,26	2 500,19	2 504,13	2 508,06	2 512,00	2 515,93
640	2 519,87	2 523,80	2 527,74	2 531,67	2 535,61	2 539,54	2 543,48	2 547,41	2 551,35	2 555,28
650	2 559,22	2 563,15	2 567,09	2 571,02	2 574,96	2 578,89	2 582,83	2 586,76	2 590,70	2 594,63
660	2 598,57	2 602,50	2 606,44	2 610,37	2 614,31	2 618,24	2 622,18	2 626,11	2 630,05	2 633,98
670	2 637,92	2 641,85	2 645,79	2 649,72	2 653,66	2 657,59	2 661,53	2 665,46	2 669,40	2 673,33
680	2 677,27	2 681,20	2 685,14	2 689,07	2 693,01	2 696,94	2 700,88	2 704,81	2 708,75	2 712,68
690	2 716,62	2 720,55	2 724,49	2 728,42	2 732,36	2 736,29	2 740,23	2 744,16	2 748,10	2 752,03
700	2 755,97	2 759,90	2 763,84	2 767,77	2 771,71	2 775,64	2 779,58	2 783,51	2 787,45	2 791,38
710	2 795,32	2 799,25	2 803,19	2 807,12	2 811,06	2 814,99	2 818,93	2 822,86	2 826,80	2 830,73
720	2 834,67	2 838,60	2 842,54	2 846,47	2 850,41	2 854,34	2 858,28	2 862,21	2 866,15	2 870,08
730	2 874,02	2 877,95	2 881,89	2 885,82	2 889,76	2 893,69	2 897,63	2 901,56	2 905,50	2 909,43
740	2 913,37	2 917,30	2 921,24	2 925,17	2 929,11	2 933,04	2 936,98	2 940,91	2 944,85	2 948,78
750	2 952,72	2 956,65	2 960,59	2 964,52	2 968,46	2 972,39	2 976,33	2 980,26	2 984,20	2 988,13
760	2 992,07	2 996,00	2 999,94	3 003,87	3 007,81	3 011,74	3 015,68	3 019,61	3 023,55	3 027,48
770	3 031,42	3 035,35	3 039,29	3 043,22	3 047,16	3 051,09	3 055,03	3 058,96	3 062,90	3 066,83
780	3 070,77	3 074,70	3 078,64	3 082,57	3 086,51	3 090,44	3 094,38	3 098,31	3 102,25	3 106,18
790	3 110,12	3 114,05	3 117,99	3 121,92	3 125,86	3 129,79	3 133,73	3 137,66	3 141,60	3 145,53
800	3 149,47	3 153,40	3 157,34	3 161,27	3 165,21	3 169,14	3 173,08	3 177,01	3 180,95	3 184,88
810	3 188,82	3 192,75	3 196,69	3 200,62	3 204,56	3 208,49	3 212,43	3 216,36	3 220,30	3 224,23
820	3 228,17	3 232,10	3 236,04	3 239,97	3 243,91	3 247,84	3 251,78	3 255,71	3 259,65	3 263,58
830	3 267,52	3 271,45	3 275,39	3 279,32	3 283,26	3 287,19	3 291,13	3 295,06	3 299,00	3 302,93
840	3 306,87	3 310,80	3 314,74	3 318,67	3 322,61	3 326,54	3 330,48	3 334,41	3 338,35	3 342,28
850	3 346,22	3 350,15	3 354,09	3 358,02	3 361,96	3 365,89	3 369,83	3 373,76	3 377,70	3 381,63
860	3 385,57	3 389,50	3 393,44	3 397,37	3 401,31	3 405,24	3 409,18	3 413,11	3 417,05	3 420,98
870	3 424,92	3 428,85	3 432,79	3 436,72	3 440,66	3 444,59	3 448,53	3 452,46	3 456,40	3 460,33
880	3 464,27	3 468,20	3 472,14	3 476,07	3 480,01	3 483,94	3 487,88	3 491,81	3 495,75	3 499,68
890	3 503,62	3 507,55	3 511,49	3 515,42	3 519,36	3 523,29	3 527,23	3 531,16	3 535,10	3 539,03
900	3 542,97	3 546,90	3 550,84	3 554,77	3 558,71	3 562,64	3 566,58	3 570,51	3 574,45	3 578,38
910	3 582,32	3 586,25	3 590,19	3 594,12	3 598,06	3 601,99	3 605,93	3 609,86	3 613,80	3 617,73
920	3 621,67	3 625,60	3 629,54	3 633,47	3 637,41	3 641,34	3 645,28	3 649,21	3 653,15	3 657,08
930	3 661,02	3 664,95	3 668,89	3 672,82	3 676,76	3 680,69	3 684,63	3 688,56	3 692,50	3 696,43
940	3 700,37	3 704,30	3 708,24	3 712,17	3 716,11	3 720,04	3 723,98	3 727,91	3 731,85	3 735,78
950	3 739,72	3 743,65	3 747,59	3 751,52	3 755,46	3 759,39	3 763,33	3 767,26	3 771,20	3 775,13
960	3 779,07	3 783,00	3 786,94	3 790,87	3 794,81	3 798,74	3 802,68	3 806,61	3 810,55	3 814,48
970	3 818,42	3 822,35	3 826,29	3 830,22	3 834,16	3 838,09	3 842,03	3 845,96	3 849,90	3 853,83
980	3 857,77	3 861,70	3 865,64	3 869,57	3 873,51	3 877,44	3 881,38	3 885,31	3 889,25	3 893,18
990	3 897,12	3 901,05	3 904,99	3 908,92	3 912,86	3 916,79	3 920,73	3 924,66	3 928,60	3 932,53
1000	3 936,47	3 940,40	3 944,34	3 948,27	3 952,21	3 956,14	3 960,08	3 964,01	3 967,95	3 971,88
1010	3 975,82	3 979,75	3 983,69	3 987,62	3 991,56	3 995,49	3 999,43	4 003,36	4 007,30	4 011,23
1020	4 015,17	4 019,10	4 023,04	4 026,97	4 030,91	4 034,84	4 038,78	4 042,71	4 046,65	4 050,58
1030	4 054,52	4 058,45	4 062,39	4 066,32	4 070,26	4 074,19	4 078,13	4 082,06	4 086,00	4 089,93
1040	4 093,87	4 097,80	4 101,74	4 105,67	4 109,61	4 113,54	4 117,48	4 121,41	4 125,35	4 129,28
1050	4 133,22	4 137,15	4 141,09	4 145,02	4 148,96	4 152,89	4 156,83	4 160,76	4 164,70	4 168,63
1060	4 172,57	4 176,50	4 180,44	4 184,37	4 188,31	4 192,24	4 196,18	4 200,11	4 204,05	4 207,98
1070	4 211,92	4 215,85	4 219,79	4 223,72	4 227,66	4 231,59	4 235,53	4 239,46	4 243,40	4 247,33
1080	4 251,27	4 255,20	4 259,14	4 263,07	4 267,01	4 270,94	4 274,88	4 278,81	4 282,75	4 286,68
1090	4 290,62	4 294,55	4 298,49	4 302,42	4 306,36	4 310,29	4 314,23	4 318,16	4 322,10	4 326,03
1100	4 329,97	4 333,90	4 337,84	4 341,77	4 345,71	4 349,64	4 353,58	4 357,51	4 361,45	4 365,38
1110	4 369,32	4 373,25	4 377,19	4 381,12	4 385,06	4 388,99	4 392,93	4 396,86	4 400,80	4 404,73
1120	4 408,67	4 412,60	4 416,54	4 420,47	4 424,41	4 428,34	4 432,28	4 436,21	4 440,15	4 444,08
1130	4 448,02	4 451,95	4 455,89	4 459,82	4 463,76	4 467,69	4 471,63	4 475,56	4 479,50	4 483,43
1140	4 487,37	4 491,30	4 495,24	4 499,17	4 503,11	4 507,04	4 510,98	4 514,91	4 518,85	4 522,78
1150	4 526,72	4 530,65	4 534,59							




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





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CARTA DE CALIBRACIÓN EN lbf

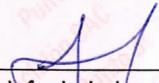
Página 5 de 6

Marca de Prensa	ORION	Marca del Dial	ELE
Marca de Anillo	ORION	Modelo del Dial	88-4000
Serie de Anillo	059	Serie del Dial	062079361
Capacidad del Anillo	10000 lbs	Código de Identificación	NO INDICA

$$y = 8,6752x + 3,2387$$

Divisiones del Dial	Valores Ajustados en lbf									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	870,76	879,43	888,11	896,78	905,46	914,13	922,81	931,49	940,16	948,84
110	957,51	966,19	974,86	983,54	992,21	1 000,89	1 009,56	1 018,24	1 026,91	1 035,59
120	1 044,26	1 052,94	1 061,61	1 070,29	1 078,96	1 087,64	1 096,31	1 104,99	1 113,66	1 122,34
130	1 131,01	1 139,69	1 148,37	1 157,04	1 165,72	1 174,39	1 183,07	1 191,74	1 200,42	1 209,09
140	1 217,77	1 226,44	1 235,12	1 243,79	1 252,47	1 261,14	1 269,82	1 278,49	1 287,17	1 295,84
150	1 304,52	1 313,19	1 321,87	1 330,54	1 339,22	1 347,89	1 356,57	1 365,25	1 373,92	1 382,60
160	1 391,27	1 399,95	1 408,62	1 417,30	1 425,97	1 434,65	1 443,32	1 452,00	1 460,67	1 469,35
170	1 478,02	1 486,70	1 495,37	1 504,05	1 512,72	1 521,40	1 530,07	1 538,75	1 547,42	1 556,10
180	1 564,77	1 573,45	1 582,13	1 590,80	1 599,48	1 608,15	1 616,83	1 625,50	1 634,18	1 642,85
190	1 651,53	1 660,20	1 668,88	1 677,55	1 686,23	1 694,90	1 703,58	1 712,25	1 720,93	1 729,60
200	1 738,28	1 746,95	1 755,63	1 764,30	1 772,98	1 781,65	1 790,33	1 799,01	1 807,68	1 816,36
210	1 825,03	1 833,71	1 842,38	1 851,06	1 859,73	1 868,41	1 877,08	1 885,76	1 894,43	1 903,11
220	1 911,78	1 920,46	1 929,13	1 937,81	1 946,48	1 955,16	1 963,83	1 972,51	1 981,18	1 989,86
230	1 998,53	2 007,21	2 015,89	2 024,56	2 033,24	2 041,91	2 050,59	2 059,26	2 067,94	2 076,61
240	2 085,29	2 093,96	2 102,64	2 111,31	2 119,99	2 128,66	2 137,34	2 146,01	2 154,69	2 163,36
250	2 172,04	2 180,71	2 189,39	2 198,06	2 206,74	2 215,41	2 224,09	2 232,77	2 241,44	2 250,12
260	2 258,79	2 267,47	2 276,14	2 284,82	2 293,49	2 302,17	2 310,84	2 319,52	2 328,19	2 336,87
270	2 345,54	2 354,22	2 362,89	2 371,57	2 380,24	2 388,92	2 397,59	2 406,27	2 414,94	2 423,62
280	2 432,29	2 440,97	2 449,65	2 458,32	2 467,00	2 475,67	2 484,35	2 493,02	2 501,70	2 510,37
290	2 519,05	2 527,72	2 536,40	2 545,07	2 553,75	2 562,42	2 571,10	2 579,77	2 588,45	2 597,12
300	2 605,80	2 614,47	2 623,15	2 631,82	2 640,50	2 649,17	2 657,85	2 666,53	2 675,20	2 683,88
310	2 692,55	2 701,23	2 709,90	2 718,58	2 727,25	2 735,93	2 744,60	2 753,28	2 761,95	2 770,63
320	2 779,30	2 787,98	2 796,65	2 805,33	2 814,00	2 822,68	2 831,35	2 840,03	2 848,70	2 857,38
330	2 866,05	2 874,73	2 883,41	2 892,08	2 900,76	2 909,43	2 918,11	2 926,78	2 935,46	2 944,13
340	2 952,81	2 961,48	2 970,16	2 978,83	2 987,51	2 996,18	3 004,86	3 013,53	3 022,21	3 030,88
350	3 039,56	3 048,23	3 056,91	3 065,58	3 074,26	3 082,93	3 091,61	3 100,29	3 108,96	3 117,64
360	3 126,31	3 134,99	3 143,66	3 152,34	3 161,01	3 169,69	3 178,36	3 187,04	3 195,71	3 204,39
370	3 213,06	3 221,74	3 230,41	3 239,09	3 247,76	3 256,44	3 265,11	3 273,79	3 282,46	3 291,14
380	3 299,81	3 308,49	3 317,17	3 325,84	3 334,52	3 343,19	3 351,87	3 360,54	3 369,22	3 377,89
390	3 386,57	3 395,24	3 403,92	3 412,59	3 421,27	3 429,94	3 438,62	3 447,29	3 455,97	3 464,64
400	3 473,32	3 481,99	3 490,67	3 499,34	3 508,02	3 516,69	3 525,37	3 534,05	3 542,72	3 551,40
410	3 560,07	3 568,75	3 577,42	3 586,10	3 594,77	3 603,45	3 612,12	3 620,80	3 629,47	3 638,15
420	3 646,82	3 655,50	3 664,17	3 672,85	3 681,52	3 690,20	3 698,87	3 707,55	3 716,22	3 724,90
430	3 733,57	3 742,25	3 750,93	3 759,60	3 768,28	3 776,95	3 785,63	3 794,30	3 802,98	3 811,65
440	3 820,33	3 829,00	3 837,68	3 846,35	3 855,03	3 863,70	3 872,38	3 881,05	3 889,73	3 898,40
450	3 907,08	3 915,75	3 924,43	3 933,10	3 941,78	3 950,45	3 959,13	3 967,81	3 976,48	3 985,16
460	3 993,83	4 002,51	4 011,18	4 019,86	4 028,53	4 037,21	4 045,88	4 054,56	4 063,23	4 071,91
470	4 080,58	4 089,26	4 097,93	4 106,61	4 115,28	4 123,96	4 132,63	4 141,31	4 149,98	4 158,66
480	4 167,33	4 176,01	4 184,69	4 193,36	4 202,04	4 210,71	4 219,39	4 228,06	4 236,74	4 245,41
490	4 254,09	4 262,76	4 271,44	4 280,11	4 288,79	4 297,46	4 306,14	4 314,81	4 323,49	4 332,16
500	4 340,84	4 349,51	4 358,19	4 366,86	4 375,54	4 384,21	4 392,89	4 401,57	4 410,24	4 418,92
510	4 427,59	4 436,27	4 444,94	4 453,62	4 462,29	4 470,97	4 479,64	4 488,32	4 496,99	4 505,67
520	4 514,34	4 523,02	4 531,69	4 540,37	4 549,04	4 557,72	4 566,39	4 575,07	4 583,74	4 592,42
530	4 601,09	4 609,77	4 618,45	4 627,12	4 635,80	4 644,47	4 653,15	4 661,82	4 670,50	4 679,17
540	4 687,85	4 696,52	4 705,20	4 713,87	4 722,55	4 731,22	4 739,90	4 748,57	4 757,25	4 765,92
550	4 774,60	4 783,27	4 791,95	4 800,62	4 809,30	4 817,97	4 826,65	4 835,33	4 844,00	4 852,68
560	4 861,35	4 870,03	4 878,70	4 887,38	4 896,05	4 904,73	4 913,40	4 922,08	4 930,75	4 939,43
570	4 948,10	4 956,78	4 965,45	4 974,13	4 982,80	4 991,48	5 000,15	5 008,83	5 017,50	5 026,18
580	5 034,85	5 043,53	5 052,21	5 060,88	5 069,56	5 078,23	5 086,91	5 095,58	5 104,26	5 112,93
590	5 121,61	5 130,28	5 138,96	5 147,63	5 156,31	5 164,98	5 173,66	5 182,33	5 191,01	5 199,68
600	5 208,36	5 217,03	5 225,71	5 234,38	5 243,06	5 251,73	5 260,41	5 269,09	5 277,76	5 286,44




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



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

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

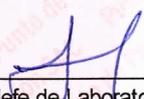
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Página 6 de 6

Divisiones del Dial	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
610	5 295,11	5 303,79	5 312,46	5 321,14	5 329,81	5 338,49	5 347,16	5 355,84	5 364,51	5 373,19
620	5 381,86	5 390,54	5 399,21	5 407,89	5 416,56	5 425,24	5 433,91	5 442,59	5 451,26	5 459,94
630	5 468,61	5 477,29	5 485,97	5 494,64	5 503,32	5 511,99	5 520,67	5 529,34	5 538,02	5 546,69
640	5 555,37	5 564,04	5 572,72	5 581,39	5 590,07	5 598,74	5 607,42	5 616,09	5 624,77	5 633,44
650	5 642,12	5 650,79	5 659,47	5 668,14	5 676,82	5 685,49	5 694,17	5 702,85	5 711,52	5 720,20
660	5 728,87	5 737,55	5 746,22	5 754,90	5 763,57	5 772,25	5 780,92	5 789,60	5 798,27	5 806,95
670	5 815,62	5 824,30	5 832,97	5 841,65	5 850,32	5 859,00	5 867,67	5 876,35	5 885,02	5 893,70
680	5 902,37	5 911,05	5 919,73	5 928,40	5 937,08	5 945,75	5 954,43	5 963,10	5 971,78	5 980,45
690	5 989,13	5 997,80	6 006,48	6 015,15	6 023,83	6 032,50	6 041,18	6 049,85	6 058,53	6 067,20
700	6 075,88	6 084,55	6 093,23	6 101,90	6 110,58	6 119,25	6 127,93	6 136,61	6 145,28	6 153,96
710	6 162,63	6 171,31	6 179,98	6 188,66	6 197,33	6 206,01	6 214,68	6 223,36	6 232,03	6 240,71
720	6 249,38	6 258,06	6 266,73	6 275,41	6 284,08	6 292,76	6 301,43	6 310,11	6 318,78	6 327,46
730	6 336,13	6 344,81	6 353,49	6 362,16	6 370,84	6 379,51	6 388,19	6 396,86	6 405,54	6 414,21
740	6 422,89	6 431,56	6 440,24	6 448,91	6 457,59	6 466,26	6 474,94	6 483,61	6 492,29	6 500,96
750	6 509,64	6 518,31	6 526,99	6 535,66	6 544,34	6 553,01	6 561,69	6 570,37	6 579,04	6 587,72
760	6 596,39	6 605,07	6 613,74	6 622,42	6 631,09	6 639,77	6 648,44	6 657,12	6 665,79	6 674,47
770	6 683,14	6 691,82	6 700,49	6 709,17	6 717,84	6 726,52	6 735,19	6 743,87	6 752,54	6 761,22
780	6 769,89	6 778,57	6 787,25	6 795,92	6 804,60	6 813,27	6 821,95	6 830,62	6 839,30	6 847,97
790	6 856,65	6 865,32	6 874,00	6 882,67	6 891,35	6 900,02	6 908,70	6 917,37	6 926,05	6 934,72
800	6 943,40	6 952,07	6 960,75	6 969,42	6 978,10	6 986,77	6 995,45	7 004,13	7 012,80	7 021,48
810	7 030,15	7 038,83	7 047,50	7 056,18	7 064,85	7 073,53	7 082,20	7 090,88	7 099,55	7 108,23
820	7 116,90	7 125,58	7 134,25	7 142,93	7 151,60	7 160,28	7 168,95	7 177,63	7 186,30	7 194,98
830	7 203,65	7 212,33	7 221,01	7 229,68	7 238,36	7 247,03	7 255,71	7 264,38	7 273,06	7 281,73
840	7 290,41	7 299,08	7 307,76	7 316,43	7 325,11	7 333,78	7 342,46	7 351,13	7 359,81	7 368,48
850	7 377,16	7 385,83	7 394,51	7 403,18	7 411,86	7 420,53	7 429,21	7 437,89	7 446,56	7 455,24
860	7 463,91	7 472,59	7 481,26	7 489,94	7 498,61	7 507,29	7 515,96	7 524,64	7 533,31	7 541,99
870	7 550,66	7 559,34	7 568,01	7 576,69	7 585,36	7 594,04	7 602,71	7 611,39	7 620,06	7 628,74
880	7 637,41	7 646,09	7 654,77	7 663,44	7 672,12	7 680,79	7 689,47	7 698,14	7 706,82	7 715,49
890	7 724,17	7 732,84	7 741,52	7 750,19	7 758,87	7 767,54	7 776,22	7 784,89	7 793,57	7 802,24
900	7 810,92	7 819,59	7 828,27	7 836,94	7 845,62	7 854,29	7 862,97	7 871,65	7 880,32	7 889,00
910	7 897,67	7 906,35	7 915,02	7 923,70	7 932,37	7 941,05	7 949,72	7 958,40	7 967,07	7 975,75
920	7 984,42	7 993,10	8 001,77	8 010,45	8 019,12	8 027,80	8 036,47	8 045,15	8 053,82	8 062,50
930	8 071,17	8 079,85	8 088,53	8 097,20	8 105,88	8 114,55	8 123,23	8 131,90	8 140,58	8 149,25
940	8 157,93	8 166,60	8 175,28	8 183,95	8 192,63	8 201,30	8 209,98	8 218,65	8 227,33	8 236,00
950	8 244,68	8 253,35	8 262,03	8 270,70	8 279,38	8 288,05	8 296,73	8 305,41	8 314,08	8 322,76
960	8 331,43	8 340,11	8 348,78	8 357,46	8 366,13	8 374,81	8 383,48	8 392,16	8 400,83	8 409,51
970	8 418,18	8 426,86	8 435,53	8 444,21	8 452,88	8 461,56	8 470,23	8 478,91	8 487,58	8 496,26
980	8 504,93	8 513,61	8 522,29	8 530,96	8 539,64	8 548,31	8 556,99	8 565,66	8 574,34	8 583,01
990	8 591,69	8 600,36	8 609,04	8 617,71	8 626,39	8 635,06	8 643,74	8 652,41	8 661,09	8 669,76
1000	8 678,44	8 687,11	8 695,79	8 704,46	8 713,14	8 721,81	8 730,49	8 739,17	8 747,84	8 756,52
1010	8 765,19	8 773,87	8 782,54	8 791,22	8 799,89	8 808,57	8 817,24	8 825,92	8 834,59	8 843,27
1020	8 851,94	8 860,62	8 869,29	8 877,97	8 886,64	8 895,32	8 903,99	8 912,67	8 921,34	8 930,02
1030	8 938,69	8 947,37	8 956,05	8 964,72	8 973,40	8 982,07	8 990,75	8 999,42	9 008,10	9 016,77
1040	9 025,45	9 034,12	9 042,80	9 051,47	9 060,15	9 068,82	9 077,50	9 086,17	9 094,85	9 103,52
1050	9 112,20	9 120,87	9 129,55	9 138,22	9 146,90	9 155,57	9 164,25	9 172,93	9 181,60	9 190,28
1060	9 198,95	9 207,63	9 216,30	9 224,98	9 233,65	9 242,33	9 251,00	9 259,68	9 268,35	9 277,03
1070	9 285,70	9 294,38	9 303,05	9 311,73	9 320,40	9 329,08	9 337,75	9 346,43	9 355,10	9 363,78
1080	9 372,45	9 381,13	9 389,81	9 398,48	9 407,16	9 415,83	9 424,51	9 433,18	9 441,86	9 450,53
1090	9 459,21	9 467,88	9 476,56	9 485,23	9 493,91	9 502,58	9 511,26	9 519,93	9 528,61	9 537,28
1100	9 545,96	9 554,63	9 563,31	9 571,98	9 580,66	9 589,33	9 598,01	9 606,69	9 615,36	9 624,04
1110	9 632,71	9 641,39	9 650,06	9 658,74	9 667,41	9 676,09	9 684,76	9 693,44	9 702,11	9 710,79
1120	9 719,46	9 728,14	9 736,81	9 745,49	9 754,16	9 762,84	9 771,51	9 780,19	9 788,86	9 797,54
1130	9 806,21	9 814,89	9 823,57	9 832,24	9 840,92	9 849,59	9 858,27	9 866,94	9 875,62	9 884,29
1140	9 892,97	9 901,64	9 910,32	9 918,99	9 927,67	9 936,34	9 945,02	9 953,69	9 962,37	9 971,04
1150	9 979,72	9 988,39	9 997,07							

FIN DEL DOCUMENTO




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