



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Influencia de las astillas de neumáticos para la estabilización de  
suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-  
2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Dueñas Cabrera, Elvis Wilfredo (ORCID: 0000-0002-2950-5817)

**ASESOR:**

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, a mi familia que siempre han estado dando su apoyo incondicional y también a todas las personas que me apoyaron para lograr este fruto.

*Dueñas Cabrera, Elvis Wilfredo*

## AGRADECIMIENTO

A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo incondicional en todo momento.

*Dueñas Cabrera, Elvis Wilfredo*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA .....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	14
3.2. Variables y operacionalización .....	15
3.3. Población, muestra y muestreo .....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos .....	22
3.6. Método de análisis de datos.....	39
3.7. Aspectos éticos .....	40
IV. RESULTADOS.....	41
V. DISCUSIÓN .....	56
VI. CONCLUSIONES .....	59
VII. RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS.....	63
ANEXOS .....	70



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de suelos según el índice de plasticidad. ....	11
Tabla 2. Ubicación de calicatas de estudio .....	17
Tabla 3. Cuantía de muestras de investigación para el ensayo de contenido de humedad en suelos. ....	18
Tabla 4. Cuantía de muestras de investigación para el ensayo de límites de Atterberg en suelos. ....	18
Tabla 5. Cuantía de muestras de investigación para el ensayo de CBR en suelos. ....	19
Tabla 6. Cuantía de muestras de investigación para el ensayo de Próctor Modificado en suelos.....	19
Tabla 7. Resumen de ensayos a realizarse en la investigación de estudio. ....	21
Tabla 8. Cuantificación del material de neumáticos anualmente, en el distrito de la Yarada-los Palos-Tacna.....	22
Tabla 9. Límites de Atterberg para calicata C-01; C-02 y C-03.....	31
Tabla 10. Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra natural .....	36
Tabla 11. Resultados generales de cada ensayo en función con las dosificaciones de astillas de neumáticos .....	41
Tabla 12. Prueba de normalidad de los datos .....	41
Tabla 13. Estadística de prueba.....	42
Tabla 14. Prueba de consistencia con la adición de astilla de neumático AN .....	43
Tabla 15. Prueba de normalidad índice de plasticidad.....	44
Tabla 16. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon .....	44
Tabla 17. Post Prueba de Tukey índice de plasticidad.....	45
Tabla 18. Contenido de humedad de la muestra natural con la incorporación de astillas de neumáticos. ....	45
Tabla 19. Prueba de normalidad del contenido de humedad .....	46
Tabla 20. Prueba T, estadística de muestras emparejadas para el contenido de humedad .....	47
Tabla 21. Prueba Post de Tukey Contenido de Humedad .....	47
Tabla 22. Óptimo contenido de humedad (OCH) y máxima densidad seca (MDS) con la incorporación de astillas de neumáticos. ....	48

Tabla 23. Prueba de normalidad óptimo contenido de humedad y densidad máxima seca.....	50
Tabla 24. Pruebas emparejadas para el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca .....	50
Tabla 25. Post Prueba de Tukey Próctor Modificado .....	51
Tabla 26. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con la adición de astilla de neumático (AN) .....	52
Tabla 27. Pruebas de normalidad CBR al 95% y al 100% .....	53
Tabla 28. La prueba de muestras emparejadas para el CBR al 95% de la MDS y al 100% de la MDS. ....	54
Tabla 29. Prueba Post Tukey California Bearing Ratio al 95% del MDS.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de las partes de un neumático comercial .....	13
Figura 2. Ubicación de calicatas en la zona de estudio.....	17
Figura 3. Corte de la capa externa del neumático.....	23
Figura 4. Lavado de neumáticos para corte de astillas. ....	23
Figura 5. Elaboración de calicatas en el tramo de estudio La Yarada-los Palos - Tacna .....	24
Figura 6. Muestras inalteradas de calicatas. ....	24
Figura 7. Mapa del Perú.....	25
Figura 8. Mapa del Tacna.....	25
Figura 9. Localización de la trocha La Yarada-Los Palos de estudio.....	25
Figura 10. Excavación de Calicata - 01 .....	26
Figura 11. Excavación de Calicata - 02.....	26
Figura 12. Excavación de Calicata - 03.....	26
Figura 13. Análisis granulométrico por tamizado de la calicata – 01.....	27
Figura 14. Análisis granulométrico por tamizado de la calicata – 02.....	28
Figura 15. Análisis granulométrico por tamizado de la calicata – 03.....	29
Figura 16. Ensayos de contenido de humedad muestra natural – C-02.....	30
Figura 17. Límites de consistencia a muestra natural C-01 .....	30
Figura 18. Gráfico del límite de consistencia de la muestra natural de la de la C-01. ....	31
Figura 19. Proceso de Proctor modificado de la muestra natural de C-01 .....	32
Figura 20. Gráfico de óptimo contenido de humedad inicial de la muestra patrón	33
Figura 21. Gráfico de Máxima Densidad Seca de la muestra inicial de la muestra patrón .....	33
Figura 22. Proceso de California Bearing Ratio en muestra natural C-03.....	34
Figura 23. Gráfico de California Bearing Ratio (CBR) de la muestra natural .....	35
Figura 24. Ensayo de contenido de humedad con astillas de neumáticos .....	37
Figura 25. Muestras de límites de consistencia con astillas de neumáticos.....	37
Figura 26. Ensayos de Próctor Modificado con astillas de neumáticos.....	38
Figura 27. Ensayos de California Bearing Ratio con astillas de neumáticos de 8% y 16%. ....	38
Figura 28. Esquema de procesos de procedimientos del estudio. ....	39

Figura 29. Gráfico del ensayo de consistencia con la adición de astilla de neumático (AN).....	43
Figura 30. Contenido de humedad con la incorporación de astillas de neumáticos .....	49
Figura 31. Gráfico de la MDS con las adiciones de astilla de neumáticos .....	49
Figura 32. Gráfico de la MDS con las adiciones de astilla de neumáticos .....	52
Figura 33. Gráfico del ensayo de CBR con las adiciones de astilla de neumáticos .....	52

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo general evaluar la influencia de la adición de las astillas de neumáticos (AN) en la subrasante de las vías del distrito la Yarada-Los Palos, Tacna. El tipo de investigación por propósito fue aplicada, nivel explicativo, su diseño de investigación fue cuasiexperimental; la población estuvo constituida por las vías del distrito de la Yarada-Los Palos, Tacna, la muestra estuvo conformada por 3 km de una cierta vía de acuerdo a la normativa MTC, efectuándose 3 calicatas para obtener suelo natural que serán combinadas con distintas dosificaciones obteniéndose 24 especímenes, el procedimiento consistió en la mezcla de suelo natural con cada dosificación (8%, 12% y 16%) de dimensiones de 8x8mm en peso del suelo seco. Sus resultados según sus indicadores fueron: determinar la reducción del IP, el cual no presentó por ser un suelo de clasificación SC (arena limosa) o A-2-4(0); disminuyó el contenido de humedad de 16.18% del patrón hasta 15.02% con la mayor dosis de 16% AN; la mejora de la MDS del patrón, el cual incrementó del 1.701 gr/cm<sup>3</sup> al 1.862 gr/cm<sup>3</sup> con el 16% AN; la mejora del CBR al 95% de la MDS, el cual se acrecentó del 11% del patrón al 20% con el 16% AN. Se concluyó, que la estabilización de la astilla de neumático presentó mejora en la resistencia de soporte del suelo de la subrasante empleando el 16% de astillas.

**Palabras clave:** Astillas de neumático, California Bearing Ratio, Estabilización de Suelos, Máxima densidad seca, Subrasante.

## ABSTRACT

The general objective of this research was to evaluate the influence of the addition of tire chips (AN) on the subgrade of the roads in the district of La Yarada-Los Palos, Tacna. The type of research by purpose was applied, explanatory level, and its research design was quasi-experimental; The population was constituted by the roads of the district of La Yarada-Los Palos, Tacna, the sample consisted of 3 km of a certain road according to the MTC regulations, making 3 pits to obtain natural soil that will be combined with different dosages obtaining 24 specimens, the procedure consisted of mixing natural soil with each dosage (8%, 12% and 16%) of dimensions of 8x8mm in weight of dry soil. Its results according to its indicators were: to determine the reduction of the PI, which did not present because it was a soil of SC classification (silty sand) or A-2-4(0); it decreased the moisture content from 16.18% of the standard to 15.02% with the highest dose of 16% AN; the improvement of the MDS of the standard, which increased from 1.701 gr/cm<sup>3</sup> to 1.862 gr/cm<sup>3</sup> with 16% AN; the improvement of the CBR at 95% of the MDS, which increased from 11% of the standard to 20% with 16% AN. It was concluded that the stabilization of the tire chips improved the bearing strength of the subgrade soil by using 16% of the chips.

**Keywords:** Tire Chips, California Bearing Ratio, Soil Stabilization, Maximum Dry Density, Subgrade.

## I. INTRODUCCIÓN

Considerando una de las partes esenciales de la constitución de un pavimento la subrasante presenta siempre ciertos inconvenientes debido a su baja capacidad portante y consecuentemente debido a ello tiene mayores espesores en su sub base y en su base. En tanto, si se pudiera acrecentar la capacidad portante inicial de dicha parte (subrasante) con un aditivo o similar a este, los espesores de las capas adyacentes como la sub base y base se disminuirían, lo que involucraría una disminución del costo y tiempo por kilómetro en su cálculo y posterior desarrollo. **A nivel internacional**, los procedimientos de estabilización de estratos han dado una gran mejora en sus características físicas como mecánicas a nivel de subrasante, considerando información de diversos países como Estados Unidos, Chipre y Brasil. En el Centro de Illinois, Estados Unidos, Qamhia I. et al. (2019), las arcillas plásticas en subrasante pueden causar defectos de ingeniería importantes, como levantamiento o asentamiento excesivo durante la temporada de lluvias, que contribuyen a la formación de geometría desigual en la superficie del pavimento, siendo la estabilización a menudo un requisito para mejorar las propiedades de ingeniería de suelos blandos o arcillas reactivas. Además de convertir la eliminación de residuos como desecho en un medio ambiente como un producto reciclado para diversos propósitos de construcción en la era moderna donde tienen una importancia masiva. En climas semiáridos de la costa oriental de Chipre, Oncu S. & Bilsen H. (2016), menciona que deben ser mitigados para minimizar los posibles daños estructurales de las estructuras superpuestas debido al comportamiento de hinchamiento y contracción de los suelos, causado por los cambios climáticos. En el estado de la India, Satyanarayana C. et al. (2021) como es deseable hacer la construcción con estratos adecuados para los terraplenes de las carreteras y con ello minimizar costos de construcción hace viable la utilización de chatarra para minimizar esfuerzos, ya que las arcillas con excesos de finos más del 30% posee valores CBR bajos. Igualmente, en el estado de Gujarat, Srivastava A. et al. (2014), utilizan los desechos de llantas para alterar las propiedades del suelo y así brindar soluciones sostenibles a problemas complejos de ingeniería. Pues se estima que aproximadamente 1.500 millones de neumáticos de desecho se generan cada año en todo el mundo, Xu J. et al. (2020). Ahora considerando la información en Latinoamérica en Bogotá D.C. como mencionan, Guataquira N. y Gaona C. (2020),

dando viabilidad en la utilización de fibra de yute en la estabilización de subrasante con valores óptimos en características físico-mecánicas (CBR y Módulos). En Colombia, James J. et al. (2021), se empleó la utilización de cal y fibras de cobre, para la estabilización la cual generó un suelo reforzado de mejores características. **A nivel nacional**, es relevante contar con una infraestructura vial de pavimento o vías de acceso que se hallen en buen estado dando así una certeza de seguridad y eficacia. El deterioro de caminos a nivel nacional ha incrementado cotidianamente, esto tiende por diversos factores como naturales, incremento de cargas, mala compactación, malos procesos constructivos, desestabilización de taludes, malas gestiones éticas entre otros; es relevante analizar el mejoramiento de sus características en la adición de materiales cuando contengan cantidades de fibras metálicas. Ya en las últimas décadas, han sido creadas técnicas novedosas para mejorar las capacidades del suelo una de las cuales es el empleo del uso de astillas de neumáticos, donde se tiene notables características de resistencia. En ciertas zonas del Perú como Cuzco, encontramos diversas clases de suelos que fueron materia de estudio, incorporándose fibra de polietileno, caucho de neumáticos y fibras de acero, Ccorimanya A. (2016), en el cual centra el problema en la carencia de capacidad portante en los suelos de vías urbanas no pavimentadas en Cuzco, dando como solución la aplicación de Polietileno Tereftalato considerando longitud de 5 cm y 0.25 mm, 0.4 mm, 1 mm y 1.3 mm de ancho de la fibra, dando con certeza de aplicabilidad en la subrasante de acuerdo a la MTC. En tanto en Talara, Piura, según Pusari Q. y Rodriguez M. (2020), la mejora en las propiedades en cohesión y ángulo de fricción y de resistencia al corte de suelo arcilloso en sustitución al peso seco es al 5%, usando el vidrio reciclado y fibras de polipropileno. En Cajamarca, Cubas C. (2019), mencionan que se ha implementado el uso de caucho granulado en muestras de afirmado, teniendo disminución en sus propiedades con dosificaciones del 3%, 5% y 7%, no obstante, aún se debe profundizar más en el tema de estudio.

**En la región** de Tacna, distrito de la Yarada los Palos, provincia de Tacna, donde actualmente presentan calles sin pavimentar, teniendo una población de 5559 hab., según el censo del 2017. Muchas de las vías en este distrito encuentran a nivel de subrasante y contienen material arcilloso, por lo general, presenta la escasez de lluvias en todo el año; ante este requerimiento de uso y para mejorar su



estabilización se planteó su mejoramiento incluyendo un material, como es el empleo de astillas de neumáticos, que logre disminuir su contenido de humedad, disminuir su índice de plasticidad y por ende aumentar su capacidad portante, beneficiando así al sector de La Cooperativa-Los Palos, los pobladores, transportistas beneficiando así los sectores de agricultura para la movilización de mercancía, por ende, se propuso una alternativa de utilizar astillas de neumáticos en ciertas cantidades, este último considerando su tamaño de 8 x 8 mm., y así determinar su influencia en el mejoramiento de la subrasante.

De acuerdo a los testimonios anteriores mencionados, son vitales para evaluar como influye las astillas de neumáticos en la estabilización de suelos del distrito de la Yarada-Los Palos, Departamento y provincia de Tacna.

**Formulación del Problema:** Diversas vías en el Distrito de la Yarada-los Palos, se hallan a nivel de trocha compuesta en su gran parte de estratos arenosos limosos, ante ello el requerimiento de mejorar la estabilización de sus suelos, se propuso su mejoramiento adicionando astillas de neumáticos, y logre reducir su contenido de humedad, disminuir su índice de plasticidad y por ende acrecentar su capacidad portante y próctor modificado.

Es así, que la investigación se ha propuesto el actual **Problema General:** ¿De qué manera influye la adición de las astillas de neumáticos en la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022?, similarmente, se planteó los **Problemas Específicos: PE1:**¿Cuánto influye la adición de las astillas de neumáticos en el límite de Atterberg de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022?; **PE2:** ¿Cuánto influye la adición de las astillas de neumáticos en el contenido de humedad de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022?; **PE3:**¿Cuánto influye la adición de las astillas de neumáticos en el Próctor modificado de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022?; **PE4:** ¿Cuánto influye la adición de las astillas de neumáticos en el CBR de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022?

**Justificación del Problema,** este estudio se justifica porque se ha planteado nuevas soluciones alternas para mejorar el estrato, proponiendo la utilización de astillas de neumáticos de mototaxis, carros etc., vehículos de la zona en el cual acarrea volúmenes de neumáticos considerables; ya que se dará una utilización y valor agregado, siendo esta propuesta que damos una búsqueda en la solución

ecológica al problema de estabilización en los caminos rurales: **Justificación práctica**, este proyecto de investigación buscará facilitar la variedad de posibles problemas actuales sobre carencia de propiedades mecánicas y físicas en los suelos arcillosos para caminos no pavimentados, pues estas posibles soluciones permitirán reducir las causas y moderar en cierta parte pérdidas económicas externas. **Justificación ambiental**, es importante porque permite una nueva alternativa de solución al aumento del desperdicio a causa del incremento de este material y desperdicios de neumáticos en el Distrito la Yarada-Los Palos región de Tacna, por lo que, el elemento mejorante es una nueva alternativa ambiental ya que los residuos generan acumulación en los botaderos de la ciudad. **Justificación económica**, en este aspecto resulta muy fructífero, pues ayudaría a mejorar la subrasante, con dosificaciones ya estipuladas, aparte la utilización como estabilizante en la subrasante aportaría en la reducción de costos que demandaría la estabilización de suelo con cemento o cal comúnmente usados con alto costo a comparación de utilizar astillas de neumáticos residuales que no tienen ningún costo alguno. **Justificación metodológica**, en el presente proyecto de investigación se empleará todas las metodologías de estudio validadas en su proceso determinado por el reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo.

En la actual investigación, se menciona la **Hipótesis General**: La adición de las astillas de neumáticos influye en la mejora la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022. Similarmente se menciona las **Hipótesis Específicas**: **HE1**: La adición de astillas de neumáticos en la estabilización de la subrasante presentan los límites de Atterberg, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022; **HE2**: La adición de astillas de neumáticos en la estabilización de la subrasante disminuye el contenido de humedad, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022; **HE3**: La adición de astillas de neumáticos en la estabilización de la subrasante aumenta el Proctor Modificado, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022; **HE4**: La adición de astillas de neumáticos en la estabilización de la subrasante aumenta el CBR, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022

Finalmente se propuso como **Objetivo General**: Evaluar de que manera influye la adición de las astillas de neumáticos para la estabilización de suelos a nivel de

subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022; en forma similar se propuso los **Objetivos Específicos: OE1:** Calcular cuanto influye la adición de las astillas de neumáticos en el límite de Atterberg de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022; **OE2:** Calcular cuanto influye la adición de las astillas de neumáticos en el contenido de humedad de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022; **OE3:** Determinar cuanto influye la adición de las astillas de neumáticos en el Próctor Modificado de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022; **OE4:** Determinar cuanto influye la adición de las astillas de neumáticos en el CBR de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Como **antecedentes internacionales**, se manifiesta que el empleo de fibras tanto plásticas, metálicas u orgánicas, y esto en grandes volúmenes generado por la actividad humana, conlleva efectos e impactos negativos al medio ambiente, entre diversos autores tenemos a **Ases C. (2021)**, en su **tesis de grado** quien tuvo como **objetivo principal**: proponer la estabilización de un talud mediante una geomalla en base de fibra de coco, situada en la parroquia Santa Rosa Cantón Ambato-Ecuador, planteó una **metodología** de tipo con propósito aplicada y enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño experimental, teniendo como población muestras de suelos considerando 4 calicatas, las dimensiones de las fibras fueron de 1 m. x 1 m. con una separación de 15 cm, ensamblándose 4 mallas en diferentes sentidos, y como **resultados** manifestó que el límite de Atterberg según la clasificación SUCS fue suelo arcilloso, índice de plasticidad de 9.96%, la muestra con fibra de coco el contenido de humedad fue de 6.67% a diferencia de la base que fue 10.09% mejorando las cualidades en la retención del agua, **concluyó** que las mallas de coco son una alternativa ambiental a corto plazo para estabilizar taludes.

**Rodriguez O. (2021)**, en la tesis se tuvo como **objetivo principal** demostrar la posibilidad de utilizar agregados cerámicos en la estabilización granulométrica del suelo para generar mezclas de alta calidad para ser utilizadas en capas de pavimento en dosis de 65%, 70%, 75% y 80%, en la ciudad de Ilhja Solteira-Brasil, se planteó como una **metodología** de clase aplicada con un nivel explicativo de enfoque cuantitativo, ya que se obtuvo como **resultados** que el índice de plasticidad fue de 7% siendo arcilla limosa, mostraron un aumento significativo del CBR con la adición de residuos cerámicos con valores de 78.3%, 74.3%, 68.2% y 49% para todas las proporciones estudiadas en comparación con el suelo natural siendo de 24.9%, **concluyó** que dichos residuos pueden ser empleados en estructuras de pavimento de carreteras.

**Camargo L. (2018)**, en su tesis de maestría tenía como **objetivo principal**: estudiar el comportamiento mecánico de los suelos tropicales (suelos tropicales) con fibras de PET (0.50% y 1%, se obtuvieron 2mm y 4mm en función del peso seco del suelo), muestreado en Viçosa, Minas Gerais-Brasil, la **metodología** de diseño experimental con enfoque cuantitativo se planteó, junto con las pruebas de

caracterización, California Bearing, los **resultados** mostraron una clasificación de acuerdo con SUCS del suelo 1 fue MH y el suelo 2 fue SC, mostró un IP de 38% y 10%, finalmente **concluyó** la estabilización de los suelos con la adición de fibras mostró mejoras en el estrato para las funciones de ingeniería.

Como artículos científicos tenemos a: **Satyanarayana C. et al. (2021)**, en su **artículo científico** tuvo el **propósito general** de establecer porcentaje óptimo de astillas de neumáticos de desecho de tamaño de 10 y 20mm en dosificaciones variables entre 0 a 20% en función al peso de suelo, situada en la India, como **resultados** manifestaron que el porcentaje óptimo de astillas de llantas por peso para la estabilización de suelos de arena arcillosa se determinó que el 15% con virutas de 10 mm de tamaño, y el CBR aumentan en un 85% y 65% respectivamente. **Concluyeron** que el estudio con 15% de astillas de llantas de desecho de 10 mm tiene potencial uso en la construcción de terraplenes altos, mejorando la rigidización de suelos mejor que utilizar las de tamaño de 20 mm.

**Ahmed D. (2018)**, en su **artículo científico** tuvo como **propósito general** estimar las propiedades mecánicas y el comportamiento de los neumáticos de desecho y sus mezclas con los suelos, se realizó un estudio experimental situada en la India, con muestras de suelos con dosificaciones de astillas de neumáticos al 0, 10, 20, 30 y 40% en peso del suelo. Como **resultado** manifestó que el suelo fue un limo (ML) basada en SUCS con LL: 18%, LP:15% y IP:3%, con un contenido de humedad de 13%, mostró que la ventaja de reutilizar las virutas de neumático para tratar suelos arenosos y limosos arenosos es sustanciosa, **concluyó** que la mezcla de virutas de neumático en suelo limo arenoso indicaron que el 30 % es el valor adecuado.

**Prasad D. et al. (2021)** en su **artículo científico** tuvo como **propósito general** determinar el porcentaje óptimo de residuos de fibra de bambú, con ensayos California Bearing Ratio, próctor modificado y contenido de humedad, considerando un material suelo de algodón negro de alta compresibilidad (CH), considerando dosificaciones en peso del suelo en 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de fibra de bambú, como **resultados** mostraron que las pruebas de laboratorio el porcentaje óptimo de neumáticos empleados con material de fibra de bambú es del 0.5% al 2% tuvo tendencia a aumentar el contenido de humedad con 26.9% al 31.52% con respecto

al modelo patrón que tuvo 24.69%, **concluyeron** que la mezcla de fibra de bambu en suelo limo (CH) indicaron que el 2 % de fibra tuvo mayor contenido de humedad. **El-Maaty Behiry A. (2014)**, en su artículo científico tuvo como **objetivo principal**: evaluar las propiedades mecánicas con residuos procedentes de aluminio en fibras (AW) en porcentaje de 0.1%, 0.5%, 1% y 4% en función al peso seco del suelo en la estabilización de suelos a nivel de subrasante, ubicado en Nile Vally-Egypto, se empleó una **metodología** experimental con enfoque cuantitativa, los **resultados** mostraron que con fibras de aluminio de 2 cm de longitud, produjo una notable reducción en el espesor de la capa base con 4% de AW, con un valor de CBR de 35.26% y el patrón de 10.56%, **concluyendo** que el refuerzo de aluminio mejora las características mecánicas, el beneficio potencial depende de la forma, el tamaño y la cantidad de fibras de aluminio.

Como **antecedentes nacionales en el Perú**, se menciona a **Cubas C. (2019)**, en su **tesis de pregrado** tuvo como **objetivo general** de establecer la severidad mecánica de un material para afirmado tras la incorporación del caucho granulado (2mm – 6mm) en dosificaciones en 3, 5 y 7% situada en Cajamarca, planteó una **metodología** de tipo con propósito aplicada y enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño experimental, obtuvo como **resultados** que presentó un suelo GC (gravoso arcilloso), límite líquido de 11.60% y no presenta límite plástico por considerarse granular, su capacidad de soporte CBR de 55.63% a comparación con 3% de fibra de caucho 16.5%, con 5% de fibra de caucho 13.91% y con 7% de caucho fue de 8.8% respectivamente, su OCH aumenta a medida que crece la dosificación caso contrario sucede con su MDS que disminuye, se **concluyó** que no es viable utilizarlo en un suelo gravoso arcillosos, pues mostró un aumento del OCH y por ende redujo su CBR y MDS.

**Abregu C. (2019)**, en su **tesis de grado** tuvo como **objetivo principal**: determinar la influencia de fibra de caucho en las características mecánicas en la base granular, situada en Huancayo - Perú, planteó una **metodología** de clase aplicada y enfoque cuantitativa, al adicionar fibras de caucho 0.5%, 1.5%, 3% en relación al peso, **resultados** manifestó que con la incorporación de fibra de caucho es un 0.5%, donde CBR fue 118.30% y aumentó un 24.60% respecto al patrón que fue 93.7%, su óptimo contenido de humedad aumenta en 0.10% y su máxima densidad seca (M.D.S) fue de 2.19 gr/cm<sup>3</sup> y se reduce un 0.03% respecto al patrón de 2.22

gr/cm<sup>3</sup>, **concluyó** que aumento con el menor porcentaje de 0.5% de fibra de caucho, y aseguró las propiedades mecánicas.

**Gregorio V. (2021)**, en su tesis de pregrado tuvo como **objetivo general** evaluar la influencia del uso de malla de polietileno de baja densidad para la subrasante ubicado en Ca. Nicaragua, Distrito de Ventanilla-Lima, planteó una **metodología** de tipo con propósito aplicativa y enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño experimental, como **resultado** de CBR en terreno natural mostró 19.70% si colocamos las mallas de polietileno a 1 cm y 2 cm creció la fortaleza a 22.40% y 23.40% respectivamente, **concluyó** que similarte se instaló la malla de polietileno a 3 cm y 5 cm lo cual indica la reducción de la fortaleza del suelo a 16% y 15.60% respectivamente.

**Luna B. y Quispe H. (2021)**, en su tesis de pregrado tuvo como **objetivo general** determinar la influencia de la fibra de Agave Americana tratada con óxido de calcio en la estabilización de suelos arcillosos situada en Cusco, mediante el análisis de la densidad máxima seca, contenido óptimo de humedad, CBR y permeabilidad, la población consideró muestras de suelos en calicatas la cantidad fue de 3, plantearon una **metodología** de tipo con propósito aplicativa y enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño experimental, los **resultados** de la investigación nos indicaron que la dosis de fibra de agave americana (20, 60 y 100mm) en 2, 6 y 15% en peso seco del suelo tratada con óxido de calcio al 0.5, 1.5 y 5%, tuvo un LL: 27.37%, LP:10.34% e IP:17.03%, siendo arcilla baja plasticidad CL e influye significativamente en el contenido óptimo de humedad en 0.696% y densidad máxima seca es 1.87 gr/cm<sup>3</sup>, **concluyeron** que el empleo de la fibra de agave americana tratada con óxido de calcio no ayuda en la estabilización de suelos arcillosos ya que por cada 1% en peso de la fibra de agave america que se añade el CBR redujo en 0.13%.

A **nivel local**, no se ha encontrado información relacionada este estudio, con similares características, ya que la presente investigación se impulsa debido a la preocupación que existe por el aumento de los residuos de neumáticos del parque automotor, específicamente neumáticos utilizados, el cual se plantea utilizarlos o reutilizar dicho material para obtener beneficios sociales, técnicos y ambientales, como es el caso de las astillas de los neumáticos, con la finalidad de estabilizar suelos del distrito de la Yarada-Los Palos, provincia y departamento de Tacna,

localidad de estudio, dando así una mejor calidad de suelos en sus características físicas y mecánicas.

Como **bases teóricas** podemos indicar que: La estabilización, **se define** como el material en construcción de su suelo, es base en todo proyecto de ingeniería que está presente (Amhadi T. & Assaf G., 2019). Presentando de dicho modo características adversas con una alta comprensibilidad, y/o permeabilidad donde es mejorado y estabilizado (Razali R. & Malek C., 2019). **Definición de suelo**, el concepto en la rama de ingeniería civil, es tratado como un material empleado para las estructuras (Kiran A., 2019). De modo que es un soporte para infraestructuras por lo cual se debe tener buenas características para el soporte (Ikeagwuani C. & Nwonu D., 2019). **Clases de suelos**, el suelo para lograr ser mejorado es esencial para poder excavar debajo de su nivel subrasante (Holt C., 2010). De dicho modo al poder sustituir totalmente o a su vez parcialmente, con un material de préstamo (Jayanthi P. & Singh D., 2016). Al mejorar sus cualidades de subrasante por lo cual se logra emplear compuestos que son estabilizadores del suelo (Afip I. & Jusoff K., 2019). **Arcilla**, las arcillas tienen su composición en minerales que comúnmente emplean silicatos de aluminio (Hamidi S. & Marandi S., 2018). Que son determinados por unidades básicas, etc (Melia M. et al., 2020). Son partículas submicroscópicas, alcanza tamaños de granos de 2 micrómetros en tamaño con un rango de 2 – 5 micrómetros (Tan X. et al., 2017).

**Tipo de estabilizaciones**, considera la **estabilización mecánicas** permite poder adquirir una capacidad en soporte, de su material realizado por modificaciones (Onyelowe K. et al., 2018). Sin tener de poder imponer externos agentes que logren modificar sus cualidades y orgánico (Adeoye A. et al., 2018). **Estabilización química**, considera un origen inorgánico y orgánico, subdividiéndose en alcalino, ácido que tiene mayor reacción, en dichos suelos arcillosos (Murthy G. et al., 2018). Modificándose en los precursores que son puzolánicos en un carácter cementante modificándose sus cualidades con respecto al suelo (Hou Y. et al., 2021).

**Ensayos físicos, Granulometría**, se define como la operación que determina a la distribución de los tamaños de las partículas o granos que está compuesta la muestra (Samiei-Fard R. et al., 2021). **Límites de consistencia**, nos permiten poder identificar en suelos expansivos pues de dicho modo entre ellos el contenido



del agua (Muttashar W. et al., 2021). El límite del líquido y sus porcentajes de granos finos, como se presenta la tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación de suelos según el índice de plasticidad.

Índice de plasticidad	Plasticidad	Límite plástico
IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos
7<IP<20	Media	Suelos arcillosos
IP<7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP=0	No plástica	Suelos exceptos de arcilla

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014)

**Ensayos mecánicos, Próctor**, se logra conceptualizar como un enlace entre su óptimo contenido de humedad y la densidad seca máxima (Fakhrabadi A. et al., 2021). Se aplica esfuerzo o a través de su energía específicamente en la compactación (Ventaka A. et al., 2016). Por lo cual consta del pistón de caída cilíndrica o una caída en 20 entre 40 cm, dentro de dichos moldes en 10 entre 15 cm (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014). Depende de su clase en el suelo. **CBR**, de este modo las siglas que son nominadas como California Bearing Ratio, el cual es medido por el corte de suelo (Anil S. et al., 2015). Dicha densidad es controlada por que aparte de poder medirse en su carga que es vital en un pistón con determinada velocidad (Tapu T. et al., 2020). Puede penetrar dicha muestra que es compactada de su suelo, por lo cual al sumergido en agua (Bui H. et al., 2020). Se puede notar un cambio volumétrico producido por hinchazón.

**Neumáticos** actualmente los neumáticos usados suponen un problema grave a niveles medioambientales, ya que la naturaleza no es capaz de asimilar componentes contaminantes (Urrego-Yepes W. et al., 2017). Es así, que es prioritario reciclarlos, ya que anualmente se desechan más de 300 mil toneladas de neumáticos que es necesario reciclar y gestionar de forma idónea (Peláez-Arroyave, G. et al., 2017). Algunas fuentes de neumáticos usados pueden ser: a) Neumáticos montados en carros de segunda mano que han comercializado o carros de desecho; b) Neumáticos viejos que se emplean para aplicaciones poco exigentes como remolques; c) Neumáticos modificados por motivos distintos de la finalización de su vida útil, en sustitución de neumático de alto rendimiento (Alvarez G., 2017).

**Utilidad de neumáticos**, el gran volúmen de neumáticos de desecho terminan en vertederos o se apilan en el paisaje en un gran volúmen, siendo problemas al ocupar gran cantidad de espacio (Hassan F. & Ahmed S., 2018). La **utilidad** de este material es ventajosa para mejorar el comportamiento dinámico de los nuevos materiales compuestos, especialmente en el caso de carreteras y terraplenes (Bernal-Sanchez J. et al., 2018). Basándose en las propiedades de los neumáticos, por ejemplo el peso unitario, la deformabilidad elástica, tiene vigencia en la aplicaciones de ingeniería civil (Ehsani M. et al., 2017).

**Características de los neumáticos**, siendo las más relevantes que deben reunir los neumáticos, la alta capacidad de carga, resistencia al desgaste, muestra de ligereza para que su peso sea el mínimo, facilidad de colocación y desmonte, alto grado de seguridad o fiabilidad (Mazur V., 2018). **Composición de los neumáticos**, considerando primeramente neumáticos de pasajeros (automóviles y camionetas), caucho natural 14%, caucho sintético 27%, negro de humo 28%, acero entre 14-15%, fibra textil entre 16-17%, peso promedio 8.6 kg, volúmen 0.06m<sup>3</sup>. Considerando neumáticos MCT (Camiones y microbuses), caucho natural 27%, caucho sintético 14%, negro de humo 28%, acero entre 14-15%, fibra textil entre 16-17%, peso promedio 45.4 kg, volúmen 0.36m<sup>3</sup> (Bhardwaj M. & Gupta S., 2021).

**Partes fundamentales de un neumático**, a) Banda de rodamiento, usualmente de hule su objetivo es dar tracción y frenado; b) Cinturón o estabilizador, son capas especialmente de acero dando fortaleza al neumático y protege a esta de picaduras; c) Capa radial, son los cinturones, que contienen la presión de aire y la banda de rodamiento; d) Costado o pared, el hule está especialmente compuesto para soportar la flexión y la imterperie; e) Sellante, contiene dos capas de hule especial preparado para soportar la difusión del aire, sustituye la función de las cámaras; e) Relleno, piezas de hule que porporcionan una transición suave del área rígida del talón; f) Talón, es el ancla de cimentación de la carcaza que mantiene el diámetro de la llanta (Rocío S., 2012), como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Esquema de las partes de un neumático comercial

Fuente: (Rocío S., 2012)

**Tipos de neumáticos**, existen variedad de tipos de llantas para cada estación del año, neumáticos para autopistas, llantas para verano usados en caminos tanto lluviosos como secos; Neumáticos para nieve, proveen máxima tracción en condiciones donde el camino es cubierto por caps de hielo; Neumáticos para toda temporada, proporcionan una buena manejabilidad; Neumáticos de alto desempeño, dan un elevado grado de manejabilidad, agarre y desempeño soportando altas temperaturas y velocidades (Abas F. et al., 2015); **Tipos de construcción**, se considera Neumático convencionales, tiene una construcción diagonal de sus capas de tal forma que las cuerdas queden inclinadas al eje de la llanta, brinda dureza y estabilidad (Ludvigsen S. et al., 2020); Neumáticos radiales, las cuerdas se forman en semi ovalos esto permite que sea más suave que el convencional, contribuye a una disminución del consumo de combustible (Phu B. et al., 2018).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo

Según Hernández L. et al. (2014), considera el tipo de estudio en enfoque y propósito, donde enfoque contiene al cuantitativo (variables medibles) y cualitativos (emplea análisis de datos para procesar las nuevas interrogantes) y por último mixtos (mezcla de ambos); por propósito tenemos básica (genera nuevos conocimientos) y aplicada (solución a un problema).

En consecuencia, la investigación actual es por enfoque de **tipo cuantitativo** por que la variable independiente astillas de neumáticos y la variable dependiente estabilización de suelos a nivel de subrasante son de carácter cuantitativo y por propósito de **tipo aplicada**, ya que se impuso en acción la sabiduría previa en los diseños de estabilización de suelos para analizar las características físicas y mecánicas de los suelos, adicionando en peso de suelo astillas de neumáticos en la preparación de las briquetas. Con el motivo de optar un diseño ideal con una determinada dosificación del aglutinante (astillas de neumáticos).

##### 3.1.2. Nivel

Según Hernández L. et al. (2014), menciona distintos niveles como: explorativo (investigación que no tiene mucha información), explicativo (se centra en explicar la ocurrencia del fenómeno de una o más variables), descriptivo (da información de forma independiente a variables a las que se refieren), correlacional (relación de asociación de varios conceptos o unos).

De acuerdo a lo anteriormente descrito el trabajo de investigación es de **nivel explicativo**, pues explica que incorporando astillas de neumáticos va a generar un efecto en el mejoramiento de capacidades físicas y mecánicas de la subrasante (causa y efecto).

##### 3.1.3. Diseño

Según Hernández L. et al. (2014), menciona que está dividido en experimental y no experimental, en tanto la experimental se sub divide en: experimental puro (logra control y validez interna), cuasi experimental (manipula deliberamente la variable dependiente) y pre experimental (tiene un solo grupo de control).

Por lo tanto, el estudio se valida como un **diseño cuasi experimental**, se dirige a propósito (manipula variable independiente dosis en forma aleatoria), las

dosificaciones del aglutinante de astillas de neumático con dimensiones de 8 x 8 mm, (0%, 8%, 12% y 16%) en función al peso del suelo, impuestas por el investigador, cuantificando cuatro (04) diseños en total que retribuyen al modelo patrón y tres (03) diseños del total son con la adición de astillas de neumáticos en 8%, 12% y 16%, dosificaciones deliberadamente en base a la documentación científica y tecnológica de variedad de autores. Autores internacionales, consideraron proporciones de 0 a 20% con astillas de neumático en función al peso de suelo de tamaño de 10 y 20 mm.

### **3.2. Variables y operacionalización**

Se expresa las variables investigadas, delimitando la condición de cada una considerando independiente y dependiente con un enfoque cuantitativo.

#### **Variable independiente (V.I.): Astilla de neumático**

**Definición conceptual:** La astilla de neumático es obtenida de proceso de forma manual, la cual en un tiempo determinado se obtiene las astillas de neumáticos, que es extraído de la parte del neumático llamado estabilizados o cinturón. (Rocío S., 2012)

**Definición operacional:** En dicho estudio se empleó la dosificación de astillas de neumáticos se adiciona en forma proporcional peso del suelo en proporciones 0%, 8%, 12% y 16% con tamaño de dimensión de mallas de 8 x 8 mm, empleándose tres (03) proporciones de diseños: (B, B+8%AN, B+12%AN, B+16%AN); con el motivo de perfeccionar las características físicas (contenido de humedad y límites de Atterberg) y mecánicas (aumentar las cualidades de resistencia) de la subrasante del suelo.

#### **Variable dependiente (V.D.): Estabilización de suelos de la subrasante.**

**Definición conceptual:** Las características del suelo en su estado natural comprenden gran comprensibilidad, y/o permeabilidad, y son manipuladas para presentar mejores características en proyectos de ingeniería. (Razali & Malek, 2019)

**Definición operacional:** La preparación de estabilización de suelos se distinguen en sus cualidades físicas y mecánicas. Los diseños se mezclan con astillas de neumáticos, para que perfeccione sus características físicas-mecánicas en los suelos a nivel de subrasante, para este caso se mide su calidad empleando ensayos de laboratorio como el contenido de humedad, límites de Atterberg, CBR

y Proctor Modificado, para los cuatro (04) diseños estipulados (B, B+8%AN, B+12%AN, B+16%AN); donde B: Muestra base, AN: astillas de neumáticos, obteniendo un total de 24 muestras en total de un total de 03 calicatas, el ensayo de contenido de humedad se hará 06 muestras y 06 muestras para límites de Atterberg y para el ensayo de CBR, para cada diseño con un total de 06 briquetas, y con el ensayo de Proctor Modificado, se realizará cada diseño con un total de 06 briquetas.

Finalmente, los resultados adquiridos se procesan en formatos y fichas técnicas según el MTC y el ASTM. La tabla de operacionalización de variables está en el anexo 3.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Se conceptualiza como, la comunidad que son de interés para el proyecto de investigación, para que pueda inferir de la observación directa de la muestra. Hernández L. et al. (2014)

La población es integrada por los suelos de las vías urbanas, localizadas en el distrito de la Yarada los Palos, provincia de Tacna, para ensayarse a pruebas de CBR y Proctor modificado, y de contenido de humedad y límites de Atterberg, para diversas combinaciones de diseño base y diseño experimental con las astillas de neumáticos de tamaño considerado de 8 x 8 mm, aplicado al modelo base denominado "B" y a los 03 diseños adicionales con astillas de neumático denominado "AN", considerando de esta forma las abreviaturas mencionadas.

#### **Muestra**

Se conceptualiza, como el subconjunto de la población en el estudio, su determinación podría ser mediante técnicas estadísticas, y eso sujeto de la clase de estudio y cantidad de poblaciones de la conformación del estudio. Hernández L. et al. (2014)

La muestra tomada para el estudio viene a ser las vías del sector Cooperativa-Los Palos. Logrando investigar las propiedades en la estabilización con el aglutinante. Las dosificaciones a emplear para las proporciones son en base a la investigación de Satyanarayana C. et al. (2021), donde mencionó que al dosificar en función al peso del suelo entre el 0 al 20% de astillas de neumáticos de tamaño de 10 x 10

mm y 20 x 20 mm, se tiene mejores resultados con 15% de astillas con tamaño de dimensión de ellas de 10 x 10 mm.

En este marco la normativa MTC capítulo IV - Suelos, manual de carreteras (2014), menciona que se deben hacer 1 calicata x km, para el tipo de carretera de bajo volumen de tránsito, con un total de longitud de tramo de estudio de 3.0 km aproximadamente, considerando 04 diseños (B, B+8%AN, B+12%AN, B+16%AN), resultando un global de 24 muestras (inalteradas) de 03 calicatas (C) en el sector de Cooperativa-Los Palos, como se muestra en la tabla 2, en tanto contabilizando la muestra hacen un total de 6 muestras para el ensayo de contenido de humedad como se muestra en la tabla 3, un total de 6 muestras para los límites de Atterberg, como se muestra en la tabla 4. Finalmente, respecto a las propiedades mecánicas un total de 6 briquetas para el ensayo de CBR, como se muestra en la tabla 5, y un total de 6 muestra para el ensayo de Próctor modificado, como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 2.** *Ubicación de calicatas de estudio*

Calicata	Ubicación	Profundidad (metros)	Progresiva	Coordenadas UTM	
				E	S
C-1	El sector Cooperativa -Los Palos	1.50	0+500	348234.80	7982187.33
C-2		1.50	1+500	347969.84	7981873.23
C-3		1.50	2+500	347537.15	7981647.82

Fuente: elaboración propia



**Figura 2.** *Ubicación de calicatas en la zona de estudio*

Fuente: Google Earth

**Tabla 3.** Cuantía de muestras de investigación para el ensayo de contenido de humedad en suelos.

NOMENCLATURA	% DE CONTENIDO ADICIONANDO EN FUNCIÓN AL PESO SECO		CANTIDAD DE MUESTRAS	SUB TOTAL
	SUELO	ASTILLA DE NEUMÁTICO		
B – C01	100	0	1	1
B+8%AN - C01	100	8	1	1
B+12%AN - C01	100	12	1	1
B+16%AN – C01	100	16	1	1
B – C02	100	0	1	1
B+8%AN - C02	100	8	--	0
B+12%AN - C02	100	12	--	0
B+16%AN – C02	100	16	--	0
B – C03	100	0	1	1
B+8%AN - C03	100	8	--	0
B+12%AN - C03	100	12	--	0
B+16%AN – C03	100	16	--	0
SUB TOTAL				6

Fuente: elaboración propia

**Tabla 4.** Cuantía de muestras de investigación para el ensayo de límites de Atterberg en suelos.

NOMENCLATURA	% DE CONTENIDO ADICIONANDO EN FUNCIÓN AL PESO SECO		CANTIDAD DE MUESTRAS	SUB TOTAL
	SUELO	ASTILLA DE NEUMÁTICO		
B – C01	100	0	1	1
B+8%AN - C01	100	8	1	1
B+12%AN - C01	100	12	1	1
B+16%AN – C01	100	16	1	1
B – C02	100	0	1	1
B+8%AN - C02	100	8	--	0
B+12%AN - C02	100	12	--	0
B+16%AN – C02	100	16	--	0
B – C03	100	0	1	1
B+8%AN - C03	100	8	--	0
B+12%AN - C03	100	12	--	0
B+16%AN – C03	100	16	--	0
SUB TOTAL				6

Fuente: elaboración propia



**Tabla 5.** Cuantía de muestras de investigación para el ensayo de CBR en suelos.

NOMENCLATURA	% DE CONTENIDO ADICIONANDO EN FUNCIÓN AL PESO SECO		CANTIDAD DE MUESTRAS	SUB TOTAL
	SUELO	ASTILLA DE NEUMÁTICO		
B – C01	100	0	1	1
B+8%AN - C01	100	8	1	1
B+12%AN - C01	100	12	1	1
B+16%AN – C01	100	16	1	1
B – C02	100	0	1	1
B+8%AN - C02	100	8	--	0
B+12%AN - C02	100	12	--	0
B+16%AN – C02	100	16	--	0
B – C03	100	0	1	1
B+8%AN – C03	100	8	--	0
B+12%AN – C03	100	12	--	0
B+16%AN – C03	100	16	--	0
SUB TOTAL				6

Fuente: elaboración propia

**Tabla 6.** Cuantía de muestras de investigación para el ensayo de Próctor Modificado en suelos.

NOMENCLATURA	% DE CONTENIDO ADICIONANDO EN FUNCIÓN AL PESO SECO		CANTIDAD DE MUESTRAS	SUB TOTAL
	SUELO	ASTILLA DE NEUMÁTICO		
B – C01	100	0	1	1
B+8%AN - C01	100	8	1	1
B+12%AN - C01	100	12	1	1
B+16%AN – C01	100	16	1	1
B – C02	100	0	1	1
B+8%AN - C02	100	8	--	0
B+12%AN - C02	100	12	--	0
B+16%AN – C02	100	16	--	0
B – C03	100	0	1	1
B+8%AN - C03	100	8	--	0
B+12%AN - C03	100	12	--	0
B+16%AN – C03	100	16	--	0
SUB TOTAL				6

Fuente: elaboración propia

## **Muestreo**

Se define como el procedimiento para el muestreo del tipo no probabilístico por conveniencia, pues se fundamenta en el criterio del estudioso o grupo de investigadores, no se fundamenta de una fórmula como tal; en tanto, el criterio que prima en este muestreo es la pretensión que prosigue el investigador. Hernández L. et al. (2014)

El muestreo estuvo congregado por la elaboración de tres (03) calicatas de 1.50 m de profundidad, en el sector Cooperativa-Los Palos.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas de recolección de datos**

Se define como, la mayoría de datos adquiridos que se deben imponer en formatos idóneos de recolección de información de datos; ejemplificando como los formatos para el estudio de tráfico, estudio de suelos o concreto. Hernández L. et al. (2014) Por consiguiente, se empleará la observación directa como método de recopilación de datos, ellos son para obtener ciertas posibles alternativas de salida a los desafíos, y así acreditar las hipótesis propuestas. Por lo tanto, las fuentes científicas, repositorios institucionales, bases teóricas indexadas, libros normativos, teniendo como técnicas la cuasi experimentación.

Consecuentemente, se utilizará los reglamentos estipulados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, ASTM D2216 (Contenido de humedad); ASTM D4318 (Ensayo de Límites de Atterberg); ASTM D1883 (CBR) y ASTM D1557(Próctor modificado).

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Es vital como la cuantificación de registrar los datos observados que son verídicamente observables y visto por un profesional, no obstante, la recopilación de valores tiene que satisfacer requisitos relevantes como son la confiabilidad y la validez para todo estudio. Hernández L. et al. (2014)

De modo que, para la investigación se puede elaborar y así con los ensayos respectivos adquirir los datos representativos, se tiene lo siguiente:

- Visualización.
- Formatos de recolección de datos (Indicadores de la V. Independiente).
  - Ficha Técnica N°1: Astillas de neumáticos – 1A (Anexo N°3)
- Formatos de recolección de datos (Indicadores de la V. Dependiente).

- Ficha Técnica N°2: Contenido de humedad – 2A (Anexo N°3)
- Ficha Técnica N°3: Límites de Atterberg – 2B (Anexo N°3)
- Ficha Técnica N4: California Bearing Ratio – 2C (Anexo N°3)
- Ficha Técnica N°5: Próctor modificado – 2D (Anexo N°3)
- Formatos de laboratorios y ensayos a realizar.

**Tabla 7.** Resumen de ensayos a realizarse en la investigación de estudio.

Descripción	Ensayos	Instrumentos
Ensayos de laboratorio	Ensayos de contenido de humedad	Fichas de resultados de laboratorio según ASTM D2216
	Ensayo de Límites de Atterberg	Fichas de resultados de laboratorio según ASTM D4318
	Ensayo de CBR	Fichas de resultados de laboratorio según ASTM D1883
	Ensayo de Proctor Modificado	Fichas de resultados de laboratorio según ASTM D1557

Fuente: Elaboración propia

**Confiabilidad**, se considera como un análisis de los datos obtenidos, las cualidades y atributos de una investigación logra mostrar, pues llevará originalidad y veracidad. Hernández L. et al. (2014)

Se anuncia como la imposición iterativa de un objetivo que será analizado o indagado, lo cual al ser analizado consiguiente debe manifestar consecuencias aleatorios o parecidos entre uno y otros resultados, y de los instrumentos que serán utilizados en el siguiente estudio.

La confiabilidad se expondrá mediante certificado de calibración de los equipos empleados para el trabajo de investigación.

Certificado N°1: Equipo CBR (California Bearing Ratio) en (Anexo N° 4)

Certificado N°2: Equipo Proctor modificado en (Anexo N°4)

**Validez**, concretar los resultados adquiridos en el entorno social para encontrar la mejora, se considera en las cualidades mecánicas de la estabilización de suelos, y la adición de astillas de neumáticos, y con ello perfeccionar la situación de la población. Hernández L. et al. (2014)

Se estipula, que se utiliza los instrumentos son involucrados a una validación de juicio experto o considera especialista., mediante evaluación de recolección de

datos, según la especialidad de estudio, puede ser utilizado en esta investigación empleando como referencia los reglamentos internacionales y nacionales actuales. Asimismo, la validez se elaboró por juicio de expertos de los cuales integrarán 03 profesionales especializados, con una calificación no superior a 0.5 para ser aprobado por dicha validez y así darle confiabilidad al estudio.

Experto 1: Casanova Velez Alfredo Andres CIP: 125927 (Anexo N°3)

Experto 2: Enedina Frisancho Paricahua CIP: 69995 (Anexo N°3)

Experto 3: Juan Jesús Alvarado Chacoli CIP: 245387 (Anexo N°3)

### 3.5. Procedimientos

Las cuantías de muestras se elaboraron en base a los reglamentos establecidos bajo la normativa del MTC Manual de carreteras, considerando las cuatro (04) combinaciones de diseños, con las cantidades adicionales como la astilla de neumáticos, ensayados en el laboratorio de materiales, suelos y pavimentos, siendo sometidos a ensayos físicos-mecánicos. Mostrando el desarrollo en las siguientes etapas hasta sus resultados.

#### **Etapas I: Recolección y obtención del material de Astillas de neumáticos**

- Se seleccionó los neumáticos de la zona, del distrito la Yarada-los Palos para el trabajo de investigación, considerando neumáticos de mototaxis por ser el vehículo de mayor predominancia en este distrito. Para ellos, se cuantificó las unidades vehiculares para realizar el cálculo aproximado de neumáticos residuales anualmente, como se muestra en la tabla 8.
- Luego se procedió al corte de la parte externa del neumático, con una cuchilla considerando el cuidado del caso. Posterior se lavaron los neumáticos para su extracción de las astillas, ya al estar libre de grasas y suciedad que pudieron tener se tiene un material libre de impurezas, luego de ello se cortó la plancha en las dimensiones estipuladas de 8 x 8 mm, para la inclusión en la estabilización de los suelos experimentales.

**Tabla 8.** *Cuantificación del material de neumáticos anualmente, en el distrito de la Yarada-los Palos-Tacna.*

Material	Unidad	Cantidad de neumáticos por unidad		
		Mensual	Recambio al año	Anualmente
Neumático de mototaxi	Und.	5,342.00	2.00	10,684.00

Fuente: Elaboración propia



*Figura 3.* Corte de la capa externa del neumático.

Fuente: Elaboración propia

- Se lavaron los neumáticos para su posterior extracción de las astillas, y libre de grasas, suciedad para poder tener el material libre de impurezas, luego de ello se cortó la plancha en las dimensiones estipuladas de 8 x 8 mm, para la inclusión en la estabilización de los suelos experimentales, tanto para la inclusión de 8%, 12% y 16% de astillas de neumáticos.



*Figura 4.* Lavado de neumáticos para corte de astillas.

Fuente: Elaboración propia

## **Etapa II: Elaboración de calicatas y muestreo de suelo natural**

- Se empezó en la coordenada UTM Zona 19K - 348661.91 m E, 7982402.38 m S y terminará en la coordenada 347184.67 m E, 7981475.47 m S, un tramo de 3000 metros aproximadamente, donde se realizaron 3 calicatas cada 1000 metros, a una profundidad de 1.50 metro de 1.20 x 1.20 metros de largo y ancho según el MTC E 104.
- La localización de la calicata N°1 se ubicó con coordenadas UTM: E: 348234.80 S: 7982187; la calicata N°2 con coordenadas: E: 347969.84 S: 7981873.23; y la calicata N°3 con coordenadas: E: 347537.15 S: 7981647.82; del lugar de estudio en el distrito de la Yarada-Los Palos, en el departamento de Tacna, donde se extrajo 235 kg de muestra en sacos, en total, para los respectivos ensayos de laboratorio y extracción de muestras inalteradas, según el MTC E 104.



*Figura 5.* Elaboración de calicatas en el tramo de estudio La Yarada-los Palos - Tacna

Fuente: Elaboración propia



*Figura 6.* Muestras inalteradas de calicatas.

Fuente: Elaboración propia

Se estableció la forma de ubicación de calicatas en el tramo de trocha en el distrito de estudio, como se detalla a continuación:

**Ubicación**

Departamento: Tacna

Distrito: Yarada-los Palos

Ubicación: Trocha de estudio sector Cooperativa – Los Palos



*Figura 7.* Mapa del Perú

Fuente: Google Earth



*Figura 8.* Mapa del Tacna

Fuente: Google Earth

**Localización:** Cooperativa – Los Palos



*Figura 9.* Localización de la trocha de estudio La Yarada-Los Palos

Fuente: Google Earth



El estudio se elaboró en la trocha del sector Cooperativa-Los Palos, está a cuarenta minutos de la provincia de Tacna, departamento de Tacna, donde se realizó 03 calicatas en las siguientes progresivas.

**Descripción: Calicata-01:**

Progresiva: 0+ 500 km

Profundidad: 1.50 m

Dimensiones: 1.00 x 1.20 m

Lado de vía: Izquierda



*Figura 10.* Excavación de Calicata - 01

Fuente: Elaboración propia

**Descripción: Calicata-02:**

Progresiva: 1 + 500 km

Profundidad: 1.50 m

Dimensiones 1.00 x 1.20 m

Lado de vía: Derecha



*Figura 11.* Excavación de Calicata - 02

Fuente: Elaboración propia

**Descripción: Calicata-03:**

Progresiva: 2 + 500 km

Profundidad: 1.50 m

Dimensiones: 1.00 x 1.20 m

Lado de vía: Izquierda



*Figura 12.* Excavación de Calicata - 03

Fuente: Elaboración propia



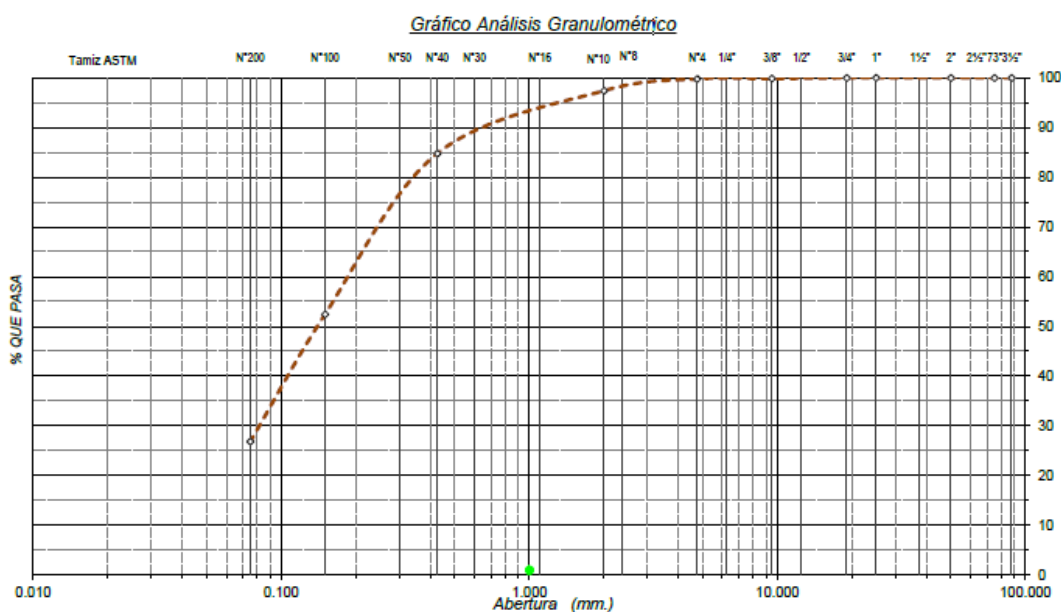
### **Etapas III: Ensayos de Laboratorio para suelo natural**

- Los ensayos se realizaron en el laboratorio TEST COMPANY E.I.R.L., ubicado en el mismo distrito de estudio en Tacna, se llevaron a cabo los ensayos físicos y mecánicos para suelos con fines de estabilización de la subrasante.
- Seguidamente se realizaron los ensayos físicos y mecánicos a las 03 calicatas, donde después de un análisis se seleccionó a la calicata con menores características de resistencia para realizar las dosificaciones de astillas de neumáticos.
- Se realizó la granulometría a las tres calicatas de estudio para determinar su clasificación SUCS y AASTHO.

#### **Trabajo de laboratorio**

En esta etapa se elaboró 03 calicatas en las diversas progresivas, considerando el Manual de Carreteras en la sección de suelos y pavimentos del 2014, nos indicó que la carretera perteneció a un bajo volumen de tránsito, y ello es 01 calicata por kilómetro, por lo tanto, se elaboró 03 ensayos granulométricos para identificar el terreno más desfavorable y ello es para hacer los ensayos respectivos para su mejoramiento con el estabilizante, considerando también sus características mecánicas.

#### **A. Granulometría de suelos de calicatas C-01, C-02 y C-03.**



*Figura 13.* Análisis granulométrico por tamizado de la calicata – 01.

Fuente: Elaboración propia

- Mediante la prueba de granulometría por tamizado se puede demostrar que el material adquirido de la **calicata – 01**, logró pasar el 26.8% a la malla #200 siendo un material con poca cantidad de finos, un 99.8% de material logró pasar por el tamiz #4 siendo considerado un material arenoso, arcilloso y por último un 0.2% de grava, según la ASTM D422.
- Mediante la muestra extraída de la calicata ubicada en el km 0 + 500 de la trocha La Yarada-Los Palos, se logró demostrar mediante la tipología SUCS considerando que la muestra es ARENA LIMOSA (SM) y mediante la clasificación AASHTO pertenece al grupo A-2-4 (0)

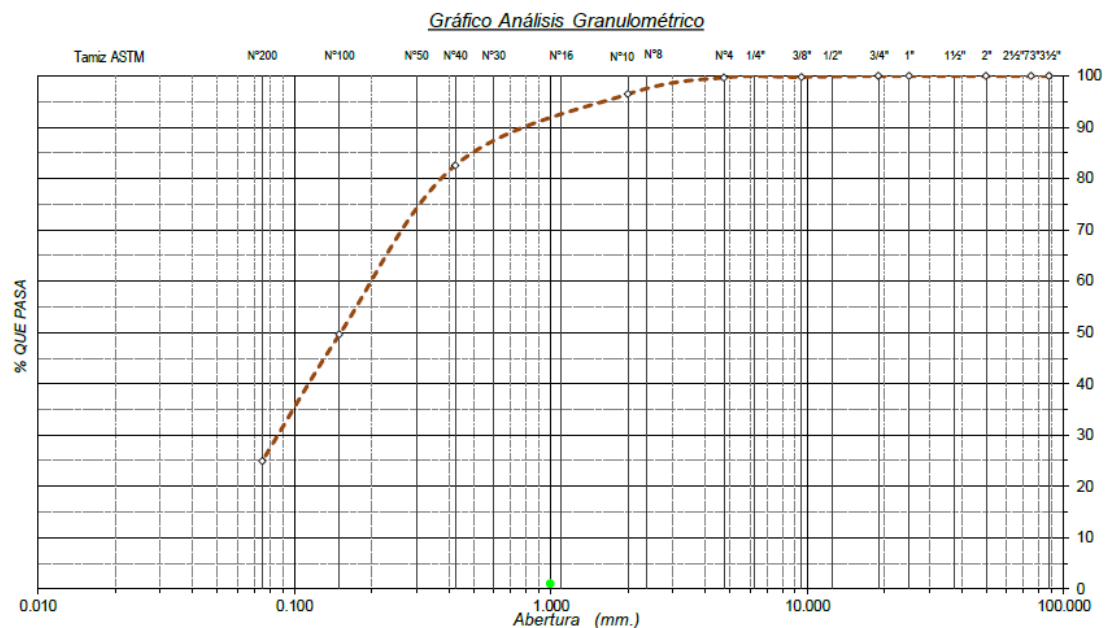
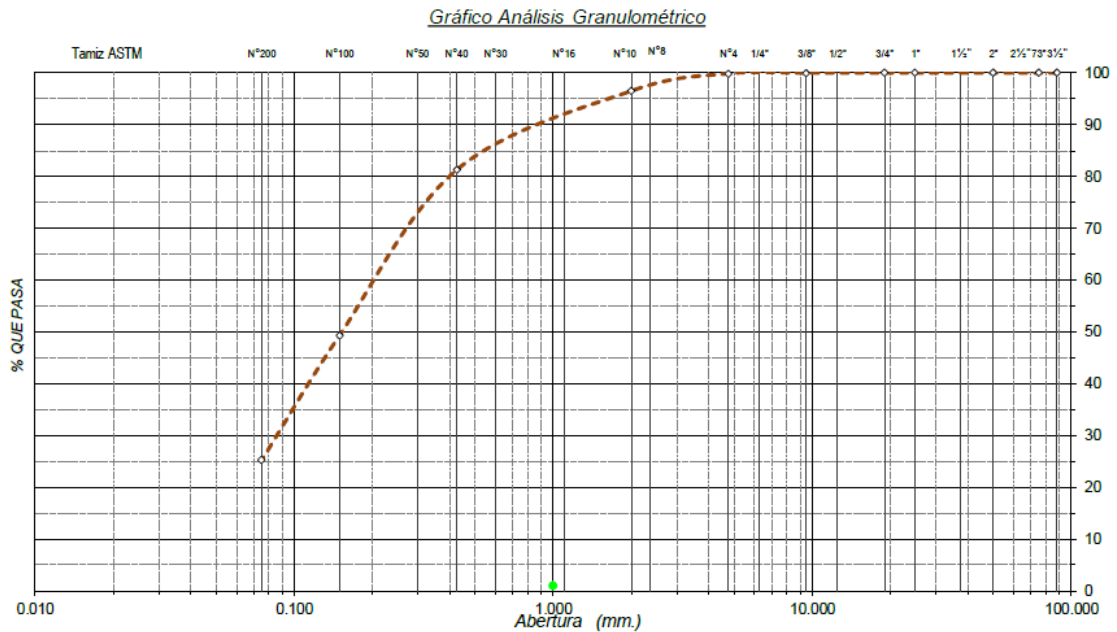


Figura 14. Análisis granulométrico por tamizado de la calicata – 02.

Fuente: Elaboración propia

- Mediante la prueba de granulometría por tamizado se puede demostrar que el material adquirido de la **calicata – 02**, logró pasar el 24.9% a la malla #200 siendo un material con poca cantidad de finos, un 99.7% de material logró pasar por el tamiz #4 siendo considerado un material arenoso, arcilloso y por último un 0.30% de grava, según la ASTM D422.
- Mediante la muestra extraída de la calicata ubicada en el km 1 + 500 de la trocha La Yarada-Los Palos, se logró demostrar mediante la tipología SUCS considerando que la muestra es ARENA LIMOSA (SM) y mediante la clasificación AASHTO pertenece al grupo A-2-4 (0).



*Figura 15. Análisis granulométrico por tamizado de la calicata – 03.*

Fuente: Elaboración propia

- Mediante la prueba de granulometría por tamizado se puede demostrar que el material adquirido de la **calicata – 03**, logró pasar el 25.3% a la malla #200 siendo un material con poca cantidad de finos, un 99.9% de material logró pasar por el tamiz #4 siendo considerado un material arenoso, arcilloso y por último un 0.1% de grava, según la ASTM D422.
- Mediante la muestra extraída de la calicata ubicada en el km 2 + 500 de la trocha La Yarada-Los Palos, se logró demostrar mediante la tipología SUCS considerando que la muestra es ARENA LIMOSA (SM) y mediante la clasificación AASHTOO pertenece al grupo A-2-4 (0).
- Se realizarán los ensayos de: Contenido de humedad - ASTM D2216, donde se obtuvo muestras representativas para adquirir su contenido de humedad de la muestra de suelo, perteneciente a cada calicata realizada, y luego posteriormente llevado al horno a 110°C, por 24 horas para luego estipularlo en la ecuación de la ASTM D2216, y así calcular su contenido de humedad.

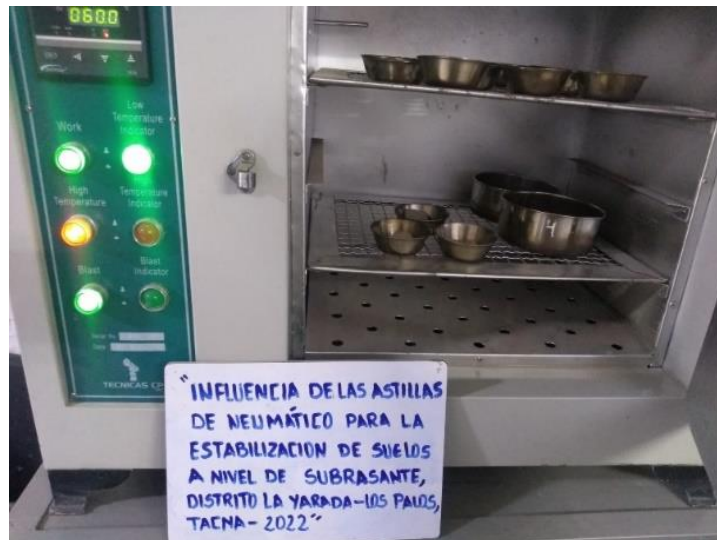


Figura 16. Ensayos de contenido de humedad muestra natural – C-02.

Fuente: Elaboración propia

- Los límites de consistencia previamente se realizaron una granulometría de la muestra global, para clasificar su tipo de suelos por la metodología SUCS y AASTHO, según ello se ve los porcentajes de contenido de gravas, arcillas y limos y pasante la malla N°200. En tanto para calcular el índice de plasticidad se tuvo que obtener previamente el límite líquido y el límite plástico, cada ensayo se le realizó a cada calicata para saber las propiedades representativas de cada una. Límites de Atterberg según ASTM D4318, según la tipología de suelo que se obtuvo como SC.
- No se procedió a realizarse el límite plástico y por ende obtener el índice de plasticidad, por lo que el suelo carece de plasticidad, pues solo se pudo obtener el límite líquido considerándose un suelo no plástico.



Figura 17. Límites de consistencia a muestra natural C-01

Fuente: Elaboración propia

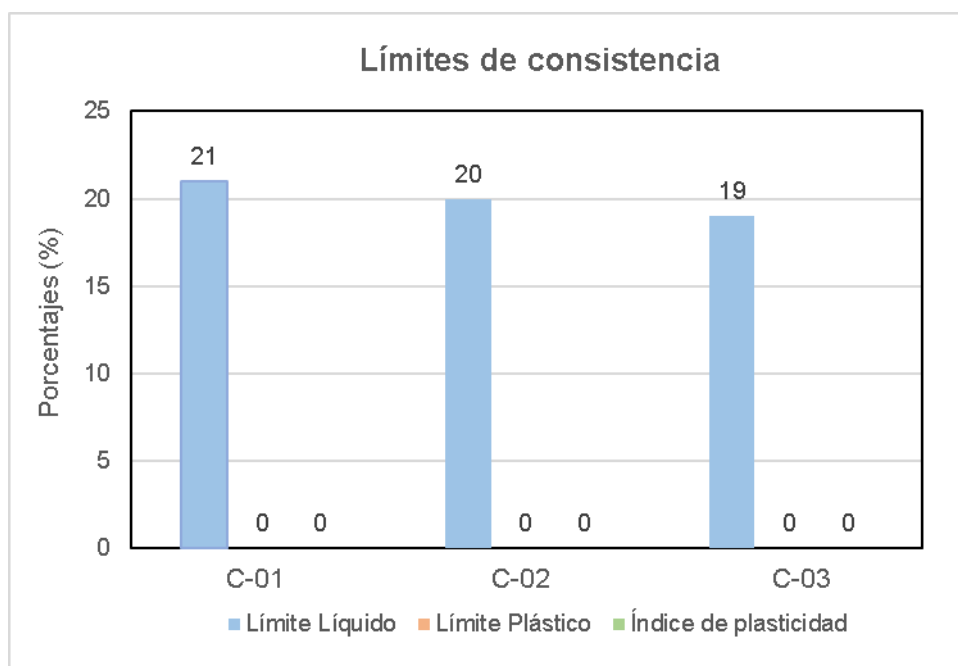
## B. Límites de consistencia de calicatas C-01, C-02 y C-03.

Según el ensayo de límites de Atterberg, considerando la ASTM D4318, para la muestra perteneciente a las calicatas, se determinó que el suelo característico es un suelo no plástico; por lo tanto, no se pudo determinar una curva de fluidez. Como se muestra en la tabla 9, que muestra un resumen de los ensayos de cada calicata elaborada.

**Tabla 9.** Límites de Atterberg para calicata C-01; C-02 y C-03.

ENSAYOS		CALICATA		
		C-01	C-02	C-03
Contenido de humedad		16,34%	16.18%	15,60%
Límite de Atterberg	Límite líquido	21%	20%	19%
	Límite plástico	NP	NP	NP
	Índice de plasticidad	NP	NP	NP

Fuente: Elaboración propia



*Figura 18.* Gráfico del límite de consistencia de la muestra natural de la de la C-01.

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Tabla 9, se puede visualizar que la muestra inicial de la calicata N°1, N°2 y N°3 tuvo un resultado de 16.34%, 16.18% y 15.60% de contenido de humedad. Considerando los límites de consistencia el Límite

líquido LL de 21.00%, 20% y 19%, Límite plástico LP no presentó y un índice de plasticidad IP que no presentó y ello debido a la presencia de zonas arenosas limosas en la zona, razón por la cual no presenta plasticidad, suelo no plástico  $IP=0$ , por ser un suelo SC.

### C. Próctor Modificado- OCH y MDS de calicatas C-01, C-02 y C-03.

- En cuanto a propiedades mecánicas, el Próctor modificado - ASTM D1557, este ensayo se realizó con la finalidad de determinar las relaciones entre el contenido de líquido y peso unitario seco del estrato compactado en un molde metálico, utilizando un pisón metálico dejándolo caer a una altura de 18 pulgadas, rigiéndose bajo la normativa ASTM D1557.
- En el cual se empleó una balanza con precisión de 0.1 grs, un horno para el secado, pisón de 4.55 kilogramos, un molde de diámetro de 4 pulgadas y un juego de tamices, pues se pasó material pasante por la malla N°4, la cual luego de compactarse se enrasó con una regleta metálica.



Figura 19. Proceso de Proctor modificado de la muestra natural de C-01  
Fuente: Elaboración propia

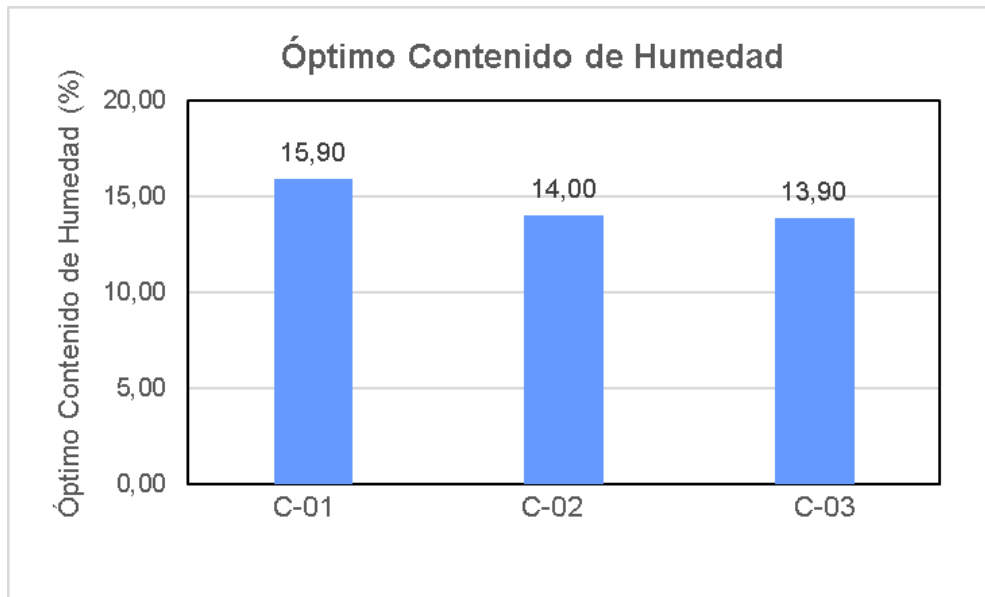


Figura 20. Gráfico de óptimo contenido de humedad inicial de la muestra patrón

Fuente: Elaboración propia

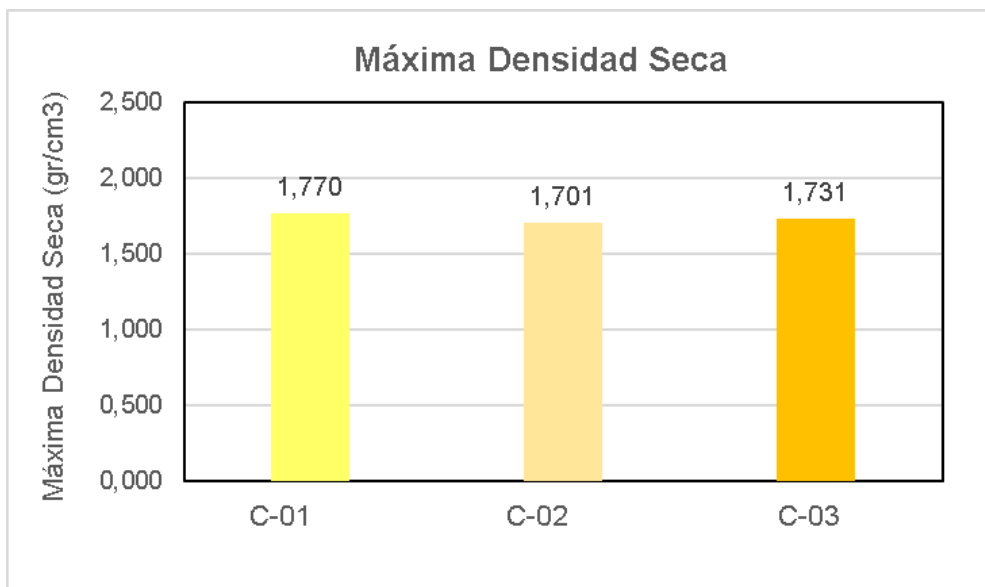


Figura 21. Gráfico de Máxima Densidad Seca de la muestra inicial de la muestra patrón

Fuente: Elaboración propia

#### D. California Bearing Ratio (CBR) de calicatas C-01, C-02 y C-03.

- El ensayo de California Bearing Ratio, es una de las propiedades mecánicas con normativa - ASTM D1883, este método de ensayo comprende la



determinación del CBR de subrasante de pavimentos, pues se empleó la máquina de carga, martillo de compactación, un molde cilíndrico de compactación, una placa de metal y el deformímetro, una sobrecarga metálica y el cilindro de penetración.

- Pues primero se preparó, la muestra representativa, posterior se tomó lectura de los pesos del molde, datos de sus dimensiones, luego se armó el equipo necesario para lograr la compactación.
- En ello se introdujo el disco espaciador sobre la base perforada y sobre el papel filtro, llevándose a cabo el proceso de compactación para quitar la camisa superior del molde y enrasar la muestra del suelo, determinando el resto el porcentaje de humedad.



Figura 22. Proceso de California Bearing Ratio en muestra natural C-03

Fuente: Elaboración propia



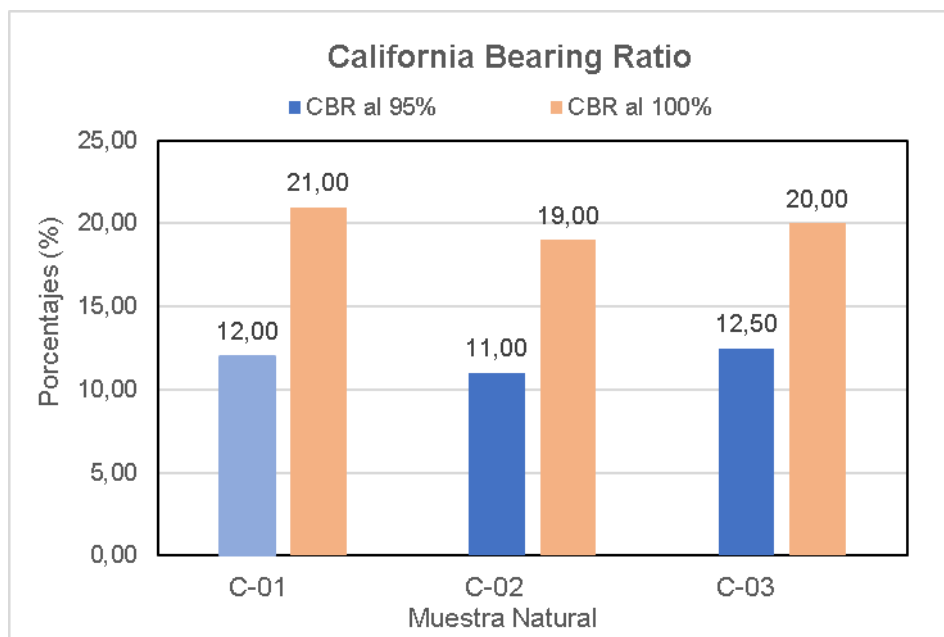


Figura 23. Gráfico de California Bearing Ratio (CBR) de la muestra natural

Fuente: Elaboración propia

- Como se muestra en la tabla 10, mediante dicho ensayo de CBR se adquirió como valor de la referencia de la muestra patrón una densidad de 1,701 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 14.00%. La muestra después de ser llevada a saturación se midió su capacidad portante o resistencia con una penetración al 0.1" el cual nos indica el CBR al 95% un valor de 11.00% y el CBR al 100% un valor de 19.00%. Esto nos indica que el suelo natural es bueno para uso en la subrasante. Mencionando que dichos valores corresponden a la calicata N°2.
- Mediante la muestra extraída de la calicata N°2 ubicada en el km 1 + 500 de la trocha en el sector Cooperativa-Los Palos, se logró demostrar mediante la tipología SUCS considerando que la muestra es ARENA LIMOSA (SM) y mediante la clasificación AASHTO pertenece al grupo A-2-4 (0), que es la que se tiene que mejorar, PUES ES LA QUE TUVO MENOR CBR de las tres calicatas elaboradas considerándose como una subrasante buena un CBR  $\geq 10\%$  a CBR  $< 20\%$ , como lo establece el MTC 2014 – Manual de Sesión de suelos y Pavimentos.

**Tabla 10. Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra natural**

ENSAYOS		CALICATA		
		N°1	N°2	C-03
Contenido de humedad		16.34%	16.18%	15.60%
Límite de Atterberg	Límite líquido	21.00%	20.00%	19.00%
	Límite plástico	NP	NP	NP
	Índice de plasticidad	NP	NP	NP
Clasificación de suelos	SUCS	SM	SM	SM
	AASHTO	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)
Próctor modificado	Óptimo contenido de humedad (OCH)	15.90 %	14.00 %	13.90 %
	Densidad máxima seca (DMS)	1.770 gr/cm <sup>3</sup>	1.701 gr/cm <sup>3</sup>	1.731 gr/cm <sup>3</sup>
California Bearing Ratio (CBR al 95% del MDS)		12.00%	11.00%	12.50%

Fuente: Elaboración propia

#### **Etapas IV: Preparación de muestras con la adición de astillas de neumáticos**

- Con la elaboración de los ensayos a las tres calicatas de dictaminó emplear la calicata N°2, por tener el CBR mas bajo por lo cual solo a está calicata se le realizó los ensayos con las adiciones de astillas de neumáticos correspondientes.
- Las muestras para contenido de humedad fueron en total de 06 muestras en para la calicata más desfavorable, en sus características mecánicas, luego de ello se procedió a realizar las combinaciones tanto del 8%, 12% y 16% de astillas de neumáticos en función al peso seco del suelo, utilizando una balanza para pesar las dosificaciones.



Figura 24. Ensayo de contenido de humedad con astillas de neumáticos

Fuente: Elaboración propia

- Las muestras para Límites de Atterberg fueron un total de 12 muestras en total para 01 calicata, la más desfavorable que fue la calicata N°2, con la cual se realizaron todos los ensayos tanto físicos como mecánicos con cada dosificación de astilla de neumático.



Figura 25. Muestras de límites de consistencia con astillas de neumáticos.

Fuente: Elaboración propia

- Para el Proctor modificado se realizarán 12 briquetas en total, 3 briquetas para cada dosis y 3 briquetas para el patrón para realizar un promedio de las 3 briquetas.



Figura 26. Ensayos de Próctor Modificado con astillas de neumáticos.

Fuente: Elaboración propia

- Para el CBR se realizarán 12 briquetas en total, 3 briquetas para cada dosis y 3 briquetas para el patrón para realizar un promedio de las 3 briquetas.



Figura 27. Ensayos de California Bearing Ratio con astillas de neumáticos de 8% y 16%.

Fuente: Elaboración propia

#### **Etapas V: Ensayos de especímenes con astillas de neumáticos**

- Se realizaron los ensayos de:
  - Contenido de humedad - ASTM D2216
  - Límites de Atterberg - ASTM D4318
  - CBR - ASTM D1883
  - Próctor modificado - ASTM D1557

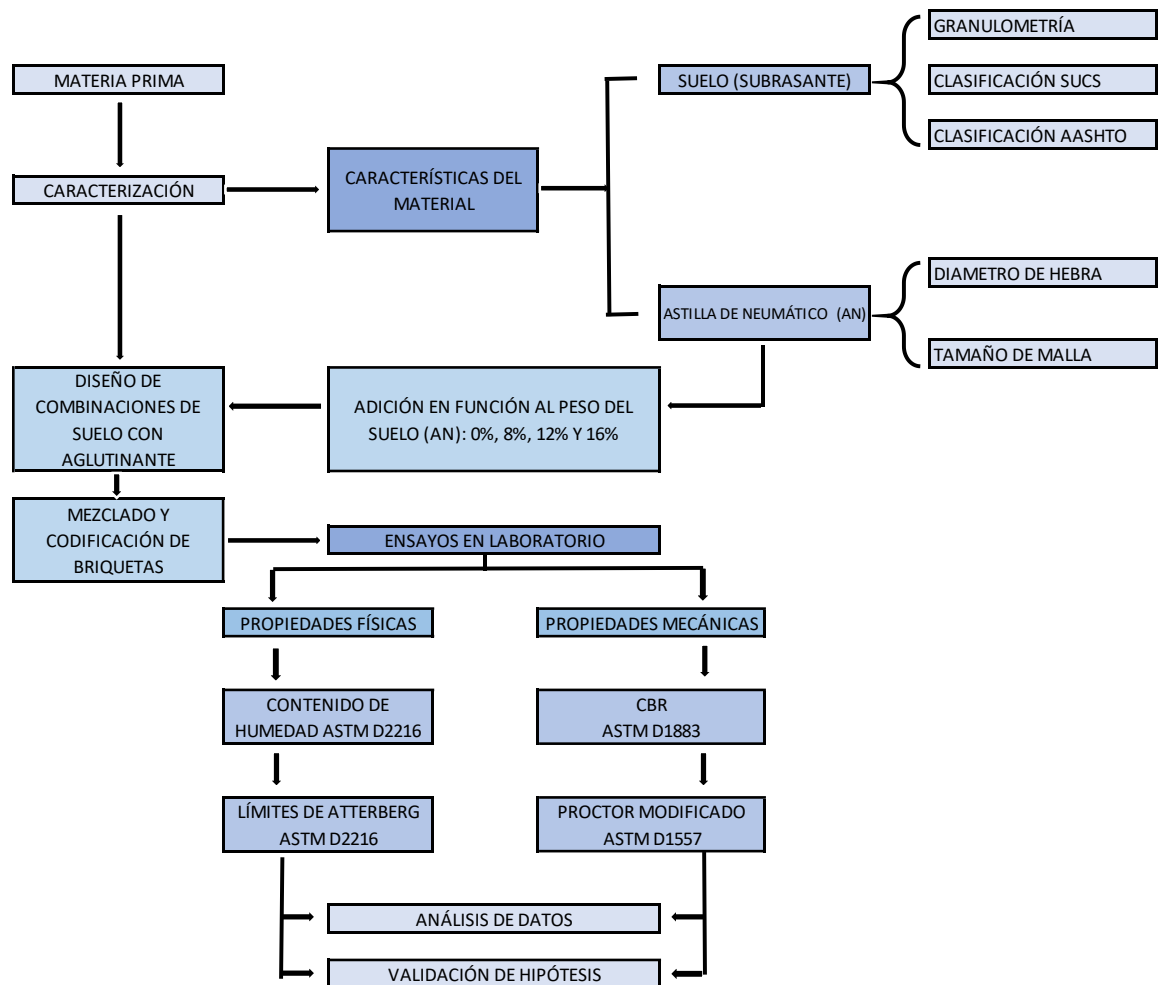


Figura 28. Esquema de procesos de procedimientos del estudio.

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Método de análisis de datos

La metodología de elección de datos se dictaminará por la observación directa, por el cual permitirá deducir y evaluar el comportamiento de cada ensayo experimental a elaborarse en el laboratorio, pues los datos deberán ser contrarrestado con lo expuesto como hipótesis principal. Hernández L. et al. (2014)

En tanto, los análisis del estudio, el procedimiento utilizado para la determinación de valores fue cuantitativo, ya que se analizó la adición de las astillas de neumáticos en proporciones establecidas en función al peso del suelo, considerando la observación directa desde el diseño de combinaciones, y así evaluar la influencia de las propiedades físicas-mecánicas en la estabilización de suelos a nivel de subrasante, aplicando así la estadística descriptiva, empleado gráficas y tablas.

### **3.7. Aspectos éticos**

En el actual estudio de investigación se respetó las facultades judiciales de la variedad de investigadores que se incorporaron, de igual manera, la información que ha sido adquirida de la variedad de ensayos priorizando los certificados de calibración, con el debido acompañamiento respectivo y asesoramiento de personal técnico profesional calificado y autorizado. En tanto, la parte de metodología, como también es la sección de procedimientos fueron consultados considerando libros especializados, con argumentos representativos, los cuales fueron al final comprobados mediante el empleo de un software de antiplagio estimando un porcentaje de similitud respectivo y la normativa ISO 690.

#### IV. RESULTADOS

Según los ensayos elaborados se contabiliza los resultados en una tabla resumen donde presenta los valores con las dosificaciones en función del modelo patrón.

**Tabla 11. Resultados generales de cada ensayo en función con las dosificaciones de astillas de neumáticos**

Ensayos	Patrón	Dosificaciones (A.N.)		
		8%	12%	16%
Límite líquido	20.00%	20.00%	20.00%	19.00%
Límite plástico	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Índice de plasticidad	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Contenido de humedad	16.18%	15.58%	15.27%	15.02%
Máxima densidad seca	1.701 gr/cm <sup>3</sup>	1.800 gr/cm <sup>3</sup>	1.840 gr/cm <sup>3</sup>	1.862 gr/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	14.00 %	15.40%	14.40%	14.00%
Capacidad de soporte al 95%	11.00%	16.00%	17.00%	20.00%
Capacidad de soporte al 100%	19.00%	23.00%	27.00%	33.00%

Fuente: Elaboración propia

#### Análisis estadístico

Con la información obtenida de las fichas técnicas para recolección de datos y la matriz correspondiente, se tabularon e ingresaron dichos datos en el programa SPSS. v25 para el análisis estadístico, y comprobar si las hipótesis planteadas cumplen.

#### Prueba de normalidad de los datos

**Tabla 12. Prueba de normalidad de los datos**

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	P.	Estadístico	gl	P.
Límite líquido (%)	0,441	4	0	0,630	4	0,001
Límite plástico (%)	.	4	0	0	4	0
Índice de plasticidad (%)	.	4	0	0	4	0
Contenido de Humedad (%)	0,196	4	0	0,959	4	0,771
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0,246	4	0	0,903	4	0,445
Óptimo contenido de humedad	0,280	4	0	0,808	4	0,117
Capacidad de soporte al 95%	0,250	4	0	0,961	4	0,783
Capacidad de soporte al 100%	0,162	4	0	0,989	4	0,952

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

### Interpretación:

Según la tabla 12, los valores de P fueron superiores del 5%, sin embargo, para el límite líquido el P-valor fue menor al 5% por lo que la distribución sería no normal, aplicándose la distribución no normal, por lo que se aplicará la prueba no paramétrica W de Kendall para analizar varias muestras, calculando la suma de rangos para cada variable.

### Contrastación de la hipótesis general

**HG:** La adición de las astillas de neumáticos influye en la mejora la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022.

**Ho** (Hipótesis nula): La adición de astillas neumáticos en la subrasante no mejora las propiedades física-mecánicas de la subrasante.

**Hi** (Hipótesis de investigación): La adición de astillas neumáticos en la subrasante mejora las propiedades física-mecánicas de la subrasante.

**Tabla 13.** Estadística de prueba

Estadísticos de prueba	
N	4
W de Kendall <sup>a</sup>	0,946
Chi-cuadrado	26,482
gl	7
P.	0,000
a. Coeficiente de concordancia de Kendall	

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

Como se muestra en la tabla 13, **se contrastó la hipótesis general** dando aceptación de la hipótesis de investigación, debido a las distintas dosificaciones de astillas de neumáticos de porcentajes de 8%, 12% y 16%, presentaron mejoría en cuanto a propiedades físicas y mecánicas para estabilización de la subrasante, el resultado del valor (P) es menor de 0.05; por tanto, y se **ACEPTA** la hipótesis alterna (del investigador). En conclusión, según los resultados se rechaza la hipótesis nula: La adición de astillas neumáticos en la subrasante no presenta mejoras en la estabilización en la subrasante.



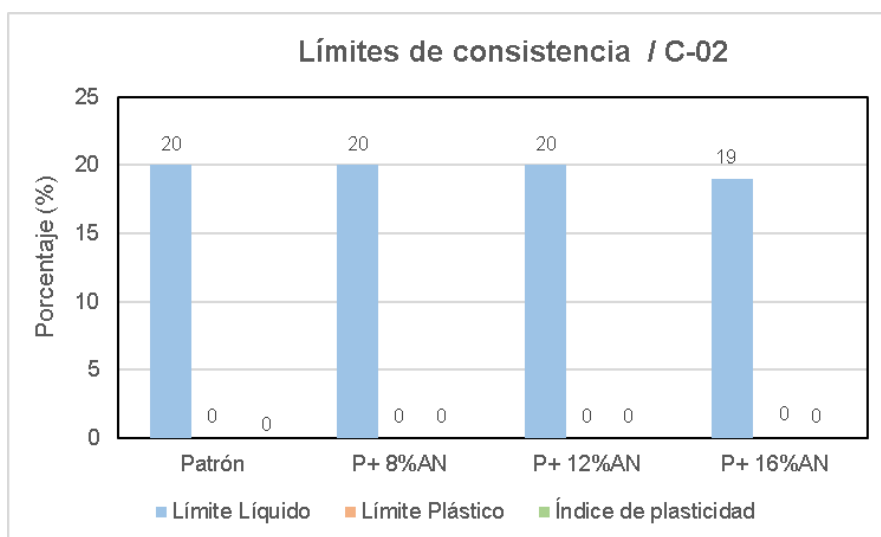
### Indicador 01: Límite de Atterberg

Se procedió a extraer muestra correspondiente para realizar el ensayo de los límites de consistencia con la calicata N°02, para hallar el LL y el LP y por diferencia encontrar el IP, para los casos a) Suelos natural (P), b) P + 8%AN, c) P + 12%AN, d) P + 16%AN.

**Tabla 14.** Prueba de consistencia con la adición de astilla de neumático AN

Descripción	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad
Suelo natural (P)	20.0%	NP	NP
P + 8%AN	20.0%	NP	NP
P + 12%AN	20.0%	NP	NP
P + 16%AN	19.0%	NP	NP

Fuente: Elaboración propia



**Figura 29.** Gráfico del ensayo de consistencia con la adición de astilla de neumático

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Como se muestra en la tabla 14 y figura 29, los límites de consistencia con la incorporación de diversas dosis de astilla de neumático (8%, 12% y 16%) en función al peso seco del suelo, mostraron resultados óptimos para un suelo SM (Arenoso limoso), pues ello de la muestra natural, se tuvo LL: 20%. Inicialmente se tuvo como valor que el IP de la calicata N°2 fue de 0%, mostrando que no presentó plasticidad; sin embargo, al adicionar mayor dosis de astilla de neumático se pudo evidencia que se redujo considerablemente el límite líquido de un 20.00% a un 19.00% con la mayor dosis de astilla de neumático (16%). El Manual de Carreteras, suelos y pavimentos del MTC 2014, menciona un índice de

plasticidad máximo del 7%, requisito de calidad del material para subrasante, la reducción de este índice vuelve más fiable y aumenta la trabajabilidad del suelo, facilitando así su compactación.

### Contrastación de la hipótesis específica

**HE1:** La adición de astillas de neumáticos en la estabilización de la subrasante presentan los límites de Atterberg, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022

**Ho** (Hipótesis nula): La adición de astillas neumáticos en la subrasante no presenta límites de Atterberg.

**Hi** (Hipótesis de investigación): La adición de astillas de neumáticos presenta límites de Atterberg en la subrasante.

**Tabla 15.** Prueba de normalidad índice de plasticidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	P.	Estadístico	gl	P.
Limite líquido (%)	0,441	4	0	0,630	4	0,001
Limite plástico (%)	0	4	0	0	4	0
Índice de plasticidad (%)	0	4	0	0	4	0

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

Como se muestra en la Tabla 16, la distribución no normal ( $P\text{-valor} < 0.05$ ), por lo que se aplicará la prueba no paramétrica de Wilcoxon para comparar las diferencias de los grupos.

**Tabla 16.** Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>			
	Limite líquido (%)	Limite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
Z	-1,890 <sup>b</sup>	-2,000 <sup>c</sup>	-2,000 <sup>c</sup>
P.	0,059	0,046	0,046
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon			
b. Se basa en rangos negativos.			
c. Se basa en rangos positivos.			

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

**La contrastación de la hipótesis Específica 1:** De acuerdo con la tabla 16, muestra que con la prueba de hipótesis 1, el resultado P valor fue 0.046 siendo menor al 0.05, cuyo P-valor fue  $< 0.05$ , por tanto, se ACEPTA la hipótesis nula, se rechaza la hipótesis de investigación porque las distintas dosificaciones de astillas

de neumáticos influye en la presentación de límites de Atterberg, por el tipo de suelo que presenta SM (Arena limosa) siendo un suelo no plástico. En conclusión, según los resultados se acepta la hipótesis nula: La adición de astillas neumáticos en la subrasante no presenta límites de Atterberg, por ser suelo no plástico.

**Tabla 17.** *Post Prueba de Tukey Índice de plasticidad.*

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
Variable dependiente	(I) Calicatas	(J) Calicatas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Dosificación al 8%	Calicata 2	Calicata 1	,00000	9,42809	0	-28,9280	28,9280
		Calicata 3	,00000	9,42809	0	-28,9280	28,9280
Dosificación al 12%	Calicata 2	Calicata 1	,00000	9,42809	0	-28,9280	28,9280
		Calicata 3	,00000	9,42809	0	-28,9280	28,9280
Dosificación al 16%	Calicata 2	Calicata 1	,00000	8,95669	0	-27,4816	27,4816
		Calicata 3	,00000	8,95669	0	-27,4816	27,4816

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

Como se muestra en la tabla 17, para verificar si existió alguna varianza entre los grupos, se desarrolló la post prueba de Tukey, se considera que la dosis óptima de astilla de neumático no contempla en este caso no presenta por el tipo de suelo. Los valores mostrados en la tabla anterior, todos los valores son 0 inferiores al (0.05) de significancia, por lo que demuestra que no contempla varianza estadística significativa entre los grupos.

### Indicador N° 2: Contenido de humedad

Al realizar el ensayo de contenido de humedad de la calicata – N°2 correspondiente para las muestras para los casos a) Suelos natural (P), b) P + 8%AN, c) P + 12%AN, d) P + 16%AN.

**Tabla 18.** *Contenido de humedad de la muestra natural con la incorporación de astillas de neumáticos.*

Descripción	Contenido de humedad (CH)	% de incremento (+) o reducción (-)
Suelo natural (P)	16.18%	---
P + 8%AN	15.58%	-3.71%
P + 12%AN	15.27%	-5.62%
P + 16%AN	15.02%	-7.17%

Fuente: Elaboración propia

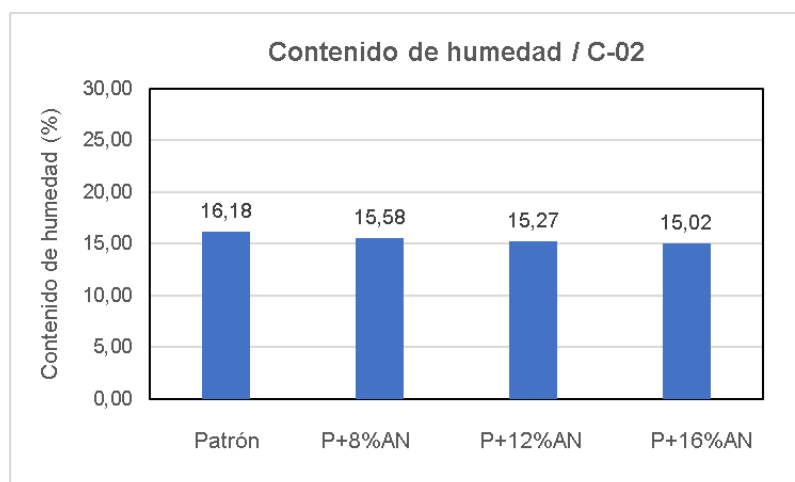


Figura 30. Contenido de humedad con la incorporación de astillas de neumáticos.

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Según la tabla 17 y figura 30, se visualiza que el contenido de humedad (CH), es inversamente proporcional a la incorporación de la astilla de neumático, es decir que a mayor contenido de astilla de neumático menor será el contenido de humedad, al adicionar un 8% de astilla de neumático se disminuyó el CH en 3.71%, en 12% de astilla de neumático se disminuyó el CH en 5.62%, un 16% de astilla de neumático se disminuyó el CH en 7.17% todos en función a la muestra patrón. Según la normativa para subrasante en vías el contenido de humedad mínimo no establece como tal, es el resultado que se obtiene.

### Contrastación de la hipótesis específica

**HE2:** La adición de astillas de neumáticos en la estabilización de la subrasante disminuye el contenido de humedad, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022

Ho (Hipótesis nula): La adición de astillas no reduce el contenido de humedad en la subrasante.

Hi (Hipótesis de investigación): La adición de astillas de neumáticos disminuye el contenido de humedad en la subrasante.

**Tabla 19.** Prueba de normalidad del contenido de humedad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	P.	Estadístico	gl	P.
Contenido de Humedad (%)	0,196	4	0	0,959	4	0,771
% de incremento o reducción	0,197	4	0	0,959	4	0,772

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

La distribución ( $P$ -valor  $>0.05$ ), por lo que se aplicará la prueba paramétrica Prueba  $T$ , para muestras relacionadas, la cual compara las medias de dos variables de un solo grupo, como se muestra en la Tabla 19 a continuación.

**Tabla 20.** Prueba  $T$ , estadística de muestras emparejadas para el contenido de humedad

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	P.
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Contenido de Humedad (%) - % de incremento (+) o reducción (-)	19,63750	2,59224	1,29612	15,51267	23,76233	15,151	3	0,001

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

**La contrastación de la hipótesis Específica 2:** De acuerdo con la tabla 19, se muestra que con la prueba de hipótesis 2, el resultado  $P$  valor fue 0.001 siendo menor al 0.05, por tanto, se ACEPTA la hipótesis del investigador, pues el  $P$ -valor fue  $< 0.05$ . Se acepta la hipótesis de investigación porque las distintas dosificaciones de astillas de neumáticos reducen el contenido de humedad, pues a medida que va aumentando las dosis de astillas de neumáticos disminuye el contenido de humedad. En conclusión, según los resultados se acepta la hipótesis investigación que establecía que reduce las astillas de neumáticos el contenido de humedad en la subrasante.

**Tabla 21.** Prueba Post de Tukey Contenido de Humedad

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
Variable dependiente	(I) Calicata 2	(J) Calicata 1	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Dosificación al 8%	Calicata 2	Calicata 1	-2,22000	13,64009	0,01	-56,9981	56,9981
		Calicata 3	-2,22000	13,64009	0,001	-56,9981	56,9981
Dosificación al 12%	Calicata 2	Calicata 1	-5,22300	14,77146	0,025	-61,7258	61,7258
		Calicata 3	-5,22300	14,77146	0,025	-61,7258	61,7258
Dosificación al 16%	Calicata 2	Calicata 1	-5,45000	15,69070	0,036	-65,5670	65,5670
		Calicata 3	-5,45000	15,69070	0,036	-65,5670	65,5670

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

Como se muestra en la tabla 21, para verificar no existió alguna varianza entre los grupos, se desarrolló la post prueba de Tukey, se considera que la dosis óptima de astilla de neumático fue el 16% de astilla de neumático en la el contenido de humedad de la subrasante, en este caso presentó una disminución a medida que aumenta la dosis. Los valores mostrados en la tabla anterior, todos los valores son inferiores al (0.05) de significancia, por lo que demuestra que contempla varianza estadística significativa entre los grupos como dosis óptima el 16% de astillas.

### Indicador N° 3: Proctor modificado

Al realizar el ensayo de Próctor modificado de la calicata – N°2 correspondiente para las muestras para los casos a) Suelos natural (P), b) P + 8%AN, c) P + 12%AN, d) P + 16%AN.

**Tabla 22.** Óptimo contenido de humedad (OCH) y máxima densidad seca (MDS) con la incorporación de astillas de neumáticos.

Descripción	Óptimo contenido de humedad (OCH)	% de incremento (+) o reducción (-)	Máxima Densidad Seca (MDS)	% de incremento (+) o reducción (-)
Suelo natural (P)	14.0%	---	1.701 gr/cm <sup>3</sup>	---
P + 8%AN	15.4%	+10.00%	1.800 gr/cm <sup>3</sup>	+5.82%
P + 12%AN	14.4%	+2.86%	1.840 gr/cm <sup>3</sup>	+8.17%
P + 16%AN	14.0%	00.00%	1.862 gr/cm <sup>3</sup>	+9.47%

Fuente: Elaboración propia

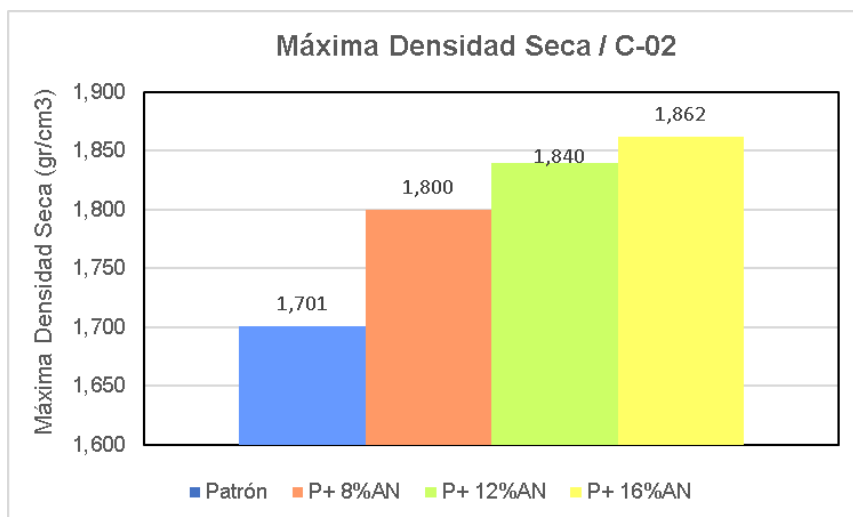


Figura 31. Gráfico de la MDS con las adiciones de astilla de neumáticos

Fuente: Elaboración propia

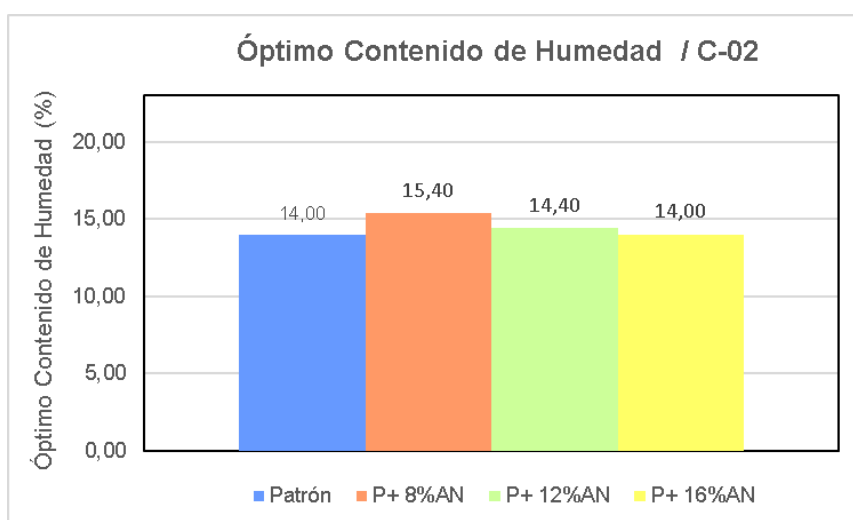


Figura 32. Gráfico de la MDS con las adiciones de astilla de neumáticos

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Como se muestra en la tabla 20 y la figura 31, la máxima densidad seca es proporcional a la adición de astilla de neumático 0%, 8%, 12% y 16%, pues a mayor dosificación de astilla de neumático, resulta más el valor de la densidad máxima seca, se tuvo que para la muestra patrón correspondiente solo a la calicata N°2 seleccionada fue 1.701 gr/cm<sup>3</sup>, y con las dosis de astillas de neumáticos en aumento se tuvo valores de 1.800 gr/cm<sup>3</sup>, 1.840 gr/cm<sup>3</sup>, 1.862 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente; pues se tuvo que al adicionar un 8% de astilla de neumático aumentó la MDS en 5.82%, en 12% de astilla de neumático aumentó la MDS en

8.17%, un 16% de astilla de neumático aumentó la MDS en 9.47% respecto a la muestra patrón.

### Contrastación de la hipótesis específica

**HE3:** La adición de astillas de neumáticos en la estabilización de la subrasante aumenta el Proctor Modificado, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022

Ho (Hipótesis nulas): La adición de astillas de neumáticos no aumenta la máxima densidad seca de la subrasante.

Hi (Hipótesis investigación): La adición de astillas de neumáticos aumenta la máxima densidad seca de la subrasante.

Es así que se procede con la prueba de normalidad para dicha hipótesis específica N°3, correspondiente al ensayo de Próctor modificado que engloba dos valores, como es el óptimo contenido de humedad y la densidad máxima seca, como se muestra en la Tabla 21.

**Tabla 23.** Prueba de normalidad óptimo contenido de humedad y densidad máxima seca

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	P.	Estadístico	gl	P.
Óptimo contenido de humedad	0,280	4	0	0,808	4	0,117
% de incremento (+) o reducción (-)	0,280	4	0	0,808	4	0,117
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0,246	4	0	0,903	4	0,445
% de incremento (+) o reducción (-)	0,246	4	0	0,903	4	0,445

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

La distribución normal de (P-valor < 0.05), por lo cual se interpreta que se aplicará la prueba paramétrica de Prueba T para muestras relacionadas, como se muestra en la Tabla 22.

**Tabla 24.** Pruebas emparejadas para el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca

Prueba de muestras emparejadas							
	Diferencias emparejadas				t	gl	P.
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia			



					Inferior	Superior			
Par 1	Óptimo contenido de humedad - % de incremento (+) o reducción (-)	17,66500	5,38079	2,69039	9,10296	26,22704	6,566	3	0,007
Par 2	Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) - % de incremento (+) o reducción (-)	7,665750	4,262911	2,131456	,882507	14,448993	3,596	3	0,037

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

**La contrastación de la hipótesis Específica 3:** De acuerdo con la tabla 22, la prueba de hipótesis 3, da como resultado P valor de 0.037 siendo menor al 0.05, por tanto, se ACEPTA la hipótesis del investigador, pues el P-valor fue < 0.05. Se acepta la hipótesis de investigación porque las distintas dosificaciones de astillas de neumáticos aumentan la máxima densidad seca al pico con el 16% de astillas de neumáticos, según los resultados se rechaza la hipótesis nula que establecía que la astilla de neumático no aumenta la máxima densidad seca, y se acepta la hipótesis de investigación, la astilla de neumático aumenta la máxima densidad seca en la subrasante.

**Tabla 25.** Post Prueba de Tukey Próctor Modificado

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
Variable dependiente	(I) Calicatas	(J) Calicatas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Dosificación al 8%	Calicata 2	Calicata 1	-1,34	13,64009	0,006	-22,03729	22,03729
		Calicata 3	-1,34	13,64009	0,006	-22,03729	22,03729
Dosificación al 12%	Calicata 2	Calicata 1	-3,454354	14,77146	0,021	-19,03512	19,03512
		Calicata 3	-3,454354	14,77146	0,21	-19,03512	19,03512
Dosificación al 16%	Calicata 2	Calicata 1	-4,323	15,69070	0,34	-19,03667	19,03667
		Calicata 3	-4,323	15,69070	0,034	-19,03667	19,03667

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

Como se muestra en la tabla 25, para verificar no existió alguna varianza entre los grupos, se desarrolló la post prueba de Tukey, se considera que la dosis óptima de astilla de neumático fue el 16% de astilla de neumático en el Próctor Modificado en la subrasante, en este caso presentó un aumento a medida que aumenta la dosis. Los valores mostrados en la tabla anterior, todos los valores son inferiores al (0.05)

de significancia, por lo que demuestra que contempla varianza estadística significativa entre los grupos como dosis óptima el 16% de astillas.

#### Indicador N° 4: California Bearing Ratio (CBR)

Al realizar el ensayo de California Bearing Ratio de la calicata – N°2 correspondiente para las muestras para los casos a) Suelos natural (P), b) P + 8%AN, c) P + 12%AN, d) P + 16%AN.

**Tabla 26.** Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con la adición de astilla de neumático (AN)

Descripción	(CBR) al 95%	% de incremento (+) o reducción (-)	(CBR) al 100%	% de incremento (+) o reducción (-)
Suelo natural (P)	11.00%	---	19.00%	---
P + 8%AN	16.00%	+45.45%	23.00%	+21.05%
P + 12%AN	17.00%	+54.55%	27.00%	+42.11%
P + 16%AN	20.00%	+81.82%	33.00%	+73.68%

Fuente: Elaboración propia

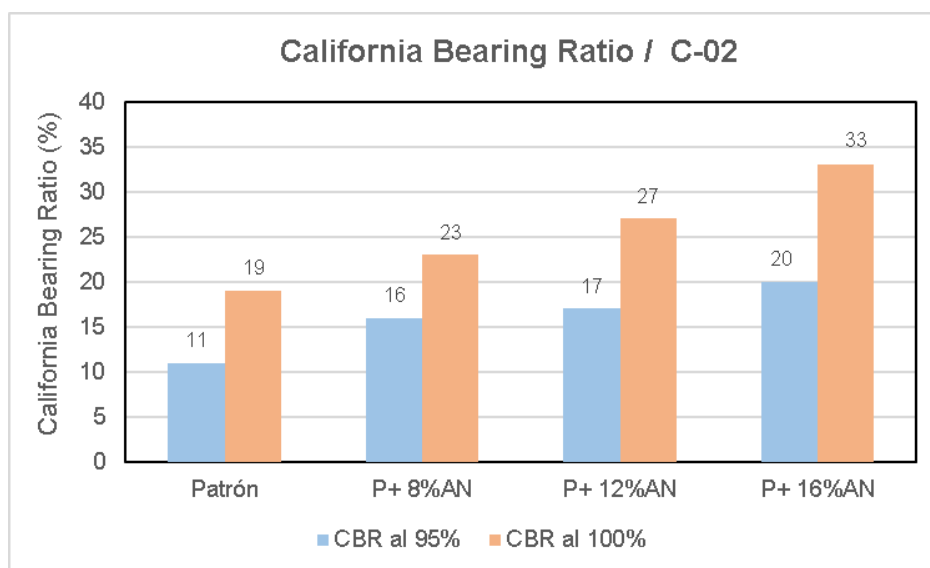


Figura 33. Gráfico del ensayo de CBR con las adiciones de astilla de neumáticos

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Como se muestra en la tabla 23 y la figura 33, al elaborarse el ensayo de CBR se pudo apreciar el impacto favorable que origina la incorporación de la astilla de neumático en el suelo arcilloso, donde el porcentaje de CBR es directamente proporcional a la cantidad del estabilizante, pues se tuvo un valor inicial del 95% de la MDS con una penetración al 0.1" en un 11.0% en la muestra

patrón; en tanto, al adicionar un 8% de astilla de neumático se aumentó el CBR en 45.45%, con 12% de astilla de neumático aumentó el CBR en 54.55%, un 16% de AN aumentó el CBR en 81.82%. Al 100% de la MDS con una penetración al 0.1" en un 19.0% en la muestra patrón; en tanto, al adicionar un 8% de astilla de neumático se aumentó el CBR en 21.05%, con 12% de AN aumentó el CBR en 42.11%, un 16% de astilla de neumático aumentó el CBR en 73.68%. El manual de carreteras Suelos y pavimentos del MTC 2014, considera un CBR para subrasante regular entre CBR >20% a CBR <30%, en una rasante muy buena., pues para una subrasante el valor de CBR mínimo es de >6%, para considerarlo como apto esa capa, esto permite si se tiene un CBR alto reducir los espesores y posibilidad de fallo durante su vida útil.

### Contrastación de la hipótesis específica

**HE4:** La adición de astillas de neumáticos en la estabilización de la subrasante aumenta el CBR, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022

Ho (Hipótesis nula): La adición de astillas no aumenta el CBR a medida que va aumentando las dosis de astilla de neumáticos en el suelo.

Hi (Hipótesis investigación): La adición de astillas aumenta el CBR a medida que va aumentando las dosis de astillas de neumáticos en el suelo.

Es así que se procede con la prueba de normalidad para dicha hipótesis específica N°4, correspondiente al ensayo de California Bearing Ratio que engloba dos valores, al 95% del MDS y al 100% del MDS, como se muestra en la Tabla 24.

**Tabla 27.** Pruebas de normalidad CBR al 95% y al 100%

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	P.	Estadístico	gl	P.
CBR al 95%	0,250	4	0	0,961	4	0,783
% de incremento (+) o reducción (-) al 95%	0,250	4	0	0,961	4	0,783
CBR al 100%	0,162	4	0	0,989	4	0,952
% de incremento (+) o reducción (-) al 100%	0,162	4	0	0,989	4	0,952

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

La distribución normal (P-valor > 0.05), por lo que se aplicará la prueba paramétrica Prueba T para muestras relacionadas, como se muestra en la Tabla 25.

**Tabla 28.** La prueba de muestras emparejadas para el CBR al 95% de la MDS y al 100% de la MDS.

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	P.
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	CBR al 95% - % de incremento (+) o reducción (-) al 95%	61,45500	37,75778	18,87889	1,37395	121,53605	3,255	3	0,047
Par 2	CBR al 100% - % de incremento (+) o reducción (-) al 100%	59,71000	37,40357	18,70178	0,19258	119,22742	3,193	3	0,050

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

**La contrastación de la hipótesis Específica 4:** De acuerdo con la tabla 25, la prueba de hipótesis 4, el resultado P valor fue 0.047 siendo menor al 0.05, por tanto, se ACEPTA la hipótesis del investigador, pues el P-valor fue < 0.05. Se acepta la hipótesis de investigación porque las distintas dosificaciones de astillas de neumáticos aumentan progresivamente la capacidad de soporte del suelo (CBR al 95% del MDS) con los cuales el 16% de astilla de neumáticos ofrece mejores resultados en el CBR; por lo tanto, mejora la estabilización de suelos para subrasante. Se rechaza la hipótesis nula que establecía que la astilla de neumático no aumenta el CBR, y se acepta la hipótesis de investigación, la astilla de neumático aumenta el CBR en la subrasante de la trocha.

**Tabla 29.** Prueba Post Tukey California Bearing Ratio al 95% del MDS

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
Variable dependiente	(I) Calicatas	(J) Calicatas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Dosificación al 8%	Calicata 2	Calicata 1	-2,1234	13,64009	0,0012	-22,03729	22,03729

		Calicata 3	-2,1234	13,64009	0,0012	-22,03729	22,03729
Dosificación al 12%	Calicata 2	Calicata 1	-2,354	14,77146	0,031	-19,03512	19,03512
		Calicata 3	-2,354	14,77146	0,031	-19,03512	19,03512
Dosificación al 16%	Calicata 2	Calicata 1	-3,23	15,69070	0,44	-19,03667	19,03667
		Calicata 3	-3,23	15,69070	0,044	-19,03667	19,03667

Fuente: Base de datos del software SPSS.v25

Como se muestra en la tabla 29, para verificar no existió alguna varianza entre los grupos, se desarrolló la post prueba de Tukey, se considera que la dosis óptima de astilla de neumático fue el 16% de astilla de neumático en el C.B.R. al 95% de M.D.S. en la subrasante, en este caso presentó un aumento a medida que aumenta la dosis. Los valores mostrados en la tabla anterior, todos los valores son inferiores al (0.05) de significancia, por lo que demuestra que contempla varianza estadística significativa entre los grupos como dosis óptima el 16% de astillas.

## V. DISCUSIÓN

### **Indicador N° 1:** Límite de Atterberg

En la presente investigación, el terreno natural en el sector Cooperativa-Los Palos no ha presentado un índice de plasticidad el cual se obtuvo un resultado igual a cero, es decir no presentó plasticidad, pues se clasificó como un suelo SM correspondiendo a una arena limosa, pero al incorporar la astilla de neumático en 8% (NP), 12% (NP) y 16% (NP).

Según Amed D. (2018) en su investigación agregó porcentajes de desechos de neumáticos en 0%, 10%, 20%, 30% y 40% en peso directamente al suelo, obteniendo el índice de plasticidad de 3% para un suelo ML considerado como un limo inorgánico baja comprensibilidad.

Estos resultados difieren por el tipo de suelo encontrado, pues no se logró tener valores de aumento o disminución por el tipo de suelo hallado en la investigación por ser arena limosa (No plástica) y; por ende, no presentó el índice de plasticidad. Pues solo con el antecedente discutido solo los ensayos de límite líquido y límite plástico, se afirmó la influencia que tuvo las proporciones de virutas de neumáticos en el terreno natural, pues presentó una disminución progresivamente en el índice de plasticidad, pues su suelo fue limo inorgánico de baja comprensibilidad. Cabe mencionar que tanto la presente investigación como en el antecedente considerado, difieren en el índice de plasticidad por las características del tipo de suelo investigado.

### **Indicador N° 2:** Contenido de humedad

En la presente investigación, el terreno natural el sector Cooperativa - Los Palos presentó un contenido de humedad del 16.12% pero su contenido de humedad al incorporar la astilla de neumático en 8% AN tuvo un 15.58%, con 12% AN tuvo un 15.27% y un 16% AN tuvo un 15.02% de contenido de humedad, estos disminuyeron, siendo el que mejor se comportó con las dosis de astillas de neumáticos pues tuvo tendencia a disminuir con el 16% AN.

Prasad et al. (2021) en su investigación agregó proporciones de residuos de fibra de bambo directamente al suelo, obteniendo valores aumentativos en función al

aumento de dosis de fibra de bambo al contenido de humedad de un 24.69% y con las dosis tuvo entre 26.9% al 31.52% respectivamente.

Con las astillas de neumáticos se obtuvieron resultados en disminución a medida que va aumentando las dosis de astillas de neumáticos, en comparación con el investigador, pues en este aspecto difieren con el resultado del investigador, pues considerando que es otro tipo de estabilizador contiene otras propiedades que hace que a medida se vaya aumentando la fibra de bambo también existe un acrecentamiento respecto al contenido de humedad.

### **Indicador N° 3:** Próctor modificado

En la presente investigación, el terreno natural el sector Cooperativa-Los Palos presentó una máxima densidad seca del 1.701 gr/cm<sup>3</sup>, de la muestra patrón correspondiente a la Calicata N°2; pero al incorporar la astilla de neumático de en dimensiones de 8 mm x 8 mm en dosis de 8% donde tuvo un valor de 1.800 gr/cm<sup>3</sup>, 12% donde tuvo un valor de 1.840 gr/cm<sup>3</sup> y 16% donde tuvo un valor de 1.862 gr/cm<sup>3</sup>, estos valores con las dosis de astilla de neumático aumentaron sus características mecánicas, siendo el que mejor se comportó con 16% de astilla de neumático.

Según Cubas A. (2019) en su investigación incorporó caucho en dosis de 0%, 3%, 5% y 7% en el afirmado, teniendo mejor resultado con 3% de caucho en su densidad máxima seca desde el 2.300 gr/cm<sup>3</sup> al 2.065 gr/cm<sup>3</sup>, y su óptimo contenido de humedad desde 5.35% al 7.45%, con tendencia a reducir a medida que aumentan las dosis.

En comparación con el antecedente que se discute, no se llegaron a los mismos resultados, pues los resultados del investigador recalcan que a menor dosis tiene mejor resultado y no es así; por ende, los valores del investigador contradicen estos resultados con el antecedente, ya que no aumenta su densidad máxima seca, contradiciendo con resultados del tesista, pues con 16% de astillas de neumáticos alcanzó un incremento significativo respecto a la muestra patrón.

#### **Indicador N° 4: California Bearing Ratio**

En la presente investigación, el terreno natural del sector Cooperativa-Los Palos presentó un CBR con un valor de 11.00% al 95% de la MDS con una penetración al 0.1” pero al incorporar la astilla de neumático en 8% de astilla de neumático se tuvo un valor de 16.00%, con 12% de astilla de neumático se tuvo un valor de 17.00% y 16% de astilla de neumático se tuvo un valor de 20.00%, todas al 95% de la MDS con penetración al 0.1”, estos aumentaron siendo el que mejor se comportó con 16% de astillas de neumáticos, teniendo incrementos del 45.45%, 54.55% y 81.82% con las dosis de astillas de neumáticos en función a la muestra patrón respectivamente.

Según Satyanarayana C. et al. (2021), incorporó astillas de neumáticos en 0%, 5%, 10% 15% y 20% en función al peso seco del suelo, con tamaño de astillas de 10 mm x 10 mm y 20 mm x 20 mm, aumentaron en un 85% y 65% respectivamente, con tendencia a mejorar con la menor dimensión de astilla con la dosis del 15% de astillas de neumáticos.

En comparación con el antecedente con las astillas de neumáticos se obtuvieron resultados casi similares, pues el investigador tuvo mejor resultado con el 16% de astilla de neumático en el CBR pues incrementó en un 81.82%, según el antecedente tuvo su mayor incremento con la dosis del 15% de astilla de neumático e incrementó en un 85% respectivamente.



## VI. CONCLUSIONES

**Objetivo General.** Evaluar de que manera influye la adición de las astillas de neumáticos para la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022.

Se evaluó que, según los resultados para las dimensiones de la variable dependiente, propiedades físicas, tales como, límites de Atterberg, contenido de humedad; propiedades mecánicas como el Proctor modificado y el CBR, siguen una distribución no normal al seguir y someterse a la prueba de Shapiro-Wilk. En tal sentido se siguió una prueba no paramétrica W de Kendall como se visualiza en la tabla 13, para contrastar las hipótesis planteadas. Los resultados de los objetivos específicos dan por conclusión que las características físicas y mecánicas de los suelos con astillas de neumático, mejora las cualidades del estrato, se observó su evaluación tanto características físicas-mecánicas: 1) Se obtuvo la clasificación de los suelos; 2) Redujo el contenido de humedad con las astillas de neumáticos; 3) Aumentó las características mecánicas del Proctor modificado con las astillas de neumáticos; d) Aumentó la resistencia de soporte del suelo CBR con las astillas de neumáticos en el sector de la Cooperativa-Los Palos, Tacna-2022, siendo la dosificación óptima de 16% de astilla de neumático.

**Objetivo Específico 1.** Calcular cuanto influye la adición de las astillas de neumáticos en el límite de Atterberg de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022.

Luego del cálculo de la influencia de la adición de la astilla de neumático en el ensayo de límites de Atterberg en la estabilización de la subrasante, de acuerdo a la contrastación de la hipótesis 1 mostrada en la tabla 16, se ha determinado que se ACEPTA la hipótesis nula ( $H_0$ ) validado por la distribución no normal, por lo que se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon con un nivel de significancia menor de 5%, que indica que la adición de astillas de neumático no presenta valor del índice de plasticidad por el tipo de suelo que se encontró, según Tukey no se logró obtener la dosis óptima debido a que no presentó valor por el tipo de suelo, como muestra la tabla 17.

**Objetivo Específico 2.** Calcular cuanto influye la adición de las astillas de neumáticos en el contenido de humedad de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022.

Luego del cálculo de la influencia de la adición de la astilla de neumático en el ensayo de contenido de humedad en la estabilización de la subrasante, de acuerdo a la contrastación de la hipótesis 2 mostrada en la tabla 19, se ha determinado que se acepta la (Hi2) validada en la prueba paramétrica Prueba T con un nivel de significancia P-valor < 0.05, que indica que la adición de astillas de neumático, si influye en la reducción del contenido de humedad en el suelo arenoso limoso, en el sector de La Cooperativa-Los Palos, Tacna-2022, mostrando que la dosis más influyente fue la del 16% de astillas de neumáticos en la reducción de contenido de humedad, según Tukey se logró obtener la dosis óptima debido a que presentó valor según la dosis de astilla como muestra la tabla 21.

**Objetivo Específico 3.** Determinar cuanto influye la adición de las astillas de neumáticos en el Próctor Modificado de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022.

Luego de determinar la influencia de la adición de la astilla de neumático en el ensayo de Próctor Modificado en la estabilización de la subrasante, de acuerdo con la contrastación de la hipótesis 3 mostrada en la tabla 22, se ha determinado que se acepta la Hi3 (hipótesis del investigador), pues se ha validado con que con la distribución normal de P valor < 0.05 y con la prueba paramétrica Prueba T, lo que indica que la adición de astillas de neumáticos, si influye positivamente en la densidad máxima seca del suelo arenoso limoso de la subrasante, en el sector de La Cooperativa-Los Palos, Tacna-2022, mostrando como la dosificación que influye la del 16% de astilla de neumático, según Tukey se logró obtener la dosis óptima debido a que presentó valor por según la dosis de astilla como muestra la tabla 25.

**Objetivo Específico 4.** Determinar cuanto influye la adición de las astillas de neumáticos en el CBR de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022. Luego de determinar la influencia de la adición de la astilla de neumático en el ensayo de C.B.R. en la estabilización de la subrasante, de acuerdo con la contrastación de la hipótesis 4 mostrada en la tabla 25, se ha determinado que se

acepta la  $H_4$  (hipótesis del investigador), pues se ha validado con que con la distribución normal de P valor  $> 0.05$  y con la prueba paramétrica Prueba T, lo que indica que la adición de astillas de neumáticos, si influye positivamente en el CBR al 95% de la MDS del suelo arenoso limoso de la subrasante, en el sector La Cooperativa-Los Palos, Tacna-2022, mostrando como la dosificación que influye la del 16% de astilla de neumático, según Tukey se logró obtener la dosis óptima debido a que presentó valor por según la dosis de astilla como muestra la tabla 29.

## VII. RECOMENDACIONES

**Objetivo General.** Se recomienda utilizar dosis de mayor cantidad para su uso para analizar si persiste la mejora en las características físicas y mecánicas de los suelos.

**Objetivo Específico 1.** Se estableció que frente a suelos no plásticos no es posible encontrar su índice de plasticidad.

**Objetivo Específico 2.** Se estableció que no es necesario emplear algún aditivo reductor de agua como la cal o el cloruro de sodio para disminuir el contenido de agua en la muestra de suelo.

**Objetivo Específico 3.** Se estableció que las astillas de neumáticos en tamaño de 8 x 8 mm tienen influencia en las propiedades mecánicas en estabilización de suelos, lo cual se sugiere emplear otros tamaños para contar con base de datos en este tema.

**Objetivo Específico 4.** Se recomienda utilizar la dosis óptima donde se presenta mejoramiento de las características de resistencia del suelo con 16% de astillas de neumáticos con tamaño de malla de 8 x 8 mm.

## REFERENCIAS

- ABAS, Falak, y otros,** *RE-USE OF WASTE TIRES RUBBER AS FINE AGGREGATE REPLACEMENT IN CONCRETE MIX APPLICATIONS,* INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES & RESEARCH TECHNOLOGY, Vol. 4, 3, págs. 1-12, 2015
- ABREGU CHAVEZ, Jose,** *Influencia de la fibra de caucho en las propiedades mecánicas de la base granular de los pavimentos.* Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, Tesis de pregrado, 2019
- ADEOYE, A.S, ADEYEMI, G.O. y ALO, B.A.,** *Mechanical stabilization of a migmatite-gneiss derived lateritic soil from ibadan, southwestern nigeria,* International Journal of Engineering and Advanced Technology, págs. 61-69, 2018
- AFIP, I.A. y JUSOFF, K.,** *Properties of a Tropical Sapric Peat Soil in Sarawak,* Malaysian Journal of Soil Science, Vol. 23, págs. 1-12, 2019
- AHMED DAUS, Khalida,** *SOIL IMPROVEMENT USING WASTE TIRE CHIPS.,* International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), Vol. 9, 8, págs. 1338-1345, 2018
- ALVAREZ GARCIA, Sergio,** *SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACION MATERIAL Y ENERGETICA DEL RESIDUO "NEUMÁTICO FUERA DE USO" EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA.* Mangua : Trabajo de Posgrado, Universidad Nacional de Ingeniería, 2017.
- AMHADI, Talal. y ASSAF, Gabriel,** *Overview of Soil Stabilization Methods in Road Construction.* Cairo : The official international congress of the Soil-Structure Interaction Group in Egypt, SSIGE 2018. 2nd GeoMEast International Congress and Exhibition on Sustainable Civil Infrastructures. págs. 21-33, 2019
- ANIL, Sinha, y otros,** *STABILIZED CINDER WASTE MATERIAL FOR CONSTRUCTION OF PAVEMENT LAYER,* Indian highways, págs. 1-18, 2015
- ASES CIZABAMBA, M.,** *Evaluación de la geomalla en base de fibra de coco para la estabilización de taludes.* Ámbato : Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Tesis de Pregrado, 2021

**BERNAL-SANCHEZ, Juan, y otros**, *Dynamic behaviour of shredded rubber soil mixtures*. s.l. : Edinburgh Napier Funded, In Proceedings of the 16th European Conference in Earthquake Engineering, 2018

**BHARDWAJ, M.K. y GUPTA, S.**, *A Comparative Study between the Usages of Differently Sized Waste Rubber Obtained from Tires over the Strength Performance of Rigid Road Pavements*. Mohali : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2nd Indo-European Conference on Sustainable Materials, Environment and Construction, COSMEC 2021. Vol. 889. 17551307, 2021.

**BUI, Huyen, y otros**, *Determination and Review of Physical and Mechanical Properties of Raw and Treated Coconut Fibers for Their Recycling in Construction Materials*, fibers, Vol. 8, págs. 1-19, 2020

**CAMARGO LUCARELLO, Daniely**, *ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE SOLOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE POLIETILENO TEREFALATO (PET) DE DISTRIBUIÇÃO ALEATÓRIA*. Minas Gerais-Brasil : Universidade Federal de Viçosa, Tesis de Magister, 2018

**CCORIMANYA APAZA, Ferdinan**, *Estabilización de suelos con fibra de tereftalato de polietileno - pet probadas en diferentes suelos del Cusco para conseguir un aumento de la capacidad de carga CBR, en la subrasante para carreteras*. Cuzco : Universidad Alas Peruanas, Tesis pregrado, 2016

**CUBAS CASTRO, Diego**, *Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes*. Piura : Universidad Privada del Norte, Tesis de Pregrado, 2019

**EHSANI, M., SHARIATMADARI, N. y MIRHOSSEINI, S.M.**, *Experimental study on behavior of soil-waste tire mixtures*. Scientia Iranica Sharif University of Technology, Vol. 24, 1, págs. 65-71, 2017

**EL-MAATY BEHIRY, Ahmed Ebrahim**, *Utilization of a New by-Product Material for Soft Subgrade Soil Stabilization*, Open Access Library Journal, Vol. 1, pág. e711, 2014

**FAKHRABADI, A., y otros**, *Evaluating the durability, microstructure and mechanical properties of a clayey-sandy soil stabilized with copper slag-based*

*geopolymer against wetting-drying cycles*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol. 80, 6, págs. 5331-5151, 2021

**GREGORIO VALERIO, Guilben**, *Estabilización de la subrasante con el uso de mallas de polietileno con baja densidad en la calle Nicaragua, Ventanilla 2020*. Lima : Universidad César Vallejo, Tesis de Pregrado, 2021

**GUATAQUIRA NUÑEZ, Maria y GAONA CABALLERO, Oscar**, *Análisis comparativo entre el geotextil convencional y el geotextil de yute químicamente tratado empleado para mejorar la capacidad portante en obra viales, y su evaluación como alternativa de uso en Colombia*. Bogotá : Univerisidad Católica de Colombia, Trabajo de Grado, 2020

**HAMIDI, S. y MARANDI, S.M.**, *Clay concrete and effect of clay minerals types on stabilized soft clay soils by epoxy resin*. Applied Clay Science, Vol. 151, págs. 92-101, 2018

**HASSAN, Falah y AHMED, Salwan**, *Dynamic response of machine foundation resting on sandgranulated tyre rubber mixtures*. Baghdad : MATEC Web Conference, The 3rd International Conference on Buildings, Construction and Environmental Engineering, BCEE3-2017. pág. 01021, 2018

**HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar**, *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F. : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 6. pág. 632, 2014

**HOLT, C.**, *Chemical stabilization of inherently weak subgrade soils for road construction - Applicability in Canada..* Canadá : 2010 Annual Conference of the Transportation Association of Canada: Adjusting to New Realities, TAC/ATC 2010, TAC/ATC 2010 - 2010 Annual Conference and Exhibition of the Transportation Association of Canada: Adjusting to New Realities, 2010

**HOU, Y., LI, P. y WANG, J.**, *Review of chemical stabilizing agents for improving the physical and mechanical properties of loess*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol. 80, 12, págs. 9201-9215, 2021

**IKEAGWUANI, Chijioke y NWONU, Donald,** *Emerging trends in expansive soil stabilisation: A review*, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, Vol. 11, págs. 423-440, 2019

**JAMES, Jijo, y otros,** *Wetting-Drying Resistance of a Lime Stabilized Soil Amended with Steel Slag and Reinforced with Fibres*, Revista ITECKNE - Universidad Santo Tomás, Seccional de Bucaramanga, Vol. 18, 1, págs. 1-19, 2021

**JAYANTHI, P.N.V. y SINGH, D.N.,** *Utilization of sustainable materials for soil stabilization: State-of-the-art.1*, Advances in Civil Engineering Materials, Vol. 5, págs. 46-79, 2016

**KIRAN, Abhishek,** *Stabilization of Expansive Soil by Industrial Solid Wastes by using Fly ash and Corex Slag*, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 8, 7, págs. 1-4, 2019

**LUDVIGSEN, S., y otros,** *Multiphysics analysis of contact pressure profile of airless tires as compared to conventional tires*, International Journal of Multiphysics, Vol. 14, 4, págs. 399 – 425, 2020

**LUNA BACA, Edwin y QUISPE HERHUAY, Guandy,** *Fibras de agave americana tratada con óxido de calcio Fibras de agave americana tratada con óxido de calcio de pavimentos rígidos en la ciudad de Cusco*. Cuzco : Universidad Continental, Tesis Pregrado, 2021

**MAZUR, Vladimir,** *Experimental research in automobile nonpneumatic tire force heterogeneity*. MATEC Web of Conferences, Vol. 224, 23, págs. 02019, 2018

**MELIA, M.A., y otros,** *Influence of Clay size on corrosion protection by Clay nanocomposite thin films*, Progress in Organic Coatings, págs. 105489, 2020

**MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES,** *Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotécnica y Pavimentos-Sección Suelos y Pavimentos*. Lima : Decreto Supremo N° 05-2013-MTC/14, 2014, 2014

**MURTHY, G.V.L.N, KRISHNA, A.V. y RAO, V.V.N.P.,** *An Experimental Study on Partial Replacement of Clayey Soil with an Industrial Effluent: Stabilization of Soil*



*Subgrade.*, Sharm El Sheikh : s.n., 2018. 1st GeoMEast International Congress and Exhibition on Sustainable Civil Infrastructures, Egypt. págs. 337 – 348, 2017

**MUTTASHAR, Wisam, LINDEY, Sebastian y ZAINAB, Abdelretha**, *The use of particle size distribution integrated with consistency limits for experimentally simulating fine-grained sedimentary units*, Arabian Journal of Geosciences, Vol. 14, pág. 2436, 2021

**ONCU, S. y BILSEN, H.**, *Ageing effect on swell, shrinkage and flexural strength of sand and waste marble powder stabilized expansive soil*. Paris : E-UNSAT, 3rd European Conference on Unsaturated Soils, Vol. 9, págs. 1-6. 22671242, 2016.

**ONYELOWE, K., y otros**, *Rheology of mechanical properties of soft soil and stabilization protocols in the developing countries-Nigeria*, Materials Science for Energy Technologies, págs. 8-14, 2018

**PELÁEZ-ARROYAVE, Gabriel, VELÁSQUEZ-RESTREPO, Sandra y GIRALFO-VÁSQUEZ, Diego**, *Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura*. 2, Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Vol. 27, págs. 1-24, 2017

**PHU, Bui, y otros**, *Research and Development of Natural Rubber Processing Technology for Vehicle Radial Tire Manufacturing in Vietnam\**. Ho Chi Minh City : 4th International Conference on Green Technology and Sustainable Development, GTSD 2018, Proceedings 2018 4th International Conference on Green Technology and Sustainable Development, GTSD 2018. págs. 578-582, 2018

**PRASAD, D.S.V., SIVANNARAYANA, C. y SUNITHA, P.**, *Effect of bamboo fibres and lime on engineering properties of expansive soil..* Vizianagaram : IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, International Conference on Sustainable Systems and Structures, ICSSS 2019. Vol. 1025, 2021

**PUSARI QUISPE, Oscar A. y RODRIGUEZ MACHUCA, Joao Y.**, *Estudio experimental de mejoramiento de las propiedades de resistencia al corte de un suelo expansivo con polvo de vidrio reciclado y fibras de polipropileno en la ciudad de Talara, departamento de Piura*. Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Tesis de Pre grado, 2020

**QAMHIA, I.I., y otros**, *Durability of Stabilized Quarry By-Products in Base and Subbase Applications*. Chicago : Illinois Center for Transportation, 4th International Conference on Transportation Geotechnics. págs. 659-671, 2019

**RAZALI, R. y MALEK, Che**, *The usage of cement for soil stabilisation in construction of low volume roads in Malaysia*. Petaling Jaya, Selangor : 10th Malaysian Road Conference and Exhibition 2018, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 512, pág. 012006, 2019

**ROCÍO SÁNCHEZ, Juan**, *Segunda vida de los neumáticos usados*, Revista QuímicaViva, Vol. 11, 2, págs. 24-39, 2012

**RODRIGUEZ OTRUBO, Aline, Tiemi. 2021**. *ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS COM O USO DE RESÍDUOS CERÂMICOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL*. Ilha Solteira - SP : Universidades Estadual Paulista, 2021. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil).

**SAMIEI-FARD, R., y otros**, *Application of particle size distribution throughout the soil profile as a criterion for recognition of newly developed geoforms in the Southeastern Caspian coast*, Catena, Vol. 203, 2021

**SATYANARAYANA, C., y otros**, *Effect of Addition of Scrap Tire Chips in Stabilization of Clayey Sand*. India : Lecture Notes in Civil Engineering, Indian Geotechnical Conference, IGC 2020. Vol. 152, págs. 399-408, 2021

**SRIVASTAVA, Amit, SHIKHA, Pandey y JEESHANT, Rana.**, *Use of shredded tyre waste in improving the geotechnical properties of expansive black cotton soil*, Geomechanics and Geoengineering, Vol. 9, 4, 2014

**TAN, X., y otros**, *Evaluation of the particle sizes of four clay minerals*, Applied Clay Science, págs. 313 – 324, 2017

**TAPU, T.A., PALIT, S.K. y SABBIR, M.H.**, *Impact of Slag Percentages on Soil CBR for Sub-surface Layers of Flexible Pavement*. Chattogram : Lecture Notes in Civil Engineering, 5th International Conference on Advances in Civil Engineering, ICACE 2020. págs. 351 – 362, 2020

**URREGO-YEPES, William, y otros**, *Revisión - Caracterización de compuestos de caucho con residuos de cuero posindustrial*. *Prospectiva*, Vol. 15, 2, págs. 13-25, 2017

**VENTAKA, A., y otros**, *Influence of Waste Tyre Rubber Chips on Strength and Settlements of Soils*, *International Journal of Engineering Innovation & Research*, Vol. 5, 4, págs. 1-6, 2016

**XU, Jie, y otros**, *Research on crumb rubber concrete: From a multi-scale review*, *Construction and Building Materials*, Vol. 232, 2020

## **ANEXOS**

## Anexo I. Matriz de operacionalización de variables

### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

TÍTULO: "Influencia de las astillas de neumáticos para la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-

VARIABLES INDEPENDIENTE		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGIA
ASTILLAS DE NEUMÁTICOS		La astilla de neumático es obtenida de proceso de forma manual, la cual en un tiempo determinado se obtiene las astillas de neumáticos, que es extraído de la parte del neumático llamado estabilizados o cinturón. (Rocio S., 2012)	La dosificación de astillas de neumáticos se adiciona en forma proporcional peso del suelo en proporciones 0%, 8%, 12% y 16% con tamaño de dimensión de mallas de 8 x 8 mm, empleándose tres (03) proporciones de diseños y (01) diseño patrón: (B, B+8%AN, B+12%AN, B+16%AN); con el motivo de perfeccionar las características físicas (contenido de humedad y límites de Atterberg) y mecánicas (aumentar las cualidades de resistencia) de la subrasante del suelo.	DOSIFICACIÓN En adición en peso de suelo	0%	RAZÓN	<p><b>Método:</b> Científico  <b>Tipo de Investigación:</b> Tipo Aplicada  <b>Nivel de Investigación:</b> EXPLICATIVA (Causa Efecto)  <b>Diseño de Investigación:</b> Experimental (Cuasi)  <b>Enfoque:</b> Cuantitativo  <b>Población:</b> Todos las <b>probetas</b> ensayadas en el Laboratorio - Suelos del Distrito de la Yarada los Palos, provincia de Tacna - PERÚ</p> <p><b>Muestra:</b>                      06 Muestras contenido de humedad                      06 Muestras Límites Atterberg                      06 Muestras C.B.R.                      06 Muestras Próctor M.</p> <p><b>Muestreo:</b>  <b>No Probabilístico</b></p> <p><b>Técnica:</b>  <b>Observación Directa</b></p> <p><b>Instrumentos de la investigación:</b>  <b>Ficha Recolección de Datos</b></p> <p><b>Ficha Resultados de Laboratorio</b></p> Según NTP - ASTM
					8%		
					12%		
					16%		
DEPENDIENTE				ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	Diámetro de hebra (mm) Dimensión de malla (mm)	RAZÓN	
PROPIEDADES ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NIVEL SUBRASANTE		Las características del suelo en su estado natural comprenden gran compresibilidad, y/o permeabilidad, y son manipuladas para presentar mejores características en proyectos de ingeniería. (Razali & Malek, 2019).	La preparación de estabilización de suelos se distinguen en sus cualidades físicas y mecánicas. Los diseños se mezclan con astillas de neumáticos, para que perfeccione sus características físicas-mecánicas en los suelos a nivel de subrasante, para este caso se mide su calidad empleando ensayos de laboratorio como el contenido de humedad, límites de Atterberg, CBR y Proctor Modificado, para los cuatro (04) diseños estipulados (B, B+8%AN, B+12%AN, B+16%AN); donde B: Muestra base, AN: astillas de neumáticos, obteniendo un total de 144 muestras en total de un total de 03 calicatas, el ensayo de contenido de humedad se hará 36 muestras y 36 muestras para límites de Atterberg y para el ensayo de CBR, se realizará para 7 días realizándose 3 briquetas para cada diseño con un total de 36 briquetas, y con el ensayo de Proctor Modificado, se realizará para 7 días realizándose 3 briquetas para cada diseño con un total de 36 briquetas.. Finalmente los resultados obtenidos <b>se procesan</b> en formatos y fichas técnicas según la NTP y el ASTM.	PROPIEDADES FÍSICAS	Límites de Atterberg (%)	RAZON	
					Contenido de humedad (%)	RAZON	
				PROPIEDADES MECÁNICAS	Próctor Modificado (u)	RAZON	
					C.B.R. (%)	RAZON	

## Anexo II. Matriz de consistencia

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: "Influencia de las astillas de neumáticos para la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022"

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>P. General</b>	<b>O. General</b>	<b>H. General</b>	<b>INDEPENDIENTE</b>			
¿De qué manera influye la adición de las astillas de neumáticos en la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022?	Evaluar de que manera influye la adición de las astillas de neumáticos para la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022	La adición de las astillas de neumáticos influye en la mejora la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022.	ASTILLAS DE NEUMÁTICOS	DOSIFICACIÓN Por Adición en Peso de Suelo Seco	8%	Ficha Recolección de Datos Anexo 1-A
					12%	Ficha Recolección de Datos Anexo 1-A
					16%	Ficha Recolección de Datos Anexo 1-A
				ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	Diámetro de hebra (mm.)	Ficha Recolección de Datos Anexo 1-A
					Dimensión de malla (mm)	Ficha Recolección de Datos Anexo 1-A
<b>P. Específico</b>	<b>O. Específico</b>	<b>H. Específico</b>	<b>DEPENDIENTE</b>			
¿Cuánto influye la adición de las astillas de neumáticos en el límite de Atterberg de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022?	Calcular cuanto influye la adición de las astillas de neumáticos en el límite de Atterberg de la subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022	La adición de astillas de neumáticos en la estabilización de la subrasante presentan los límites de Atterberg, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022	ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE	PROPIEDADES FÍSICAS	Límite de Atterberg (%)	Ficha Resultado de Laboratorio según ASTM D4318 Anexo 2-A
					Contenido de humedad (%)	Ficha Resultado de Laboratorio según ASTM D2216 Anexo 2-B
				PROPIEDADES MECÁNICAS	Proctor modificado (u)	Ficha Resultado de Laboratorio Según ASTM D1557 Anexo 2-C
					C.B.R. (%)	Ficha Resultado de Laboratorio Según ASTM D1883 Anexo 2-D

### Anexo III. Ficha de recolección de datos



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**Ficha de recolección de datos - 1A: Astillas de neumáticos**

**TÍTULO:** "Influencia de las astillas de neumáticos para la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022"

**Parte A: Datos generales**

Tesista 01: Dueñas Cabrera, Elvis Wilfredo

Fecha: Tacna, 16 de abril del 2022

**Parte B: Dosificación de astilla de neumático (AN) en función al peso del suelo**

Descripción	Dosis	Tamaño de AN (mm)	Diámetro de hebra (mm)	Evaluación de Especialista			
				Evaluable 1	Evaluable 2	Evaluable 3	Promedio
Patrón	0%	---	---				
P+%AN	8%	8x8mm	2mm	0,8	0,9	0,8	0,8
P+%AN	12%	8x8mm	2mm				
P+%AN	16%	8x8mm	2mm				

Artículo científico: Satyanarayana et al. (2021), donde mencionó que al dosificar en función al peso del suelo entre el 0 al 20% de astillas de neumáticos de tamaño de 10 x 10 mm y 20 x 20 mm., se tiene mejores resultados con 10x10mm al 15%.

**Parte C: Indicador – Cantidad de muestra en función al peso del suelo**

Dosis	Cantidad de muestra (KG)			Peso (KG)	Evaluación de Especialista			
	C-01	C-02	C-03		Evaluable 1	Evaluable 2	Evaluable 3	Promedio
8%	---	1.50	---	1.50	0,7	0,7	0,8	0,7
12%	---	3.50	---	3.50				
16%	---	4.00	---	4.00				

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

Evaluable 1	Evaluable 2	Evaluable 3
Apellidos: <b>Casanova Velez</b>	Apellidos: <b>FRISANCO PARICAHUA</b>	Apellidos: <b>Alvarado Chacoli</b>
Nombres: <b>Alfredo Andres</b>	Nombres: <b>ENEDINA</b>	Nombres: <b>Juan Jesus</b>
Título: <b>Ing. de Minas</b>	Título: <b>ING. CIVIL</b>	Título: <b>Ingeniero Civil</b>
Grado: <b>Magister</b>	Grado: <b>INGENIERO</b>	Grado:
N° Reg. CIP: <b>125927</b>	N° Reg. CIP: <b>69995</b>	N° Reg. CIP: <b>245387</b>
Firma:	Firma:	Firma:



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 Ficha de recolección de datos- 2B: Límites de Atterberg

**TÍTULO:** "Influencia de las astillas de neumáticos para la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022"

**Parte A: Datos generales**

Tesista 01: Dueñas Cabrera, Elvis Wilfredo

Fecha: Tacna, 16 de abril del 2022

**Parte B: Indicador – Límites de Atterberg**

Dosis Especialista	Resultados de muestras		
	E- 1	E- 2	E- 3
0%			
8%			
12%			
16%			
Nota de especialista	0,8	0,8	0,8
		Promedio de nota	0,8

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO		
Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3
Apellidos: Casanova Velez	Apellidos: FRISANCHO PARICAHUA	Apellidos: Alvarado Chacolli
Nombres: Alfredo Andres	Nombres: ENEDINA	Nombres: Juan Jesus
Título: Ing. de Minas	Título: ING. CIVIL	Título: Ingeniero Civil
Grado: Magister	Grado: INGENIERO	Grado:
N° Reg. CIP: 125927	N° Reg. CIP: 69995	N° Reg. CIP: 245387
Firma:	Firma:	Firma:
		
	GOBIERNO REGIONAL TACNA Ing. ENEDINA FRISANCHO PARICAHUA OFICINA EJECUTIVA DE SUPERVISION INSPECTOR / SUPERVISOR CIP 69995	Juan Jesus Alvarado Chacolli INGENIERO CIVIL CIP N° 245387



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 Ficha de recolección de datos - 2A: Contenido de humedad

**TITULO:** "Influencia de las astillas de neumáticos para la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022"

**Parte A: Datos generales**

Tesista 01: Dueñas Cabrera, Elvis Wilfredo  
 Fecha: Tacna, 16 de abril del 2022

**Parte B: Indicador - Contenido de humedad**

Dosis Especialista	Resultados de muestras		
	E- 1	E- 2	E- 3
0%			
8%			
12%			
16%			
Nota de especialista	0,8	0,8	0,8
		Promedio de nota	0,8

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO		
Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3
Apellidos: Casanova Velez	Apellidos: FRISANCHO PARICAHUA	Apellidos: Alvarado Chacollí
Nombres: Alfredo Andres	Nombres: ENEDINA	Nombres: Juan Sesos
Título: Ing. de Minas	Título: ING. CIVIL	Título: Ingeniero Civil
Grado: Magister	Grado: INGENIERO	Grado:
N° Reg. CIP: 125927	N° Reg. CIP: 69995	N° Reg. CIP: 245387
Firma:	Firma:	Firma:
		
Supervisor CIP 125927	GOBIERNO REGIONAL TACNA Ing. ENEDINA FRISANCHO PARICAHUA OFICINA EJECUTIVA DE SUPERVISIÓN INSPECTOR / SUPERVISOR CIP 69995	Juan Jesus Alvarado Chacollí INGENIERO CIVIL CIP N° 245387



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
Ficha de recolección de datos – 2D: Próctor Modificado

**TÍTULO:** "Influencia de las astillas de neumáticos para la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022"

**Parte A: Datos generales**

Tesista 01: Dueñas Cabrera, Elvis Wilfredo

Fecha: Tacna, 16 de abril del 2022

**Parte B: Indicador – Próctor Modificado – Máxima densidad seca**

Dosis	Resultados de muestras		
	E 1	E 2	E 3
0%			
8%			
12%			
16%			
Nota de especialista	0,8	0,8	0,8
		Promedio de nota	0,8

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3
Apellidos: <i>Casanova Velez</i>	Apellidos: <i>FRISANCHO PARICAHUA</i>	Apellidos: <i>Alvarado Chacoll</i>
Nombres: <i>Alfredo Andres</i>	Nombres: <i>ENEDINA</i>	Nombres: <i>Juan Jesus</i>
Título: <i>Ing. de Minas</i>	Título: <i>Ing. Civil</i>	Título: <i>Ingeniero Civil</i>
Grado: <i>Magister</i>	Grado: <i>INGENIERO</i>	Grado:
N° Reg. CIP: <i>125927</i>	N° Reg. CIP: <i>69999</i>	N° Reg. CIP: <i>245387</i>
Firma:	Firma: GOBIERNO REGIONAL TACNA	Firma:
<i>ALFREDO A. CASANOVA</i> Supervisor CIP 125927	Ing. ENEDINA FRISANCHO PARICAHUA OFICINA EJECUTIVA DE SUPERVISION INSPECTOR / SUPERVISOR CIP 69999	<i>Juan Jesus Alvarado Chacoll</i> INGENIERO CIVIL CIP N° 245387



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
Ficha de recolección de datos - 2C: California Bearing Ratio CBR

**TÍTULO:** "Influencia de las astillas de neumáticos para la estabilización de suelos a nivel de subrasante, distrito la Yarada-Los Palos, Tacna-2022"

**Parte A: Datos generales**

Tesista 01: Dueñas Cabrera, Elvis Wilfredo

Fecha: Tacna, 16 de abril del 2022

**Parte B: Indicador – California Bearing Ratio CBR al 95% con 0.1" de penetración**

Dosis Especialista	Resultados de muestras		
	E 1	E 2	E 3
0%			
8%			
12%			
16%			
Nota de especialista	0,8	0,8	0,8
		Promedio de nota	0,8

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO		
Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3
Apellidos: <i>Casanova Velez</i>	Apellidos: <i>FRISANCHO PARICAHUA</i>	Apellidos: <i>Alvarado Chacoli</i>
Nombres: <i>Alfredo Andres</i>	Nombres: <i>ENEDINA</i>	Nombres: <i>Juan Jesus</i>
Título: <i>Ing. de Minas</i>	Título: <i>ING. CIVIL</i>	Título: <i>Ingeniero Civil</i>
Grado: <i>Magister</i>	Grado: <i>INGENIERO</i>	Grado:
N° Reg. CIP: <i>125927</i>	N° Reg. CIP: <i>69995</i>	N° Reg. CIP: <i>245387</i>
Firma:	Firma:	Firma:

**Anexo IV. Informes de laboratorio y Certificado de Calibración de equipos de laboratorio**



LABORATORIO DE GEOTECNIA

**Calicata**

**C - 01**



ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

CALICATA: C-01

FECHA: MARZO - 2022

ZONA: YARADA - LOS PALOS

MUESTRA: M-01

CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA TOTAL			
N° de Ensayo	Unidad	01	02
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	gr.	252.50	
Peso Recipiente + Muestra Seca	gr.	229.50	
Peso Recipiente	gr.	88.70	
Peso del Agua	gr.	23.00	
Peso Muestra Seca	gr.	140.80	
Porcentaje de Humedad	%	16.34	
PROMEDIO	%	16.34	

OBSERVACIONES : La muestra es representativa del estrado encontrado

Tte. Sonia Jessica Navarro Chavez  
Técnico en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue M. Condon Rosado  
Ingeniero Civil  
CIP 101549



**ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

ASTM D 422, AASHTO T 88

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

ZONA: YARADA - LOS PALOS

CALICATA:

**C-01**

FECHA: MARZO - 2022

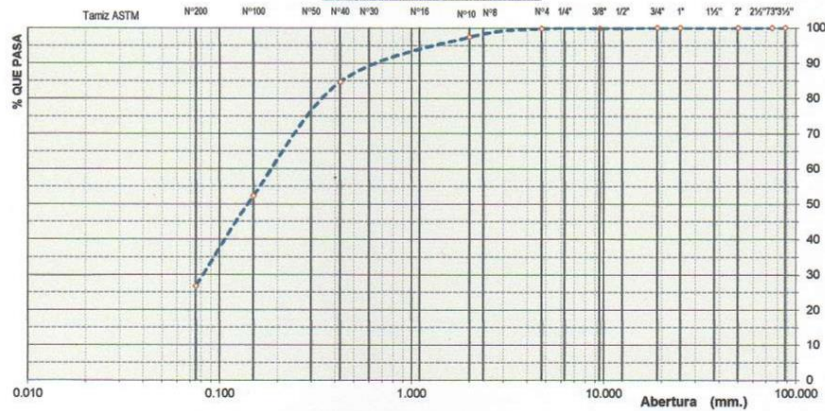
MUESTRA:

**M-01**

Peso de Recipiente (gr) : <b>88.70</b>	Muestra Neta Húmeda (gr) : 13009.3	Peso Grava Seca (gr) : 28.1
Tara + M. Húmeda (gr) : <b>252.50</b>	Muestra Seca (gr) : 12800.2	Peso Arena Seca (gr) : <b>12772.1</b>
Tara + M. Seca (gr) : <b>229.50</b>	Humedad Material (%) : 16.34	Fracción fina (gr) : <b>540.6</b>

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% QUE PASA
31/2"	88.000	0.00	0.00	100.00
3"	75.000	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.14	0.14	99.86
3/8"	9.500	0.00	0.14	99.86
1/4"	6.250	0.00	0.14	99.86
N#4	4.750	0.08	0.22	99.78
N#8	2.360	0.00	0.22	99.78
N#10	2.000	2.36	2.58	97.42
N#20	0.848	3.14	5.72	94.28
N#30	0.590	0.00	5.72	94.28
N#40	0.425	9.51	15.23	84.77
N#50	0.279	0.00	15.23	84.77
N#80	0.210	5.50	20.73	79.27
N#100	0.150	26.87	47.60	52.40
N#200	0.075	25.58	73.18	26.82
Base		26.82	100.00	

DESCRIPCIÓN	
La muestra corresponde al estrato E-01	
Resultados del ensayo	
Bolonería (%) :	0.0
Grava (%) :	0.2
Arena (%) :	99.8
Mod.Fineza (%) :	0.75
Pasa N#4 :	99.8
Pasa N#10 :	97.4
Pasa N#40 :	84.8
Pasa N#200 :	26.8
Clasificación de Suelos	
SUCS :	SM
AASHTO * :	A-2-4 (0)
Límites de Consistencia	
LL :	21
LP :	
IP :	

**Gráfico Análisis Granulométrico**


OBSERVACIONES: La muestra es representativa del estrato encontrado

Téc. Sonia Ticsa Lavire Chavez  
Técnica en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josué M. Condori Coaquila  
Ingeniero Civil  
CIP 101519



**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA (ASTM D - 4318)

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS **CALICATA:** C-01  
**FECHA:** MARZO - 2022 **ZONA:** YARADA - LOS PALOS **MUESTRA:** M-01

**Límite Líquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	15	21	26
Recipiente Nº	1	2	3
Peso Recipiente	16.23	15.70	16.20
Recipiente + Suelo Húmedo	46.69	40.91	43.02
Recipiente + Suelo Seco	41.13	36.46	38.46
Peso Agua	5.56	4.45	4.56
Peso Suelo Seco	24.90	20.76	22.26
% de Humedad	22.33	21.44	20.49

**Límite Plástico**

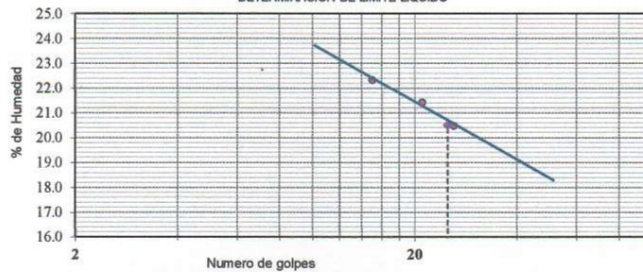
ASTM D 4319

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº			
Recipiente + Suelo Húmedo			
Recipiente + Suelo Seco			
Peso Recipiente		NP	
Peso Agua			
Peso Suelo Seco			
% de Humedad			

**RESULTADOS**

**Límite Líquido** 21      **Límite Plástico** NP      **I. P.**      NP

DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES : La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. Sonia Yessica Advairé Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. José W. Córdova Cordero  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549





**Gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnometro  
NPT 339.131; ASTM D 854**
**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS

**CALICATA:** C-01

**FECHA:** MARZO - 2022

**ZONA:** YARADA - LOS PALOS

**MUESTRA:** M-01

N° de Prueba	1	2	3
N° de Frasco	a	b	
Peso Material Seco C (g)	100.50	100.80	
Peso de Frasco (fiola) + Agua (g)	679.00	686.20	
Peso de Frasco (fiola) + Agua + Peso Material S (g)	779.50	787.00	
Peso Material S + Agua en el Frasco (fiola) (g)	737.80	745.40	
Volumen de Masa - Volumen de Vacíos B (cm <sup>3</sup> )	41.70	41.60	
Peso Material Seco A (g)	100.50	100.80	
Temperatura del Agua (°C)	27	27	
Factor de Corrección del Agua E	0.99831	0.99831	
Volumen de Masa D (cm <sup>3</sup> )	41.70	41.60	
Gravedad Específica (g/cm <sup>3</sup> )	2.406	2.419	

Resultados Obtenidos	
Gravedad Específica (g/cm <sup>3</sup> )	2.412

**Observaciones :** La muestra es representativa del estrado encontrado

*[Signature]*  
 Sr. Sonia Rosita Ramirez Chavez  
 Trabajo en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

*[Signature]*  
 Ing. Jose W. Corales Caceres  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549





**ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR DENSIDAD MÍNIMA Y PESO UNITARIO**

ASTM D 4254

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

**CALICATA:** C-01

**FECHA:** MARZO - 2022

**ZONA:** YARADA - LOS PALOS

**MUESTRA:** M-01

**MOLDE UTILIZADO**
**VOLUMEN DEL MOLDE (cm3):** 3028.4    **PESO DEL MOLDE (gr.) :** 8770    **MOLDE Nro. 1**
**DATOS DEL ENSAYO**

Numero de ensayo	1	2	3	4	5
Peso suelo + Molde	11966	11930	11921		
Peso suelos humedo compactado	3196	3160	3151		
Peso volumétrico compactado	1.06	1.04	1.04		

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente Nro.	1	2	3	4	5
Peso suelos humedo + Recipiente	340.10	340.10	340.10		
Peso suelos seco + Recipiente	317.80	317.80	317.80		
Peso de la Recipiente	0.00	0.00	0.00		
Peso del agua	22.30	22.30	22.30		
Peso de suelo seco	317.80	317.80	317.80		
Contenido de agua	7.02	7.02	7.02		
Peso volumétrico seco	0.99	0.98	0.97		

**Densidad mínima seca** 0.98 gr/cc

**OBSERVACIONES :** La muestra es representativa del estrado encontrado

Sonia Pession Alvarado Chavez  
Técnico en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue M. Condor Coaguila  
Ingeniero Civil  
CIP 101549







## ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR DENSIDAD RELATIVA

ASTM D 4254

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE,  
DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

CALICATA: C-01


FECHA: MARZO - 2022

ZONA: YARADA - LOS PALOS

MUESTRA: M-01

CALCULO	
ENSAYO N°	1
CALICATA	C-01
Densidad Seca in Situ (Dd) gr/cc	1.361
Densidad Minima (Dmin) gr/cc	0.981
Densidad Maxima (Dmax) gr/cc	1.770
Densidad Relativa (Dr) gr/cc	62.66

OBSERVACIONES : La muestra es representativa del estrado encontrado

  
Téc. Sonia Jessica Arvire Chavez  
Técnico en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

  
Ing. Josuani Condori Cazaña  
Ingeniero Civil  
CIP 101549





**California Bearing Ratio (CBR) - MTC E 132-2000  
ASTM D - 1883**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022. **CALICATA:** C-01  
**FECHA:** FEBRERO - 2022 **ZONA:** LA YARADA – LOS PALOS **MUESTRA :** M-01

**DATOS DE LA MUESTRA**

**TIPO DE MUESTRA:** NATURAL **CODIGO:** C-01 **REFERENCIA:** MUESTRA 1

**DATOS PARA EL ENSAYO**

**CLASIFICACION:** SUCS SM AASHTO A-2-4(0) PROCTOR HO=15.90% MDS=1.77 N°CAPAS 5

**DENSIDAD**

N	DESCRIPCION	UND	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
			Normal		Normal		Normal	
1	Peso suelo húmedo + molde	g	12,215	12,383	12,650	12,767	12,568	12,622
2	Peso del molde	g	8,186	8,186	8,530	8,530	8,252	8,252
3	Volumen del molde REG:	cc	2,096	2,096	2,091	2,091	2,104	2,104
4	Peso suelo húmedo, [1]-[2]	g	4,029	4,197	4,120	4,237	4,316	4,370
5	Densidad suelo húmedo, [4]/[3]	g/cc	1.922	2.003	1.970	2.026	2.051	2.077
6	Id. Capsula	-	3		2		1	
7	Peso de la capsula	g	110.30	88.70	104.70	104.60	88.70	106.70
9	Peso del suelo húmedo + capsula	g	481.00	371.90	498.70	342.10	420.30	315.40
9	Peso del suelo seco + capsula	g	431.70	326.70	446.90	307.40	377.00	286.70
10	Peso del agua, [7]-[8]	g	49.30	45.20	51.80	34.70	43.30	28.70
11	Peso del suelo seco, [8]-[10]	g	321.4	238.00	342.20	202.80	288.30	180.00
12	Contenido de humedad, [9]/[11]	%	15.34	18.992	15.14	17.11	15.02	15.94
13	Densidad seca, [5]/(1+[12]/100)	g/cc	1.667	1.683	1.711	1.730	1.783	1.791

**PENETRACIÓN**

STANDARD	CARGA	LECTURA DE DIAL (división)				FUERZA (kg)			
		pulg.	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	DIRECTA	CORREGIDA	DIRECTA	CORREGIDA
Area del pistón: 20.43 cm <sup>2</sup>	0.000	0	0	0	0		0		0
	0.025	4	9	10	23		42		45
	0.050	15	20	25	64		82		101
	0.075	28	38	50	112		148		192
	0.100	41	55	79	159	165*	211	220*	299
	0.150	68	81	110	258		306		412
	0.200	89	112	159	336	355*	420	450*	591
0.250	135	164	230	504		610		850	
0.300	174	200	280	646		741		1,031	
1.0	CORRECCION:	DEL ANILLO	DE CARGA EN	KILO	ECUACION:	-0.0001 X <sup>2</sup> +	3.6840	X +	8.4890

**EXPANSION**

Fecha-hora	TIEMPO (Hrs)	LECTURA DIAL(Div): 0.001"			ALTURAS			
		12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	mm	%	mm	%
	0							
	48				NoExpansivo			
	96							

**RESULTADOS**

ENSAYO CBR	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	PROCTOR		CBR FINAL	
Densidad Seca prom.	1.67	1.72	1.79	Humedad óptima	15.90%	Penetración	1"
Penetración: 1"	11.5	15.3	22.6	MDS	1.77	100% MDS	21.0
Penetración: 2"	16.4	20.8	29.6	95 % de la MDS	1.68	95% MDS	12.0
							17.0

Téc. Sonia Patricia Alvarado Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Juan W. Cristian Bosquini  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



California Bearing Ratio (CBR) - MTC E 132-2000  
 ASTM D - 1883

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

SOLICITA: DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

CALICATA: C-01

FECHA: FEBRERO - 2022

ZONA:

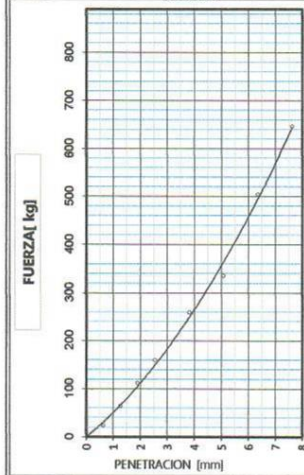
LA YARADA - LOS PALOS

MUESTRA:

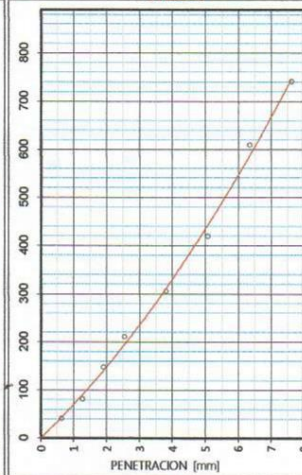
M-01

## GRÁFICOS

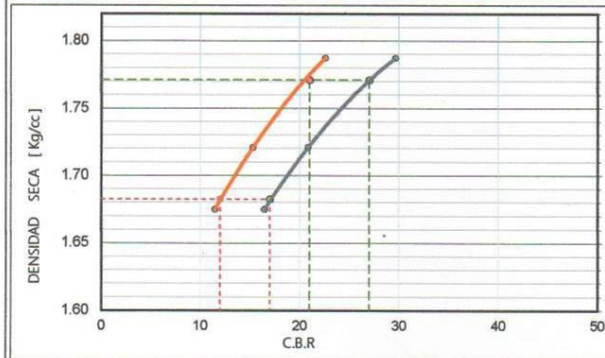
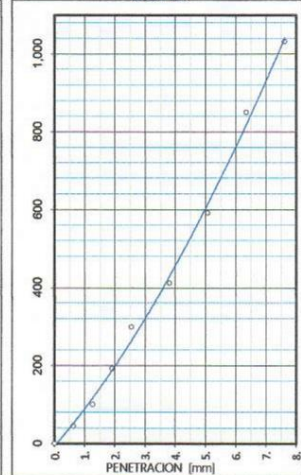
12 GOLPES



25 GOLPES



56 GOLPES



## CBR AL 100% Y 95% DE LA MDS

100% MDS	1.77
CBR, PENETRACION 1"	21.0
CBR, PENETRACION 2"	27.0

95% MDS	1.68
CBR, PENETRACION 1"	12.0
CBR, PENETRACION 2"	17.0

 Nota:  
 Material del estrato N° 01, proporcionado por el solicitante

Téc. Sonia Jessica Ramirez Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue W. Candari Coaguila  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101519



# Calicata

## C - 02



## ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS

CALICATA:

C-02

FECHA: MARZO - 2022

ZONA: YARADA - LOS PALOS

MUESTRA:

M-01

## CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA TOTAL			
N° de Ensayo	Unidad	01	02
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	gr.	539.64	
Peso Recipiente + Muestra Seca	gr.	476.38	
Peso Recipiente	gr.	85.36	
Peso del Agua	gr.	63.26	
Peso Muestra Seca	gr.	391.02	
Porcentaje de Humedad	%	16.18	
PROMEDIO	%		16.18

OBSERVACIONES: La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. Sonia Cecilia Alvarez Chavez  
Técnica en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue H. Concha Concha  
Ingeniero Civil  
CIP 101549





**ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

ASTM D 422, AASHTO T 88

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.  
 UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS  
 FECHA: MARZO - 2022

ZONA: YARADA - LOS PALOS

 CALICATA:  
MUESTRA:

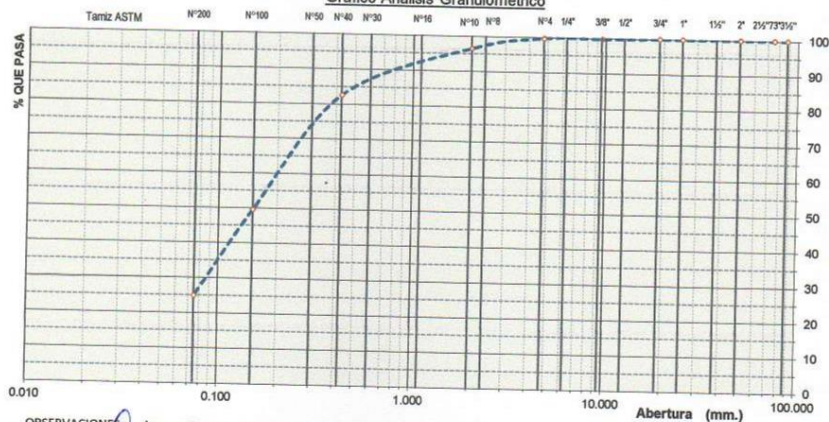
**C-02**  
**M-01**

Peso de Recipiente (gr) : 85.36 Muestra Neta Húmeda (gr): 12260.6  
 Tara + M. Húmeda (gr) : 539.64 Muestra Seca (gr) : 12065.4  
 Tara + M. Seca (gr) : 476.38 Humedad Material (%) : 16.18

Peso Grava Seca (gr) : 34.5  
 Peso Arena Seca (gr) : 12030.9  
 Fracción fina (gr) : 575.3

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% QUE PASA
31/2"	88.000	0.00	0.00	100.00
3"	75.000	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.17	0.17	99.83
3/8"	9.500	0.00	0.17	99.83
1/4"	6.250	0.00	0.17	99.83
Nº4	4.750	0.11	0.29	99.71
Nº8	2.360	0.00	0.29	99.71
Nº10	2.000	3.23	3.52	96.48
Nº20	0.848	3.87	7.39	92.61
Nº30	0.590	0.00	7.39	92.61
Nº40	0.425	9.99	17.38	82.62
Nº50	0.279	0.00	17.38	82.62
Nº80	0.210	6.96	24.34	75.66
Nº100	0.150	26.05	50.39	49.61
Nº200	0.075	24.67	75.06	24.94
Base		24.94	100.00	

DESCRIPCIÓN	
La muestra corresponde al estrato E-01	
Resultados del ensayo	
Bolonería (%) :	0.0
Grava (%) :	0.3
Arena (%) :	99.7
Mod. Finesa (%) :	0.83
Pasa Nº4 :	99.7
Pasa Nº10 :	96.5
Pasa Nº40 :	82.6
Pasa Nº200 :	24.9
Clasificación de Suelos	
SUCS :	SM
AASHTO * :	A-2-4 (0)
Límites de Consistencia	
LL :	20
L.P. :	
I.P. :	

**Gráfico Análisis Granulométrico**


OBSERVACIONES: La muestra es representativa del estrato encontrado

Téc. Sonia Jessica Adairre Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. José M. Conson Cordero  
 Ingeniero Civil  
 P. 101549



**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**  
 NORMA (ASTM D - 4318)

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS **CALICATA:** C-02  
**FECHA:** MARZO - 2022 **ZONA:** YARADA - LOS PALOS **MUESTRA:** M-01

**Límite Líquido**  
 ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	16	21	28
Recipiente Nº	1	2	3
Peso Recipiente	15.84	15.94	16.38
Recipiente + Suelo Húmedo	40.76	39.28	40.95
Recipiente + Suelo Seco	36.28	35.24	36.95
Peso Agua	4.48	4.04	4.00
Peso Suelo Seco	20.44	19.30	20.57
% de Humedad	21.92	20.93	19.45

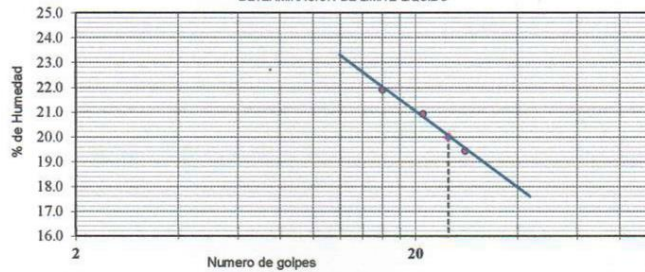
**Límite Plástico**  
 ASTM D 4319

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº			
Recipiente + Suelo Húmedo			
Recipiente + Suelo Seco			
Peso Recipiente		NP	
Peso Agua			
Peso Suelo Seco			
% de Humedad			

**RESULTADOS**

**Límite Líquido** 20      **Límite Plástico** NP      **I. P.** NP

DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES : La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. Sonia Jessica Alvarado Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue W. Concha Corcuera  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



**Gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnometro  
NPT 339.131; ASTM D 854**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS **CALICATA:** C-02

**FECHA:** MARZO - 2022 **ZONA:** YARADA - LOS PALOS **MUESTRA:** M-01

N° de Prueba	1	2	3
N° de Frasco	a	b	
Peso Material Seco C (g)	110.15	105.32	
Peso de Frasco (fiola) + Agua (g)	679.30	686.16	
Peso de Frasco (fiola) + Agua + Peso Material S (g)	789.45	791.48	
Peso Material S + Agua en el Frasco (fiola) (g)	743.49	747.58	
Volumen de Masa - Volumen de Vacios B (cm <sup>3</sup> )	45.96	43.90	
Peso Material Seco A (g)	110.15	105.32	
Temperatura del Agua (°C)	24	24	
Factor de Corrección del Agua E	0.99903	0.99903	
Volumen de Masa D (cm <sup>3</sup> )	45.96	43.90	
Gravedad Especifica (g/cm <sup>3</sup> )	2.394	2.397	

Resultados Obtenidos	
Gravedad Especifica (g/cm <sup>3</sup> )	2.396

**Observaciones :** La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. Sonia Jessica Achire Chavez  
Técnico en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue V. Cornejo Cordero  
Ingeniero Civil  
CIP 101549





**ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR DENSIDAD MÍNIMA Y PESO UNITARIO**

ASTM D 4254

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

**CALICATA:** C-02

**FECHA:** MARZO - 2022

**ZONA:** YARADA - LOS PALOS

**MUESTRA:** M-01

**MOLDE UTILIZADO**
**VOLUMEN DEL MOLDE (cm<sup>3</sup>):** 3028.4    **PESO DEL MOLDE (gr.):** 8770    **MOLDE Nro.** 1

**DATOS DEL ENSAYO**

Numero de ensayo	1	2	3	4	5
Peso suelo + Molde	11856	11871	11862		
Peso suelos humedo compactado	3086	3101	3092		
Peso volumétrico compactado	1.02	1.02	1.02		

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente Nro.	1	2	3	4	5
Peso suelos humedo + Recipiente	323.15	323.15	323.15		
Peso suelos seco + Recipiente	308.19	308.19	308.19		
Peso de la Recipiente	0.00	0.00	0.00		
Peso del agua	14.96	14.96	14.96		
Peso de suelo seco	308.19	308.19	308.19		
Contenido de agua	4.85	4.85	4.85		
Peso volumétrico seco	0.97	0.98	0.97		

**Densidad mínima seca** 0.97 gr/cc

**OBSERVACIONES :** La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. Sonia Jessica Andujare Chavez  
Técnico en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue W. Coronel Cordero  
Ingeniero Civil  
CIP 101549




**DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA**  
 ASTM D 1556

**PROYECTO :** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.  
**SOLICITA :** DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS  
**FECHA :** MARZO - 2022      **ZONA:** YARADA - LOS PALOS      **FECHA :** C-02 M-01

Item	DESCRIPCION	DATOS
-	Nº de la prueba	1
-	Profundidad del hoyo (m)	0.15
1	Peso de la arena + frasco (gr.)	7125
2	Peso de la arena que queda + frasco (gr.)	2871
3	Peso de la arena empleada 1-2 (gr.)	4254
4	Peso de la arena en el cono y la placa (gr.)	1735
5	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo 3-4 (gr.)	2519
6	Densidad de la arena (gr/cm3)	1.46
10	Volumen del hoyo 5/6 (cm3)	1725
11	Peso tierra húmeda y piedras (gr.)	2401
12	Peso de las piedras retenidas 3/4" (gr.)	5
13	Peso de tierra húmeda 11-12 (gr.)	2396
14	Volumen de las piedras 12/p.e. (cm3)	2
15	Volumen del hueco ocupado por la tierra 10-14 (cm3)	1723
16	Densidad húmeda 13/15 (gr/cm3)	1.390
17	Porcentaje de humedad(Humedómetro) (%)	11.00
18	Densidad seca (16*100)/(100+17) (gr/cm3)	1.25

OBSERVACIONES : La muestra es representativa del estrado encontrado

  
 Ttc. Sonia Jessica Advure Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

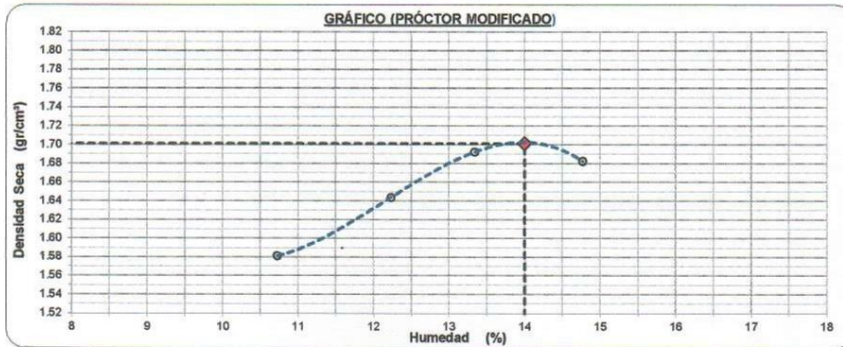
  
 Ing. Josué W. Gonda Coaquira  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



**ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO – ENERGÍA MODIFICADA  
ASTM D 1557**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS  
**FECHA:** MARZO - 2022      **ZONA:** YARADA - LOS PALOS      **CALICATA:** C-02  
**MUESTRA:** M-01

Proctor Modificado	Peso Molde:	4073.0 gr	Volumen Molde:	928.1 cc	Metodo "A"
Prueba Nº	01	02	03	04	
Numero de capas	5	5	5	5	
Numero de golpes	56	56	56	56	
Peso suelo + molde	gr. 5698	5785	5853	5865	
Peso suelo compactado	gr. 1625.00	1712.00	1780.00	1792.00	
Densidad húmeda	gr/cm <sup>3</sup> 1.751	1.845	1.918	1.931	
<b>Humedad</b>					
Tara Nº	3	2	4	1	
Peso de recipiente	gr. 95.68	101.34	93.61	98.35	
Recipiente + suelo húmedo	gr. 391.20	358.12	336.76	307.24	
Recipiente + suelo seco	gr. 362.57	330.14	308.14	280.36	
Peso de agua	gr. 28.6	28.0	28.6	26.9	
Peso de suelo seco	gr. 266.9	228.8	214.5	182.0	
Humedad	% 10.73	12.23	13.34	14.77	
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup> 1.581	1.644	1.692	1.682	



Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)      1.701      Óptimo Contenido Humedad(%)      14.00

Téc. Sonia Jessica Adarve Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue W. Gordon Cazaqui  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



## ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR DENSIDAD RELATIVA

ASTM D 4254

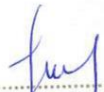
PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS      CALICATA: C-02

FECHA: MARZO - 2022      ZONA: YARADA - LOS PALOS      MUESTRA: M-01

CALCULO	
ENSAYO N°	1
CALICATA	C-02
Densidad Seca in Situ (Dd) gr/cc	1.253
Densidad Minima (Dmin) gr/cc	0.975
Densidad Maxima (Dmax) gr/cc	1.701
Densidad Relativa (Dr) gr/cc	51.95

OBSERVACIONES : La muestra es representativa del estrado encontrado

  
Téc. Sonia Técnica  
Técnica en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

  
Ing. Josué V. Corredor  
Ingeniero Civil  
CIP 101549





**California Bearing Ratio (CBR) - MTC E 132-2000  
ASTM D - 1883**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022. **CALICATA:** C-02  
**FECHA:** FEBRERO - 2022 **ZONA:** LA YARADA – LOS PALOS **MUESTRA :** M-01

**DATOS DE LA MUESTRA**

**TIPO DE MUESTRA:** NATURAL **CODIGO:** C-02 **REFERENCIA:** MUESTRA 1

**DATOS PARA EL ENSAYO**

**CLASIFICACION:** SUCS **SM** **AASHTO** A-2-4(0) **PROCTOR** HO=14.00% **MDS=1.70** **N°CAPAS** 5

**DENSIDAD**

N	DESCRIPCION	UND	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
			Normal		Normal		Normal	
1	Peso suelo húmedo + molde	g	12,008	12,123	12,503	12,601	12,362	12,421
2	Peso del molde	g	8,186	8,186	8,530	8,530	8,252	8,252
3	Volumen del molde REG:	cc	2,096	2,096	2,091	2,091	2,104	2,104
4	Peso suelo húmedo, [1]-[2]	g	3,822	3,937	3,973	4,071	4,110	4,169
5	Densidad suelo húmedo, [4]/[3]	g/cc	1.824	1.879	1.900	1.947	1.953	1.981
6	Id. Capsula	-	3		2		1	
7	Peso de la capsula	g	95.68	91.27	98.52	89.26	92.47	91.38
9	Peso del suelo húmedo + capsula	g	378.59	335.16	365.29	335.51	325.65	295.68
9	Peso del suelo seco + capsula	g	343.54	302.26	332.21	301.41	295.68	268.27
10	Peso del agua, [7]-[8]	g	35.05	32.90	33.08	34.10	29.97	27.41
11	Peso del suelo seco, [8]-[10]	g	247.9	210.99	233.69	212.15	203.21	176.89
12	Contenido de humedad, [9]/[11]	%	14.14	15.593	14.16	16.07	14.75	15.50
13	Densidad seca, [5]/([1+][12]/100)	g/cc	1.598	1.625	1.664	1.677	1.702	1.715

**PENETRACIÓN**

STANDARD	CARGA pulg.	LECTURA DE DIAL (división)			FUERZA (kg)					
		12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	DIRECTA	CORREGIDA	DIRECTA	CORREGIDA	DIRECTA	CORREGIDA
Area del pistón: 20.43 cm <sup>2</sup>	0.000	0	0	0	0		0		0	
	0.025	5	9	12	27		42		53	
	0.050	13	18	23	56		75		93	
	0.075	27	35	47	108		137		181	
	0.100	39	55	75	152	155*	211	225*	284	290*
	0.150	62	78	101	236		295		379	
0.200	85	112	149	321	325*	420	435*	555	550*	
0.250	129	158	226	482		588		836		
0.300	161	192	274	599		712		1,010		
1.0	CORRECCION:	DEL ANILLO	DE CARGA EN	KILO	ECUACION:	-0.0001	X <sup>2</sup> +	3.6840	X +	8.4890

**EXPANSION**

Fecha-hora	TIEMPO (Hrs)	LECTURA DIAL(Div): 0.001"			ALTURAS					
		12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	mm	%	mm	%	mm	%
	0									
	48				NoExpansivo					
	96									

**RESULTADOS**

ENSAYO CBR	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	PROCTOR		CBR FINAL		
Densidad Seca prom.	1.61	1.67	1.71	Humedad óptima	14.00%	Penetración	1"	2"
Penetración: 1"	10.8	15.6	20.1	MDS	1.70	100% MDS	19.0	24.0
Penetración: 2"	15.1	20.1	25.5	95 % de la MDS	1.62	95 % MDS	11.0	15.4

Téc. Sonia Yessica Lavigne Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue M. Coarasa Coarasa  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549





**California Bearing Ratio (CBR) - MTC E 132-2000**  
**ASTM D - 1883**
**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

**SOLICITA:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA.

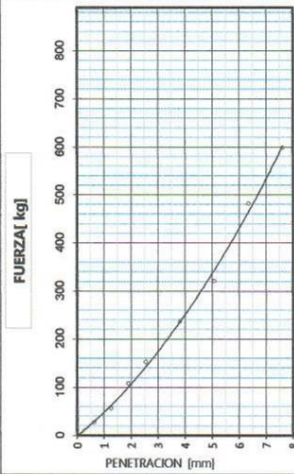
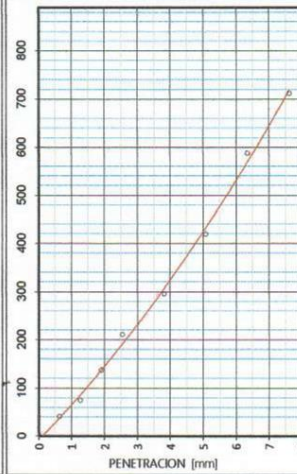
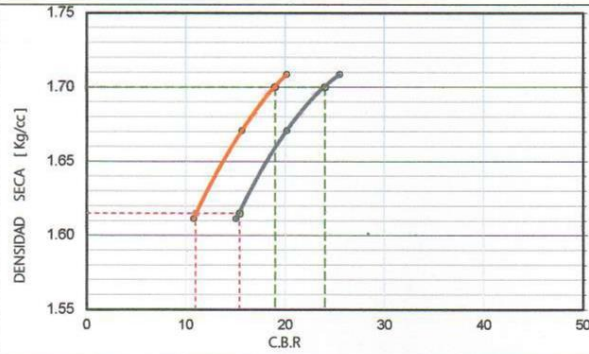
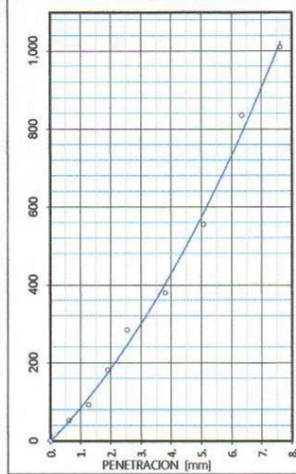
**CALICATA:** C-02

**FECHA:** FEBRERO - 2022

**ZONA:**

LA YARADA – LOS PALOS

**MUESTRA:** M-01

**GRAFICOS**
**12 GOLPES**

**25 GOLPES**

**56 GOLPES**

**CBR AL 100% Y 95% DE LA MDS**

100% MDS	1.70
CBR, PENETRACION 1"	19.0
CBR, PENETRACION 2"	24.0

95% MDS	1.62
CBR, PENETRACION 1"	11.0
CBR, PENETRACION 2"	15.4

Nota:  
Material del estrato N° 01, proporcionado por el solicitante

Téc. Sonia Yessica Adurte Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Jorge W. Condori Cosquira  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS

CALICATA:

C-03

FECHA: MARZO - 2022

ZONA: YARADA - LOS PALOS

MUESTRA:

M-01

CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA TOTAL			
N° de Ensayo	Unidad	01	02
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	gr.	486.62	
Peso Recipiente + Muestra Seca	gr.	433.12	
Peso Recipiente	gr.	90.28	
Peso del Agua	gr.	53.50	
Peso Muestra Seca	gr.	342.84	
Porcentaje de Humedad	%	15.60	
PROMEDIO	%	15.60	

OBSERVACIONES: La muestra es representativa del estrado encontrado

  
 Téc. Sonia Jessica Álvarez Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

  
 Ing. Josue Condor Cosquira  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



# Calicata

## C - 03

**ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

ASTM D 422, AASHTO T 88

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

FECHA: MARZO - 2022

ZONA: YARADA - LOS PALOS

CALICATA:

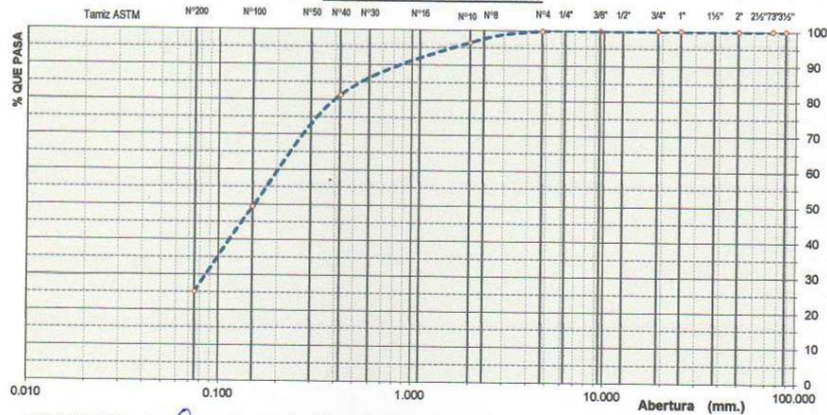
MUESTRA:

**C-03**
**M-01**

Peso de Recipiente (gr) :	90.28	Muestra Neta Húmeda (gr):	11977.1	Peso Grava Seca (gr) :	16.2
Tara + M. Húmeda (gr) :	486.62	Muestra Seca (gr) :	11793.1	Peso Arena Seca (gr) :	11776.9
Tara + M. Seca (gr) :	433.12	Humedad Material (%) :	15.60	Fracción fina (gr) :	602.3

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% QUE PASA
31/2"	88.000	0.00	0.00	100.00
3"	75.000	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.03	0.03	99.97
3/8"	9.500	0.00	0.03	99.97
1/4"	6.250	0.00	0.03	99.97
Nº4	4.750	0.11	0.14	99.86
Nº8	2.360	0.00	0.14	99.86
Nº10	2.000	3.37	3.50	96.50
Nº20	0.848	5.18	8.69	91.31
Nº30	0.590	0.00	8.69	91.31
Nº40	0.425	10.00	18.69	81.31
Nº50	0.279	0.00	18.69	81.31
Nº80	0.210	6.86	25.55	74.45
Nº100	0.150	25.08	50.63	49.37
Nº200	0.075	24.10	74.73	25.27
Base		25.27	100.00	

DESCRIPCIÓN	
La muestra corresponde al estrato E-01	
Resultados del ensayo	
Bolonería (%) :	0.0
Grava (%) :	0.1
Arena (%) :	99.9
Mod. Finesa (%) :	0.87
Pasa Nº4 :	99.9
Pasa Nº10 :	96.5
Pasa Nº40 :	81.3
Pasa Nº200 :	25.3
Clasificación de Suelos	
SUCS :	SM
AASHTO * :	A-2-4 (0)
Límites de Consistencia	
L.L. :	19
L.P. :	
I.P. :	

**Gráfico Análisis Granulométrico**


OBSERVACIONES : La muestra es representativa del estrato encontrado

Téc. Sonia Jessica Adurte Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue W. Condor Coaguila  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549





**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA (ASTM D - 4318)

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS **CALICATA:** C-03  
**FECHA:** MARZO - 2022 **ZONA:** YARADA - LOS PALOS **MUESTRA:** M-01

**Límite Líquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	14	20	29
Recipiente Nº	1	2	3
Peso Recipiente	15.98	16.12	17.06
Recipiente + Suelo Húmedo	40.12	39.71	39.97
Recipiente + Suelo Seco	35.65	35.67	36.39
Peso Agua	4.47	4.04	3.58
Peso Suelo Seco	19.67	19.55	19.33
% de Humedad	22.72	20.66	18.52

**Límite Plástico**

ASTM D 4319

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº			
Recipiente + Suelo Húmedo			
Recipiente + Suelo Seco			
Peso Recipiente		NP	
Peso Agua			
Peso Suelo Seco			
% de Humedad			

**RESULTADOS**

**Límite Líquido** 19      **Límite Plástico** NP      **L. P.**      NP

DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES : La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. Sonia Jessica Adriano Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Joste W. Condori Cazaña  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



**Gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnometro  
NPT 339.131; ASTM D 854**
**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS

**CALICATA:** C-03

**FECHA:** MARZO - 2022

**ZONA:** YARADA - LOS PALOS

**MUESTRA:** M-01

N° de Prueba	1	2	3
N° de Frasco	a	b	
Peso Material Seco C (g)	105.34	105.42	
Peso de Frasco (fiola) + Agua (g)	679.12	686.21	
Peso de Frasco (fiola) + Agua + Peso Material S (g)	784.46	791.63	
Peso Material S + Agua en el Frasco (fiola) (g)	740.41	747.64	
Volumen de Masa - Volumen de Vacios B (cm <sup>3</sup> )	44.05	43.99	
Peso Material Seco A (g)	105.34	105.42	
Temperatura del Agua (°C)	23	23	
Factor de Corrección del Agua E	0.99933	0.99933	
Volumen de Masa D (cm <sup>3</sup> )	44.05	43.99	
Gravedad Específica (g/cm <sup>3</sup> )	2.390	2.395	

**Resultados Obtenidos**

Gravedad Específica (g/cm <sup>3</sup> )	2.392
--	-------

**Observaciones :** La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. Sonia Páez Alvarado Chávez  
Técnica en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue Condor Coala  
Ingeniero Civil  
C# 101549



**ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR DENSIDAD MÍNIMA Y PESO UNITARIO**

ASTM D 4254

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

**CALICATA:** C-03

**FECHA:** MARZO - 2022

**ZONA:** YARADA - LOS PALOS

**MUESTRA:** M-01

**MOLDE UTILIZADO**
**VOLUMEN DEL MOLDE (cm<sup>3</sup>):** 3028.4    **PESO DEL MOLDE (gr.):** 8770    **MOLDE Nro.** 1

**DATOS DEL ENSAYO**

Numero de ensayo	1	2	3	4	5
Peso suelo + Molde	11889	11863	11893		
Peso suelos humedo compactado	3119	3093	3123		
Peso volumétrico compactado	1.03	1.02	1.03		

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Recipiente Nro.	1	2	3	4	5
Peso suelos humedo + Recipiente	294.02	294.02	294.02		
Peso suelos seco + Recipiente	282.36	282.36	282.36		
Peso de la Recipiente	0.00	0.00	0.00		
Peso del agua	11.66	11.66	11.66		
Peso de suelo seco	282.36	282.36	282.36		
Contenido de agua	4.13	4.13	4.13		
Peso volumétrico seco	0.99	0.98	0.99		

**Densidad mínima seca** 0.99 gr/cc

**OBSERVACIONES :** La muestra es representativa del estrado encontrado

  
 Téc. Sonia Zúñiga  
 Técnica en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

  
 Ing. Josue W. Condori  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549


**DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA**  
 ASTM D 1556

**PROYECTO :** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

**SOLICITA :** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

**FECHA :** C-03

**FECHA :** MARZO - 2022

**ZONA:** YARADA - LOS PALOS

**FECHA :** M-01

Item	DESCRIPCION	DATOS
-	Nº de la prueba	1
-	Profundidad del hoyo (m)	0.15
1	Peso de la arena + frasco (gr.)	7019
2	Peso de la arena que queda + frasco (gr.)	2932
3	Peso de la arena empleada 1-2 (gr.)	4087
4	Peso de la arena en el cono y la placa (gr.)	1735
5	Peso de la arena empleada para llenar el hoyo 3-4 (gr.)	2352
6	Densidad de la arena (gr/cm3)	1.46
10	Volumen del hoyo 5/6 (cm3)	1611
11	Peso tierra húmeda y piedras (gr.)	2392
12	Peso de las piedras retenidas 3/4" (gr.)	0
13	Peso de tierra húmeda 11-12 (gr.)	2392
14	Volumen de las piedras 12/p.e. (cm3)	0
15	Volumen del hueco ocupado por la tierra 10-14 (cm3)	1611
16	Densidad húmeda 13/15 (gr/cm3)	1.485
17	Porcentaje de humedad(Humedómetro) (%)	12.00
18	Densidad seca (16*100)/(100+17) (gr/cm3)	1.33

**OBSERVACIONES :** La muestra es representativa del estrado encontrado

  
 Téc. Sonia Pineda  
 Técnica en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

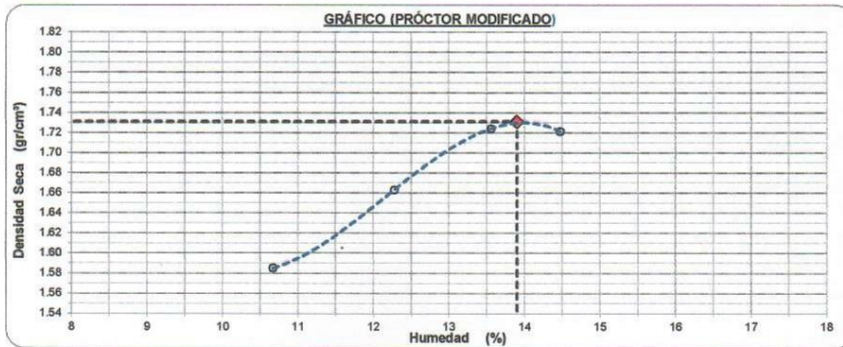
  
 Ing. Jose V. Condor  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549




**ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO – ENERGÍA MODIFICADA  
ASTM D 1557**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS  
**FECHA:** MARZO - 2022      **ZONA:** YARADA - LOS PALOS      **CALICATA:** C-03  
**MUESTRA:** M-01

Proctor Modificado	Peso Molde:	4073.0 gr	Volumen Molde:	928.1 cc	Metodo "A"
Prueba Nº	01	02	03	04	
Numero de capas	5	5	5	5	
Numero de golpes	56	56	56	56	
Peso suelo + molde	gr. 5701	5806	5890	5902	
Peso suelo compactado	gr. 1628.00	1733.00	1817.00	1829.00	
Densidad húmeda	gr/cm <sup>3</sup> 1.754	1.867	1.958	1.971	
<b>Humedad</b>					
Tara Nº	3	2	4	1	
Peso de Recipiente	gr. 98.36	90.27	89.67	101.31	
Recipiente + suelo húmedo	gr. 392.65	331.65	306.07	338.21	
Recipiente + suelo seco	gr. 364.28	305.26	280.24	308.26	
Peso de agua	gr. 28.4	26.4	25.8	30.0	
Peso de suelo seco	gr. 265.9	215.0	190.6	207.0	
Humedad	% 10.67	12.27	13.55	14.47	
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup> 1.585	1.663	1.724	1.722	



Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)      **1.731**      Óptimo Contenido Humedad(%)      **13.90**

Tsc. Sonia Testa A. Amador
   
 Técnico en Laboratorio
   
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue y Candor Casqui
   
 Ingeniero Civil
   
 CIP 101549



## ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR DENSIDAD RELATIVA

ASTM D 4254

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE,  
DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS

CALICATA: C-03

FECHA: MARZO - 2022

ZONA: YARADA - LOS PALOS

MUESTRA: M-01

## CALCULO

CALCULO	
ENSAYO N°	1
CALICATA	C-03
Densidad Seca in Situ (Dd) gr/cc	1.326
Densidad Mínima (Dmin) gr/cc	0.987
Densidad Máxima (Dmax) gr/cc	1.731
Densidad Relativa (Dr) gr/cc	59.48

OBSERVACIONES: La muestra es representativa del estrado encontrado

  
Téc. Sonia Yessica Álvarez Chávez  
Técnico en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

  
Ing. Josue W. Gonzales  
Ingeniero Civil  
CIP 101549



**California Bearing Ratio (CBR) - MTC E 132-2000  
ASTM D - 1883**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022. **CALICATA:** C-03  
**FECHA:** FEBRERO - 2022 **ZONA:** LA YARADA - LOS PALOS **MUESTRA:** M-01

**DATOS DE LA MUESTRA**

**TIPO DE MUESTRA:** NATURAL **CODIGO:** C-03 **REFERENCIA:** MUESTRA 1

**DATOS PARA EL ENSAYO**

**CLASIFICACION:** SUCS SM AASHTO A-2-4(0) PROCTOR HO=13.90% MDS=1.73 N°CAPAS 5

**DENSIDAD**

N	DESCRIPCION	UND	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
			Normal		Normal		Normal	
1	Peso suelo húmedo + molde	g	12,031	12,142	12,529	12,633	12,431	12,513
2	Peso del molde	g	8,186	8,186	8,530	8,530	8,252	8,252
3	Volumen del molde REG:	cc	2,096	2,096	2,091	2,091	2,104	2,104
4	Peso suelo húmedo, [1]-[2]	g	3,845	3,956	3,999	4,103	4,179	4,261
5	Densidad suelo húmedo, [4]/[3]	g/cc	1.835	1.888	1.912	1.962	1.986	2.025
6	Id. Capsula	-	3		2		1	
7	Peso de la capsula	g	93.26	89.57	92.14	88.52	91.26	89.24
9	Peso del suelo húmedo + capsula	g	359.62	335.26	347.29	291.68	314.27	286.64
9	Peso del suelo seco + capsula	g	326.81	302.68	316.95	264.13	286.64	261.24
10	Peso del agua, [7]-[8]	g	32.81	32.58	30.34	27.55	27.63	25.40
11	Peso del suelo seco, [8]-[10]	g	233.6	213.11	224.81	175.61	195.38	172.00
12	Contenido de humedad, [9]/[11]	%	14.05	15.288	13.50	15.69	14.14	14.77
13	Densidad seca, [5]/(1+[12]/100)	g/cc	1.609	1.637	1.685	1.696	1.740	1.764

**PENETRACIÓN**

STANDARD	CARGA	LECTURA DE DIAL (división)			FUERZA (kg)					
		pulg.	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	DIRECTA	CORREGIDA	DIRECTA	CORREGIDA	DIRECTA
Area del pistón: 20.43 cm <sup>2</sup>	0.000	0	0	0	0		0		0	
	0.025	6	11	14	31		49		60	
	0.050	12	20	25	53		82		101	
	0.075	28	37	49	112		145		189	
	0.100	39	58	78	152	155*	222	230*	295	315*
	0.150	65	81	105	247		306		394	
	0.200	85	115	153	321	325*	431	440*	570	570*
0.250	130	160	130	486		595		486		
0.300	163	195	281	606		723		1,035		
1.0	CORRECCION:	DEL ANILLO	DE CARGA EN	KILO	ECUACION:	-0.0001	X <sup>2</sup> +	3.6840	X +	8.4890

**EXPANSION**

Fecha-hora	TIEMPO (Hrs)	LECTURA DIAL (Div): 0.001"			ALTURAS					
		12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	mm	%	mm	%	mm	%
	0									
	48				No Expansivo					
	96									

**RESULTADOS**

ENSAYO CBR	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	PROCTOR		CBR FINAL		
Densidad Seca prom.	1.62	1.69	1.75	Humedad óptima	13.90%	Penetración	1"	2"
Penetración: 1"	10.8	16.0	21.9	MDS	1.73	100% MDS	20.0	24.0
Penetración: 2"	15.1	20.4	26.4	95 % de la MDS	1.64	95 % MDS	12.5	17.0

Ing. Sonia Testa Radríguez Chávez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. José M. González Casquín  
 Ingeniero Civil  
 NIP 101549





California Bearing Ratio (CBR) - MTC E 132-2000  
 ASTM D - 1883

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

SOLICITA: DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

CALICATA: C-03

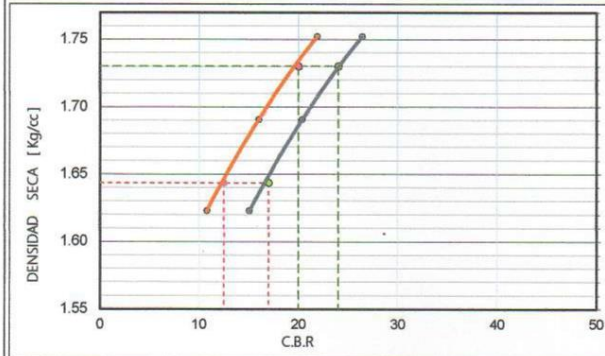
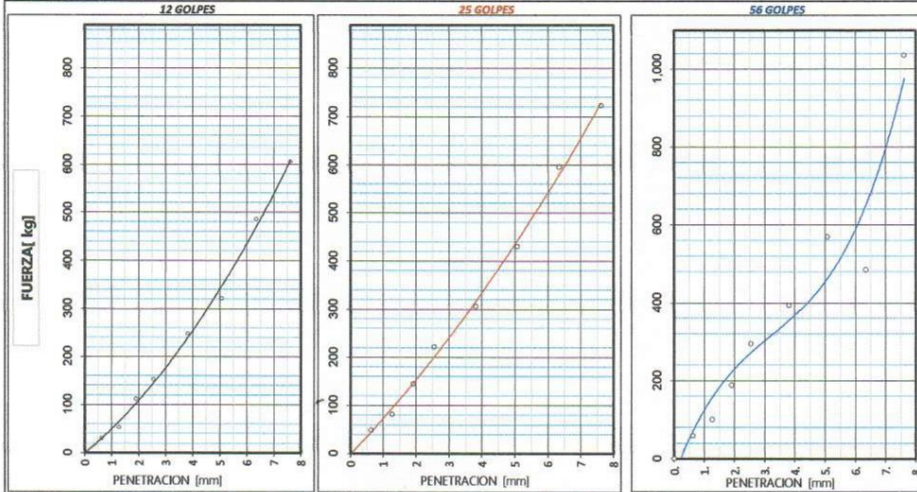
FECHA: FEBRERO - 2022

ZONA:

LA YARADA - LOS PALOS

MUESTRA: M-01

## GRÁFICOS



## CBR AL 100% Y 95% DE LA MDS

100% MDS	1.73
CBR, PENETRACION 1"	20.0
CBR, PENETRACION 2"	24.0

95% MDS	1.64
CBR, PENETRACION 1"	12.5
CBR, PENETRACION 2"	17.0

 Nota:  
 Material del estrato N° 01, proporcionado por el solicitante

Téc. Sonia Yessica Adurán Chávez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. José W. Conzatti  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



# **Ensayos con dosificación experimental**

ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

EXPERIMENTO: EXP-01

FECHA: MARZO - 2022

ASTILLA (%): 8

MUESTRA: C-02

CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA TOTAL			
N° de Ensayo	Unidad	01	02
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	gr.	200.80	
Peso Recipiente + Muestra Seca	gr.	185.70	
Peso Recipiente	gr.	88.80	
Peso del Agua	gr.	15.10	
Peso Muestra Seca	gr.	96.90	
Porcentaje de Humedad	%	15.58	
PROMEDIO	%		15.58

OBSERVACIONES: La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. Sonia Teresa Adams Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue V. Conzatti Cazaque  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ASTM D 422, AASHTO T 88

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

FECHA: MARZO - 2022

ASTILLA (%): 8

EXPERIMENTO:

MUESTRA:

EXP-01

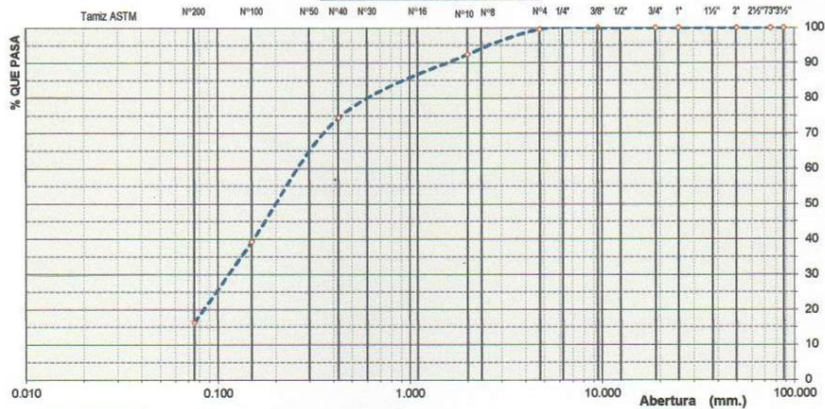
C-02

Peso de Recipiente (gr) : 88.80 Muestra Neta Húmeda (gr): 2283.1 Peso Grava Seca (gr) : 8.1  
 Tara + M. Húmeda (gr) : 200.80 Muestra Seca (gr) : 2248.1 Peso Arena Seca (gr) : 2240.0  
 Tara + M. Seca (gr) : 185.70 Humedad Material (%) : 15.58 Fracción fina (gr) : 200.0

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% QUE PASA
31/2"	88.000	0.00	0.00	100.00
3"	75.000	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.250	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.750	0.36	0.36	99.64
Nº8	2.360	0.00	0.36	99.64
Nº10	2.000	7.22	7.58	92.42
Nº20	0.848	4.43	12.02	87.98
Nº30	0.590	0.00	12.02	87.98
Nº40	0.425	13.55	25.57	74.43
Nº50	0.279	0.00	25.57	74.43
Nº80	0.210	5.63	31.20	68.80
Nº100	0.150	29.49	60.69	39.31
Nº200	0.075	23.02	83.71	16.29
Base		16.29	100.00	

DESCRIPCIÓN	
La muestra corresponde al estrato E-01	
Resultados del ensayo	
Bolonería (%) :	0.0
Grava (%) :	0.4
Arena (%) :	99.6
Mod. Finesa (%) :	1.11
Pasa Nº4 :	99.6
Pasa Nº10 :	92.4
Pasa Nº40 :	74.4
Pasa Nº200 :	16.3
Clasificación de Suelos	
SUCS :	SM
AASHTO * :	A-2-4 (0)
Límites de Consistencia	
L.L. :	20
L.P. :	
I.P. :	

Gráfico Análisis Granulométrico



OBSERVACIONES: La muestra es representativa del estrato encontrado

Téc. Sonia Testa Álvarez Chávez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue W. Soto Cordero  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549





**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA ( ASTM D - 4318 )

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS **EXPERIMENTO:** EXP-01  
**FECHA:** MARZO - 2022 **ASTILLA (%):** 8 **MUESTRA:** C-02

**Límite Líquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	15	20	26
Recipiente Nº	1	2	3
Peso Recipiente	15.66	14.98	16.82
Recipiente + Suelo Húmedo	40.81	40.20	41.32
Recipiente + Suelo Seco	36.27	35.85	37.25
Peso Agua	4.54	4.35	4.07
Peso Suelo Seco	20.61	20.87	20.43
% de Humedad	22.03	20.84	19.92

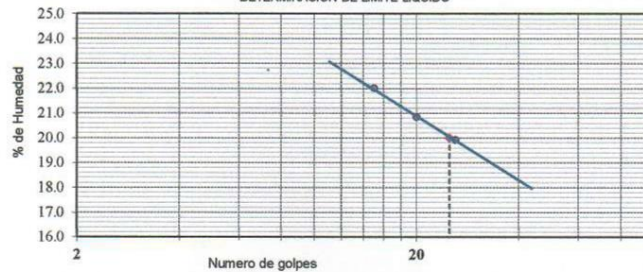
**Límite Plástico**

ASTM D 4319

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº			
Recipiente + Suelo Húmedo			
Recipiente + Suelo Seco			
Peso Recipiente		NP	
Peso Agua			
Peso Suelo Seco			
% de Humedad			

**RESULTADOS**

**Límite Líquido** 20      **Límite Plástico** NP      **I. P.**      **NP**

**DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO**


**OBSERVACIONES :** La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. Sonia Fésica Adurco Chazara  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue W. Condon Castañeda  
 Ingeniero Civil  
 C.R. 101549





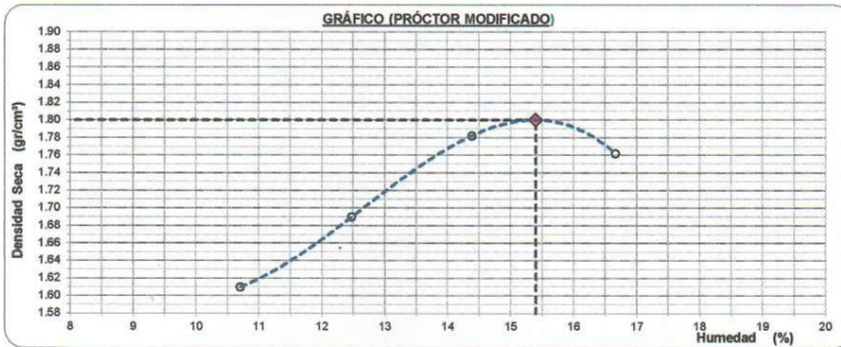
**ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO – ENERGÍA MODIFICADA**  
**ASTM D 1557**
**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS  
**FECHA:** MARZO - 2022

**ASTILLA (%):** 8

**EXPERIMENTO:** EXP-01  
**MUESTRA:** C-02

Proctor Modificado	Peso Molde:	4073.0 gr	Volumen Molde:	928.1 cc	Metodo "A"
Prueba Nº	01	02	03	04	
Numero de capas	5	5	5	5	
Numero de golpes	56	56	56	56	
Peso suelo + molde	gr. 5727	5837	5965	5981	
Peso suelo compactado	gr. 1654.00	1764.00	1892.00	1908.00	
Densidad húmeda	gr/cm <sup>3</sup> 1.782	1.901	2.039	2.056	
<b>Humedad</b>					
Tara Nº	3	2	4	1	
Peso de Recipiente	gr. 0.00	0.00	0.00	0.00	
Recipiente + suelo húmedo	gr. 277.10	231.70	213.10	219.10	
Recipiente + suelo seco	gr. 250.30	206.00	186.30	187.80	
Peso de agua	gr. 26.8	25.7	26.8	31.3	
Peso de suelo seco	gr. 250.3	206.0	186.3	187.8	
Humedad	% 10.71	12.48	14.39	16.67	
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup> 1.610	1.690	1.782	1.762	


**Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)** 1.800    **Óptimo Contenido Humedad(%)** 15.40

*Sonia Patricia Alvarez Chavez*  
 Téc. Sonia Patricia Alvarez Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

*Josue W. Condon Castro*  
 Ing. Josue W. Condon Castro  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101510



**California Bearing Ratio (CBR) - MTC E 132-2000  
ASTM D - 1883**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022. **CALICATA:** C-02  
**FECHA:** FEBRERO - 2022 **ZONA:** LA YARADA - LOS PALOS **MUESTRA:** M-01

**DATOS DE LA MUESTRA**

**TIPO DE MUESTRA:** EXPERIMENTAL **CODIGO:** EXP-01 **REFERENCIA:** MUESTRA 8%

**DATOS PARA EL ENSAYO**

**CLASIFICACION:** SUCS SM AASHTO A-2-4(0) PROCTOR HO=16.10% MDS=1.80 N°CAPAS 5

**DENSIDAD**

N	DESCRIPCIÓN	UND	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
			Normal		Normal		Normal	
1	Condición de humedad							
1	Peso suelo húmedo + molde	g	12,239	12,448	12,632	12,819	12,574	12,722
2	Peso del molde	g	8,186	8,186	8,530	8,530	8,252	8,252
3	Volumen del molde REG:	cc	2,096	2,096	2,091	2,091	2,104	2,104
4	Peso suelo húmedo, [1]-[2]	g	4,053	4,262	4,102	4,289	4,322	4,470
5	Densidad suelo húmedo, [4]/[3]	g/cc	1.934	2.034	1.962	2.051	2.054	2.124
6	Id. Capsula	-	3		2		1	
7	Peso de la capsula	g	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Peso del suelo húmedo + capsula	g	224.80	249.30	244.30	250.70	209.20	209.40
9	Peso del suelo seco + capsula	g	195.30	208.70	211.80	213.40	181.70	179.60
10	Peso del agua, [7]-[8]	g	29.50	40.60	32.50	37.30	27.50	29.80
11	Peso del suelo seco, [8]-[10]	g	195.3	208.70	211.80	213.40	181.70	179.60
12	Contenido de humedad, [9]/[11]	%	15.10	19.454	15.34	17.48	15.13	16.59
13	Densidad seca, [5]/(1+[12]/100)	g/cc	1.680	1.702	1.701	1.746	1.784	1.822

**PENETRACIÓN**

STANDARD	CARGA	LECTURA DE DIAL (división)			FUERZA (kg)					
		pulg.	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	DIRECTA	CORREGIDA	DIRECTA	CORREGIDA	
Area del pistón: 20.43 cm <sup>2</sup>	0.000	0	0	0	0		0		0	
	0.025	8	9	11	38		42		49	
	0.050	20	24	29	82		97		115	
	0.075	33	44	60	130		170		229	
	0.100	49	61	86	189	210*	233	235*	325	340*
	0.150	71	94	122	270		354		456	
	0.200	109	124	170	409	435*	464	470*	632	645*
0.250	140	170	220	522		632		814		
0.300	189	219	298	701		810		1,097		
1.0	CORRECCION:	DELANILLO	DE CARGA EN	KILO	ECUACION:	-0.0001	X <sup>2</sup> +	3.6840	X +	8.4890

**EXPANSION**

Fecha-hora	TIEMPO (Hrs)	LECTURA DIAL (Div): 0.001"			ALTURAS					
		12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	mm	%	mm	%	mm	%
	0									
	48				NoExpansivo					
	96									

**RESULTADOS**

ENSAYO CBR	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	PROCTOR		CBR FINAL		
Densidad Seca prom.	1.69	1.72	1.80	Humedad óptima	16.10%	Penetración	1"	2"
Penetración: 1"	14.6	16.3	23.6	MDS	1.80	100% MDS	23.0	29.0
Penetración: 2"	20.1	21.8	29.9	95 % de la MDS	1.71	95 % MDS	16.0	21.2

Lic. Sonia Jessica Alvarado Chérrez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josué W. Condori Condori  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101510





California Bearing Ratio (CBR) - MTC E 132-2000  
 ASTM D - 1883

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

SOLICITA: DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

CALICATA: C-02

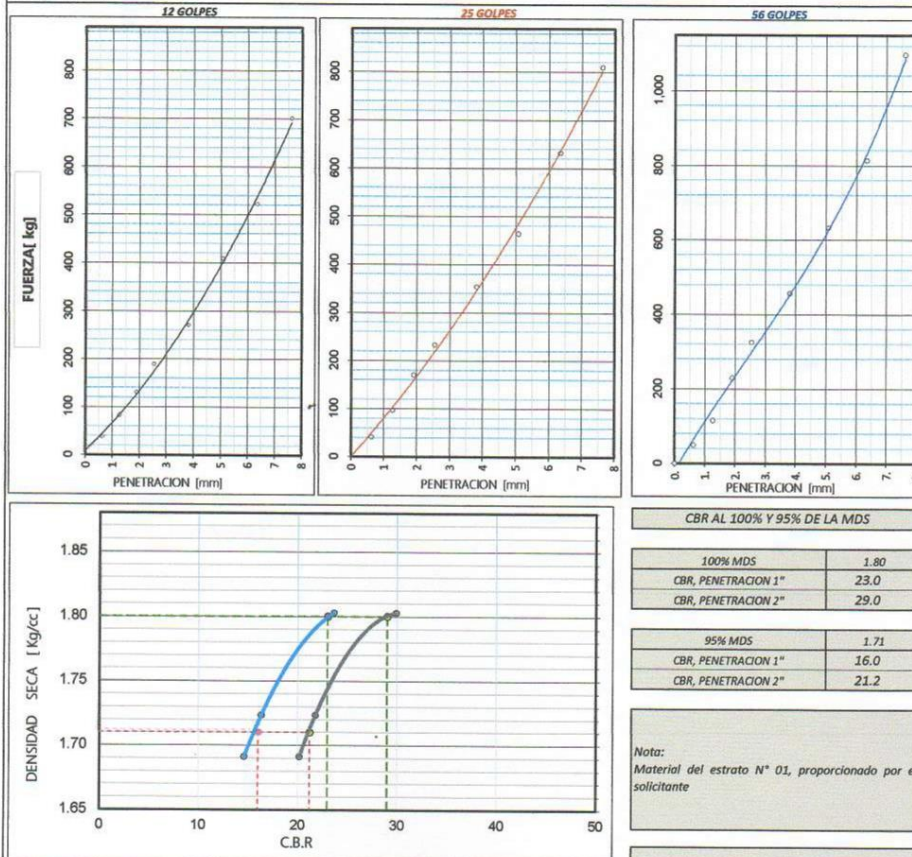
FECHA: FEBRERO - 2022

ZONA:

LA YARADA - LOS PALOS

MUESTRA: M-01 8%

## GRAFICOS



Téc. Sonia Jessica Adurte Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue V. Condori Condori  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS

EXPERIMENTO:

EXP-02

FECHA: MARZO - 2022

ASTILLA (%)

12

MUESTRA:

C-02

CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA TOTAL			
N° de Ensayo	Unidad	01	02
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	gr.	486.62	
Peso Recipiente + Muestra Seca	gr.	434.12	
Peso Recipiente	gr.	90.28	
Peso del Agua	gr.	52.50	
Peso Muestra Seca	gr.	343.84	
Porcentaje de Humedad	%	15.27	
PROMEDIO	%		15.27

OBSERVACIONES : La muestra es representativa del estrado encontrado

Tita Sonia Tejada Adivina Chavez  
 Técnica de Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue W. Conzatti Coronado  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101510



**ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

ASTM D 422, AASHTO T 88

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

FECHA: MARZO - 2022

ASTILLA (%) 12

EXPERIMENTO:

**EXP-02**

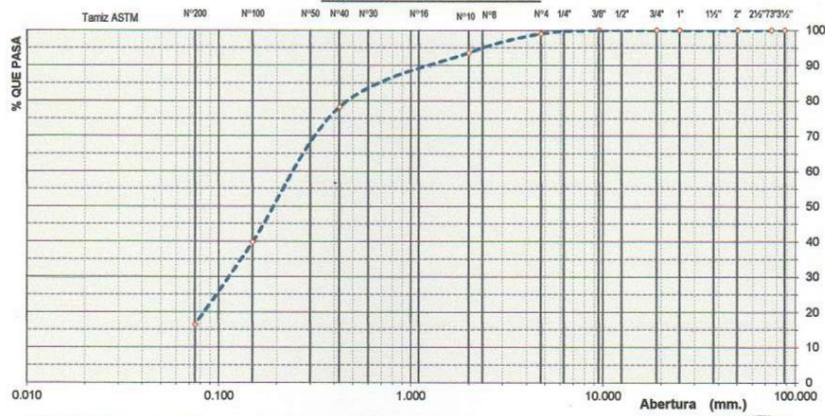
MUESTRA:

**C-02**

Peso de Recipiente (gr) :	<b>90.28</b>	Muestra Neta Húmeda (gr):	2213.3	Peso Grava Seca (gr) :	20.0
Tara + M. Húmeda (gr) :	<b>486.62</b>	Muestra Seca (gr) :	2180.0	Peso Arena Seca (gr) :	<b>2160.0</b>
Tara + M. Seca (gr) :	<b>434.12</b>	Humedad Material (%) :	15.27	Fracción fina (gr) :	<b>200.0</b>

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% QUE PASA
31/2"	88.000	0.00	0.00	100.00
3"	75.000	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.250	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.750	0.92	0.92	99.08
Nº8	2.360	0.00	0.92	99.08
Nº10	2.000	5.50	6.42	93.58
Nº20	0.848	2.97	9.39	90.61
Nº30	0.590	0.06	9.39	90.61
Nº40	0.425	12.34	21.72	78.28
Nº50	0.279	0.00	21.72	78.28
Nº80	0.210	6.59	28.31	71.69
Nº100	0.150	31.81	60.12	39.88
Nº200	0.075	23.43	83.55	16.45
Base		16.45	100.00	

DESCRIPCIÓN	
La muestra corresponde a la muestra M-01 de la calicata C-02	
Resultados del ensayo	
Bolonería (%) :	0.0
Grava (%) :	0.9
Arena (%) :	99.1
Mod. Fineza (%) :	1.02
Pasa Nº4	99.1
Pasa Nº10	93.6
Pasa Nº40	78.3
Pasa Nº200	16.4
Clasificación de Suelos	
SUCS	SM
AASHTO *	A-2-4 (0)
Límites de Consistencia	
LL	20
LP	
IP	

**Gráfico Análisis Granulométrico**


OBSERVACIONES: La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. *Sonia Jessica Adams Chavez*  
Técnica en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. *Josue H. C. Adon*  
Ingeniero Civil  
CIP 101549





**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA (ASTM D - 4318)

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS **EXPERIMENTO:** EXP-02  
**FECHA:** MARZO - 2022 **ASTILLA (%):** 12 **MUESTRA:** C-02

**Límite Líquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	15	21	26
Recipiente Nº	1	2	3
Peso Recipiente	15.15	15.01	15.66
Recipiente + Suelo Húmedo	39.70	38.87	39.20
Recipiente + Suelo Seco	35.28	34.74	35.31
Peso Agua	4.42	4.13	3.89
Peso Suelo Seco	20.13	19.73	19.65
% de Humedad	21.96	20.93	19.80

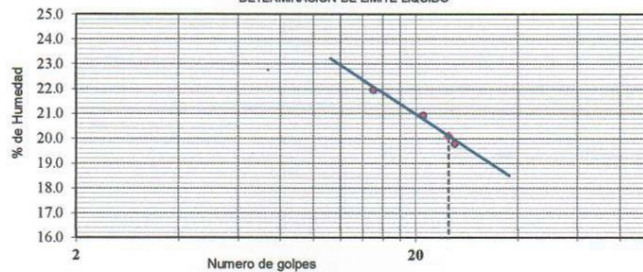
**Límite Plástico**

ASTM D 4319

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº			
Recipiente + Suelo Húmedo			
Recipiente + Suelo Seco			
Peso Recipiente		NP	
Peso Agua			
Peso Suelo Seco			
% de Humedad			

**RESULTADOS**

**Límite Líquido** 20      **Límite Plástico** NP      **I. P.**      **NP**

**DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO**


**OBSERVACIONES:** La muestra es representativa del estrado encontrado

Tte. Sonia Jessica Andarique Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. José M. Condori Cordero  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549





**ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO – ENERGÍA MODIFICADA  
ASTM D 1557**
**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS  
**FECHA:** MARZO - 2022

**ASTILLA (%)** 12

**EXPERIMENTO:** EXP-02  
**MUESTRA:** C-02

Proctor Modificado	Peso Molde:	4069.0 gr	Volumen Molde:	937.3 cc	Metodo "A"
Prueba Nº	01	02	03	04	
Numero de capas	5	5	5	5	
Numero de golpes	56	56	56	56	
Peso suelo + molde gr.	5811	5910	6009	6030	
Peso suelo compactado gr.	1742.00	1841.00	1940.00	1961.00	
Densidad húmeda gr/cm <sup>3</sup>	1.859	1.964	2.070	2.092	
<b>Humedad</b>					
Tara Nº	3	2	4	1	
Peso de Recipiente gr.	0.00	0.00	0.00	0.00	
Recipiente + suelo húmedo gr.	210.00	240.80	277.30	250.80	
Recipiente + suelo seco gr.	192.10	216.30	244.90	217.10	
Peso de agua gr.	17.9	24.5	32.4	33.7	
Peso de suelo seco gr.	192.1	216.3	244.9	217.1	
Humedad %	9.32	11.33	13.23	15.52	
Densidad Seca gr/cm <sup>3</sup>	1.700	1.764	1.828	1.811	



Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)      **1.840**      Óptimo Contenido Humedad(%)      **14.40**

Téc. Sonia Yessy Aduvire Alvarez  
 Técnica en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue W. Condori Cazaque  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



**California Bearing Ratio (CBR) - MTC E 132-2000  
ASTM D - 1883**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022. **CALICATA:** C-02  
**FECHA:** FEBRERO - 2022 **ZONA:** LA YARADA - LOS PALOS **MUESTRA:** M-02

**DATOS DE LA MUESTRA**

**TIPO DE MUESTRA:** EXPERIMENTAL **CODIGO:** EXP-02 **REFERENCIA:** MUESTRA 12%

**DATOS PARA EL ENSAYO**

**CLASIFICACION:** SUCS SM AASHTO A-2-4(0) PROCTOR HO=14.20% MDS=1.84 N°CAPAS 5

**DENSIDAD**

N	DESCRIPCION	UND	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
			Normal		Normal		Normal	
1	Condición de humedad							
1	Peso suelo húmedo + molde	g	12,356	12,385	12,841	12,877	12,617	12,754
2	Peso del molde	g	8,186	8,186	8,530	8,530	8,252	8,252
3	Volumen del molde REG:	cc	2,096	2,096	2,091	2,091	2,104	2,104
4	Peso suelo húmedo, [1]-[2]	g	4,170	4,199	4,311	4,347	4,365	4,502
5	Densidad suelo húmedo, [4]/[3]	g/cc	1.990	2.004	2.062	2.079	2.074	2.139
6	Id. Capsula	-	3		2		1	
7	Peso de la capsula	g	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Peso del suelo húmedo + capsula	g	248.60	241.60	261.30	281.10	277.50	238.70
9	Peso del suelo seco + capsula	g	217.90	207.60	229.10	241.60	242.90	208.10
10	Peso del agua, [7]-[8]	g	30.70	34.00	32.20	39.50	34.60	30.60
11	Peso del suelo seco, [8]-[10]	g	217.9	207.60	229.10	241.60	242.90	208.10
12	Contenido de humedad, [9]/[11]	%	14.09	16.378	14.05	16.35	14.24	14.70
13	Densidad seca, [5]/([1+12]/100)	g/cc	1.744	1.722	1.808	1.787	1.816	1.865

**PENETRACIÓN**

STANDARD	CARGA pulg.	LECTURA DE DIAL (división)				FUERZA (kg)				
		12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	DIRECTA	CORREGIDA	DIRECTA	CORREGIDA	DIRECTA	CORREGIDA
Area del pistón: 20.43 cm <sup>2</sup>	0.000	0	0	0	0		0		0	
	0.025	10	11	19	45		49		78	
	0.050	25	29	41	101		115		159	
	0.075	41	55	76	159		211		288	
	0.100	60	77	99	229	230*	292	300*	372	385*
	0.150	89	102	139	336		383		518	
	0.200	118	146	188	442	458*	544	560*	697	700*
	0.250	152	194	255	566		719	530	941	26
	0.300	190	243	309	705		897		1,136	
1.0	CORRECCION: DEL ANILLO DE CARGA EN KILO		ECUACION: -0.0001 X <sup>2</sup> + 3.6840 X + 8.4890							

**EXPANSION**

Fecha-hora	TIEMPO (Hrs)	LECTURA DIAL(Div): 0.001"			ALTURAS					
		12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	mm	%	mm	%	mm	%
	0									
	48				NoExpansivo					
	96									

**RESULTADOS**

ENSAYO CBR	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	PROCTOR		CBR FINAL		
Densidad Seca prom.	1.73	1.80	1.84	Humedad óptima	14.20%	Penetración	1"	2"
Penetración: 1"	16.0	20.8	26.8	MDS	1.84	100% MDS	27.0	32.3
Penetración: 2"	21.2	25.9	32.4	95 % de la MDS	1.75	95 % MDS	17.0	22.3

Téc. Sonia Jessica Alvarado Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue V. Condori Coaquira  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549





California Bearing Ratio (CBR) - MTC E 132-2000  
 ASTM D - 1883

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

SOLICITA: DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

CALICATA: C-02

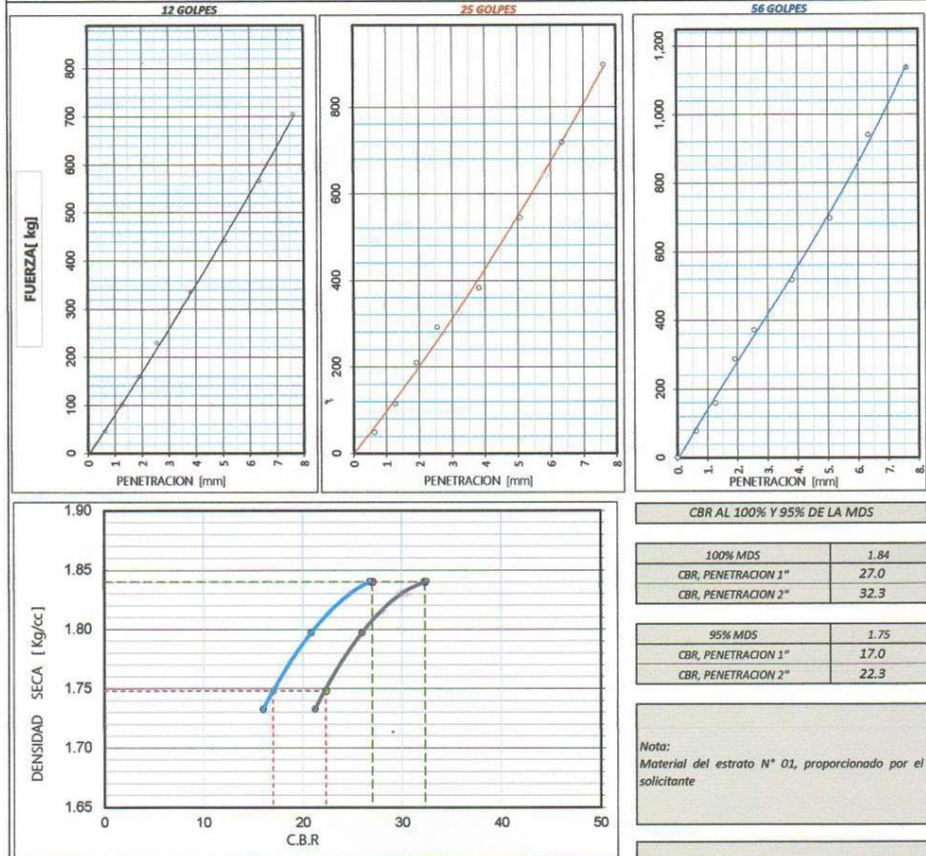
FECHA: FEBRERO - 2022

ZONA:

LA YARADA - LOS PALOS

MUESTRA: M-02 12%

## GRAFICOS



Téc. Sonia Pissica Alvarez Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue V. Condon Coaguila  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



## ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D2216

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

EXPERIMENTO:

EXP-03

FECHA: MARZO - 2022

ASTILLA (%)

16

MUESTRA:

C-02

## CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA TOTAL			
N° de Ensayo	Unidad	01	02
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	gr.	204.90	
Peso Recipiente + Muestra Seca	gr.	191.80	
Peso Recipiente	gr.	104.60	
Peso del Agua	gr.	13.10	
Peso Muestra Seca	gr.	87.20	
Porcentaje de Humedad	%	15.02	
PROMEDIO	%	15.02	

OBSERVACIONES :

La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. Sonia Mercedes Alvarado Chavez  
Técnico en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue V. Condori Condori  
Ingeniero Civil  
CIP 101549



**ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

ASTM D 422, AASHTO T 88

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

UBICACIÓN: DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS

FECHA: MARZO - 2022

ASTILLA (%)

12

EXPERIMENTO:

**EXP-02**

MUESTRA:

**C-02**

Peso de Recipiente (gr) : 90.28

Muestra Neta Húmeda (gr) : 2213.3

Peso Grava Seca (gr) : 20.0

Tara + M. Húmeda (gr) : 486.62

Muestra Seca (gr) : 2180.0

Peso Arena Seca (gr) : 2160.0

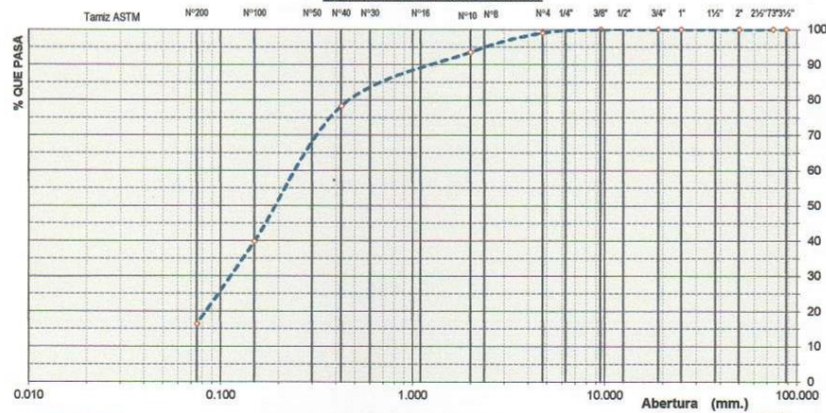
Tara + M. Seca (gr) : 434.12

Humedad Material (%) : 15.27

Fracción fina (gr) : 200.0

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% QUE PASA
31/2"	88.000	0.00	0.00	100.00
3"	75.000	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.250	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.750	0.92	0.92	99.08
Nº8	2.360	0.00	0.92	99.08
Nº10	2.000	5.50	6.42	93.58
Nº20	0.848	2.97	9.39	90.61
Nº30	0.590	0.00	9.39	90.61
Nº40	0.425	12.34	21.72	78.28
Nº50	0.279	0.00	21.72	78.28
Nº80	0.210	6.59	28.31	71.69
Nº100	0.150	31.81	60.12	39.88
Nº200	0.075	23.43	83.55	16.45
Base		16.45	100.00	

DESCRIPCIÓN	
La muestra corresponde a la muestra M-01 de la calicata C-02	
Resultados del ensayo	
Bolonería (%) :	0.0
Grava (%) :	0.9
Arena (%) :	99.1
Mod.Fineza (%) :	1.02
Pasa Nº4 :	99.1
Pasa Nº10 :	93.6
Pasa Nº40 :	78.3
Pasa Nº200 :	16.4
Clasificación de Suelos	
SUCS :	SM
AASHTO * :	A-2-4 (0)
Límites de Consistencia	
LL :	20
LP :	
IP :	

**Gráfico Análisis Granulométrico**


OBSERVACIONES : La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. Sonia Tejada Adriano Chavez  
Técnico en Laboratorio  
de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. José W. Colador Coaguila  
Ingeniero Civil  
CIP 101519





**LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)**

NORMA ( ASTM D - 4318 )

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS **EXPERIMENTO:** EXP-03  
**FECHA:** MARZO - 2022 **ASTILLA (%):** 16 **MUESTRA:** C-02

**Límite Líquido**

ASTM D 4318

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	16	21	27
Recipiente Nº	1	2	3
Peso Recipiente	16.21	15.70	15.16
Recipiente + Suelo Húmedo	39.81	38.10	37.25
Recipiente + Suelo Seco	35.55	34.29	33.82
Peso Agua	4.26	3.81	3.43
Peso Suelo Seco	19.34	18.59	18.66
% de Humedad	22.03	20.49	18.38

**Límite Plástico**

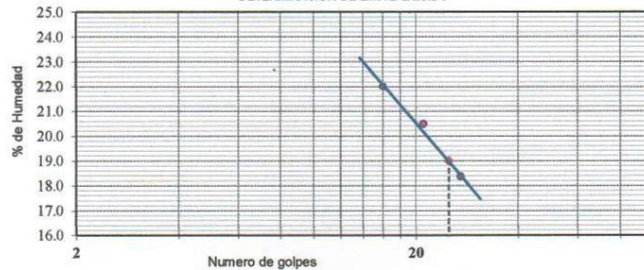
ASTM D 4319

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº			
Recipiente + Suelo Húmedo			
Recipiente + Suelo Seco			
Peso Recipiente		NP	
Peso Agua			
Peso Suelo Seco			
% de Humedad			

**RESULTADOS**

**Límite Líquido** 19 **Límite Plástico** NP **I. P.** NP

DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES : La muestra es representativa del estrado encontrado

Téc. Sonia Jessica Andujar Chavez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Joselyn Condori Cordero  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549





**ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO – ENERGÍA MODIFICADA**  
**ASTM D 1557**
**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS, TACNA 2022.

**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA – LOS PALOS  
**FECHA:** MARZO - 2022

**ASTILLA (%)** 16

**EXPERIMENTO:** EXP-03  
**MUESTRA:** C-02

Proctor Modificado	Peso Molde:	4069.0 gr	Volumen Molde:	937.3 cc	Metodo "A"
Prueba Nº	01	02	03	04	
Numero de capas	5	5	5	5	
Numero de golpes	56	56	56	56	
Peso suelo + molde	gr. 5820	5933	6040	6051	
Peso suelo compactado	gr. 1751.00	1864.00	1971.00	1982.00	
Densidad húmeda	gr/cm <sup>3</sup> 1.868	1.989	2.103	2.115	
<b>Humedad</b>					
Tara Nº	3	2	4	1	
Peso de Recipiente	gr. 0.00	0.00	0.00	0.00	
Recipiente + suelo húmedo	gr. 270.10	276.10	238.40	228.70	
Recipiente + suelo seco	gr. 247.10	248.50	210.60	198.10	
Peso de agua	gr. 23.0	27.6	27.8	30.6	
Peso de suelo seco	gr. 247.1	248.5	210.6	198.1	
Humedad	% 9.31	11.11	13.20	15.45	
Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup> 1.709	1.790	1.858	1.832	


**Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)** 1.862      **Óptimo Contenido Humedad(%)** 14.00

Téc. Sonia Tassica Adurza Chavez  
 Técnica en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue Ar. Condori Coaguila  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



**California Bearing Ratio (CBR) - MTC E 132-2000  
ASTM D - 1883**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.  
**UBICACIÓN:** DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022. **CALICATA:** C-02  
**FECHA:** FEBRERO - 2022 **ZONA:** LA YARADA - LOS PALOS **MUESTRA:** M-03

**DATOS DE LA MUESTRA**

**TIPO DE MUESTRA:** EXPERIMENTAL **CODIGO:** EXP-03 **REFERENCIA:** MUESTRA 16%

**DATOS PARA EL ENSAYO**

**CLASIFICACION:** SUCS SM AASHTO A-2-4(0) PROCTOR HO=16.10% MDS=1.86 N°CAPAS 5

**DENSIDAD**

N	DESCRIPCION	UND	12 GOLPES		25 GOLPES		56 GOLPES	
			Normal		Normal		Normal	
1	Peso suelo húmedo + molde	g	12,310	12,509	12,712	12,881	12,677	12,780
2	Peso del molde	g	8,186	8,186	8,530	8,530	8,252	8,252
3	Volumen del molde REG:	cc	2,096	2,096	2,091	2,091	2,104	2,104
4	Peso suelo húmedo, [1]-[2]	g	4,124	4,323	4,182	4,351	4,425	4,528
5	Densidad suelo húmedo, [4]/[3]	g/cc	1.968	2.063	2.000	2.081	2.103	2.152
6	Id. Capsula	-	3		2		1	
7	Peso de la capsula	g	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Peso del suelo húmedo + capsula	g	311.70	316.50	321.40	350.40	340.30	305.60
9	Peso del suelo seco + capsula	g	274.80	272.60	283.60	304.40	300.60	267.80
10	Peso del agua, [7]-[8]	g	36.90	43.90	37.80	46.00	39.70	37.80
11	Peso del suelo seco, [8]-[10]	g	274.8	272.60	283.60	304.40	300.60	267.80
12	Contenido de humedad, [9]/[11]	%	13.43	16.104	13.33	15.11	13.21	14.12
13	Densidad seca, [5]/[1+([12]/100)]	g/cc	1.735	1.777	1.765	1.808	1.857	1.886

**PENETRACIÓN**

STANDARD	CARGA	LECTURA DE DIAL (división)			FUERZA (kg)				
		pulg.	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	DIRECTA	CORREGIDA	DIRECTA	CORREGIDA
Area del pistón: 20.43 cm <sup>2</sup>	0.000	0	0	0	0		0		0
	0.025	12	14	21	53		60		86
	0.050	25	34	50	101		134		192
	0.075	41	53	94	159		203		354
	0.100	59	79	135	225	270*	299	310*	504
	0.150	87	125	202	328		467		748
	0.200	129	166	257	482	550*	617	620*	948
0.250	149	228	372	555		843		1,364	
0.300	178	271	436	661		999		1,594	
1.0	CORRECCION:	DEL ANILLO	DE CARGA EN	KILO	ECUACION:	-0.0001	X <sup>2</sup> +	3.6840	X + 8.4890

**EXPANSION**

Fecha-hora	TIEMPO (Hrs)	LECTURA DIAL(Div): 0.001"			ALTURAS					
		12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	mm	%	mm	%	mm	%
	0									
	48				NoExpansivo					
	96									

**RESULTADOS**

ENSAYO CBR	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	PROCTOR		CBR FINAL		
Densidad Seca prom.	1.76	1.79	1.87	Humedad óptima	16.10%	Penetración	1"	2"
Penetración: 1"	18.8	21.5	35.1	MDS	1.86	100% MDS	33.0	42.0
Penetración: 2"	25.5	28.7	44.0	95 % de la MDS	1.77	95 % MDS	20.0	27.0

Téc. Sonia Jessica Álvarez Chávez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josué W. Condori Cordero  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549





California Bearing Ratio (CBR) - MTC E 132-2000  
 ASTM D - 1883

PROYECTO: INFLUENCIA DE LAS ASTILLAS DE NEUMÁTICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

SOLICITA: DISTRITO LA YARADA - LOS PALOS, TACNA 2022.

CALICATA: C-02

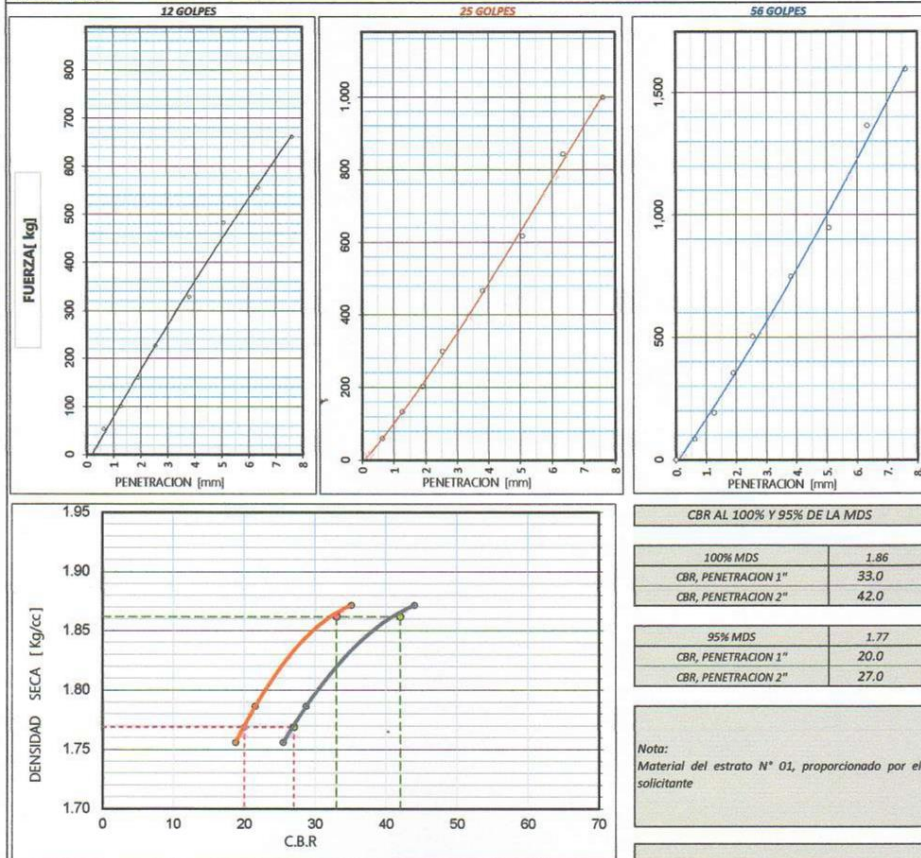
FECHA: FEBRERO - 2022

ZONA:

LA YARADA - LOS PALOS

MUESTRA: M-03 16%

## GRAFICOS



Téc. Sonia Jessica Roldán Chávez  
 Técnico en Laboratorio  
 de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Josue V. Condon Cosquiza  
 Ingeniero Civil  
 CIP 101549



# Certificados de calibración



**CERTIFICADO DE CALIBRACION**  
**LF-AC-002-22**

Pag. 1 de 5

**CLIENTE : TEST COMPANY E.I.R.L.**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

<b>EQUIPO</b>	ANILLO DE CARGA
<b>FABRICANTE</b>	GS
<b>MODELO</b>	GS1901
<b>N° SERIE</b>	001.101
<b>CAPACIDAD</b>	5000 Kgf
<b>INDICADOR</b>	ANALÓGICO
<b>FABRICANTE</b>	GS
<b>MODELO</b>	----
<b>N° SERIE</b>	001.101
<b>RANGO</b>	0.2"
<b>PRECISION</b>	0.0001"

Los resultados de la medición reportados en este certificado fueron obtenidos siguiendo los procedimientos de calibración dados en el siguiente párrafo, donde los estándares de referencia son indicados en la siguiente pagina el cual garantiza la trazabilidad del instrumento Patrón y los certificados de calibración acreditado validan lo expuesto. El procedimiento toma como referencia a la norma ASTM E4-07 y la Norma NTP ISO/IEC 17025, Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

**UBICACIÓN** Laboratorio In Situ - Tacna.

**DIA DE LA MEDICION** 28/01/2022



  
**STALIN OLAZABAL TREJO**  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. Nº 182685





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

**METAUT**

GEOTECNIA & GEODESIA

**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
LF-AC-002-22**

Pag. 2 de 5

La Trazabilidad mediante la Medicón de referencia Estandar N°33713  
Validado por el certificado de calibración N° 18-0529-1 (INRIN)  
Validado por el certificado de calibración N° LAT 093 242719F

**CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:**

**Temperatura de Ambiente** (19.5 +/- 1) °C  
**Humedad Relativa** (65 +/- 5) %Hr

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** ANILLO DE CARGA  
**FABRICANTE** GS  
**MODELO** GS1901  
**N° SERIE** 001.101  
**CAPACIDAD** 5000 Kgf  
**INDICADOR** ANALÓGICO  
**FABRICANTE** GS  
**N° SERIE** 001.101

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

**EQUIPO** DINAMOMETRO ( Load cell )  
**FABRICANTE** AEP Transducers  
**MODELO** C8S  
**N° SERIE** 731013  
**CAPACIDAD** 100 KN  
**PROC. CAL.** Compresión  
**INDICADOR** AEP TRANSDUCER ( Indicador Digital )  
**MODELO** MP10 Plus  
**N° SERIE** 6593



JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 - 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

GEOTECNIA & GEODESIA

**METAUT**

**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
LH-SP-006-22**

Pag. 1 de 4

**CLIENTE : TEST COMPANY E.I.R.L.**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** BOTELLA SPEEDY  
**FABRICANTE** FORNEY  
**MODELO** TIPO D/2  
**N° SERIE** LA-3405-19  
**CAPACIDAD** 10 gr  
**REACTIVO** 1 CUCHARAS  
**MANOMETRO** FORNEY  
**Precisión** 0.2 %Hr  
**RANGO** 1 - 20 %Hr  
**Procedencia** -

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el sistema internacional de unidades (SI). La dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados.

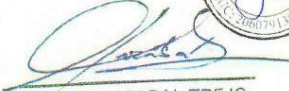
Para la realización del Proceso de calibración del equipo Metaut sigue el procedimiento según la norma ASTM D 2216.

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

**UBICACIÓN** Laboratorio In Situ - Tacna.

**DIA DE LA MEDICION** 28/01/2022



  
**STALIN OLAZABAL TREJO**  
INGENIERO ELECTRONICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 - 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

GEOTECNIA & GEODESIA

# METAUT

## CERTIFICADO DE CALIBRACION LH-SP-006-22

Pag. 2 de 4

Validado por el certificado de calibración N° T-0778-2020

### CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:

Temperatura de Ambiente (19,5 +/- 1) °C  
Humedad Relativa (65 +/- 5) %Hr

### INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

**EQUIPO** BOTELLA SPEEDY  
**FABRICANTE** FORNEY  
**MODELO** TIPO D/2  
**N° SERIE** LA-3405-19  
**CAPACIDAD** 10 gr  
**REACTIVO** 1 CUCHARAS  
**INDICADOR** FORNEY  
**RANGO** 1 - 20 %Hr

### INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:

**EQUIPO** TERMOMETRO CON INDICACION DIGITAL  
**FABRICANTE** FLUKE  
**MODELO** 54 II B  
**N° SERIE** 4673052WS  
**RANGO** -200°C-1372°C  
**PRECISION** 0.1°C  
**PROC. CAL.** Calibración siguiendo el procedimiento la Norma ASTM D2216  
"Metodo Ensayo estandar para la determinacion de laboratorio  
del contenido de humedad del suelos y roca en masa".







METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

GEOTECNIA & GEODESIA

**METAUT**

**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
LM-BAL-043-22**

Pag. 1 de 3

**CLIENTE : TEST COMPANY E.I.R.L.**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

<b>EQUIPO</b>	BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el sistema internacional de unidades (SI)
<b>FABRICANTE</b>	ELECTRONIC BALANCE	La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados.
<b>MODELO</b>	WT10001KFJ	Para la realización del Proceso de calibración del equipo METAUT sigue el procedimiento PC-011 Procedimiento para la calibración de balanzas.
<b>SERIE</b>	190902001	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados
<b>TIPO</b>	ELECTRÓNICA	
<b>CAPACIDAD MÁXIMA</b>	10000 g	
<b>DIVISION DE ESCALA (d)</b>	0,1 g	
<b>DIVISION DE VERIF. (e)</b>	1 g	
<b>CLASE</b>	II	
<b>F. CALIBRACIÓN</b>	28/01/2022	
<b>F. PROX. CALIBRACIÓN *</b>	28/01/2023	

**METODO DE CALIBRACION:**

La calibración se realizó por comparación directa según PC-011 procedimiento para la Calibración de balanzas de funcionamiento automático Clase I y (ISNM-INDECOPI – 4Ta Edición 2010.

**TRAZABILIDAD:**

03 Pesa de 10 kg, 01 Pesa de 5 kg, 01 Pesa de 2 kg, 01 Jgo. de Pesas de 1 mg. a 1 kg, Clase F1 certificados LM-C-050-2021, LM-C-051-2021, LM-C-052-2021, PE21-C-0478 Certificados trazables con INACAL-DM.

**LUGAR DE LA CALIBRACIÓN:**

El servicio de calibración se realizó en las instalaciones del cliente localizado en Tacna.

**CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACIÓN:**

**ΔT LOCAL** ( 19,5 °C Hasta 19,7 °C )  
**COEF. DERIVA TEMP.**  $1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$



FCC-MET-LM  
Rev. 03 - fecha: 01/22

**STALIN OLAZABAL TREJO**  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 – 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

GEOTECNIA & GEODESIA

**METAUT**

**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
LM-BAL-044-22**

Pag. 1 de 3

**CLIENTE : TEST COMPANY E.I.R.L.**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

<b>EQUIPO</b>	BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el sistema internacional de unidades (SI)
<b>FABRICANTE</b>	ELECTRONIC BALANCE	La dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados.
<b>MODELO</b>	WT50001SFE	Para la realización del Proceso de calibración del equipo METAUT sigue el procedimiento PC-001 Procedimiento para la calibración de balanzas.
<b>SERIE</b>	201027001	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados
<b>TIPO</b>	ELECTRONICA	
<b>CAPACIDAD MÁXIMA</b>	5000 g	
<b>DIVISION DE ESCALA (d)</b>	0,1 g	
<b>DIVISION DE VERIF. (e)</b>	1 g	
<b>CLASE</b>	II	
<b>F. CALIBRACIÓN</b>	28/01/2022	
<b>F. PROX. CALIBRACIÓN *</b>	28/01/2023	

**METODO DE CALIBRACION:**

La calibración se realizó por comparación directa según PC-011 procedimiento para la Calibración de balanzas de funcionamiento automático Clase I y II, SNM-INDECOPI – 4Ta Edición 2010.

**TRAZABILIDAD:**

03 Pesa de 10 kg, 01 Pesa de 5 kg, 01 Pesa de 2 kg, 01 Jgo. de Pesas de 1 mg. a 1 kg, Clase F1, certificados LM-C-050-2021, LM-C-051-2021, LM-C-052-2021, PE21-C-0478 Certificados trazables con INACAL-DM.

**LUGAR DE LA CALIBRACIÓN:**

El servicio de calibración se realizó en las instalaciones del cliente localizado en Tacna.

**CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACIÓN:**

**ΔT LOCAL** ( 19,5 °C Hasta 19,7 °C )  
**COEF. DERIVA TEMP.**  $1 \times 10^{-5} / ^\circ C$



  
**STALIN OLAZABAL TREJO**  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 – 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

GEOTECNIA & GEODESIA

**METAUT**

**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
LT-HL-006-22**

Pag. 1 de 6

**CLIENTE : TEST COMPANY E.I.R.L.**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

<b>EQUIPO</b>	HORNO DE LABORATORIO
<b>FABRICANTE</b>	A&A INSTRUMENT
<b>MODELO</b>	STHX-1A
<b>N° SERIE</b>	----
<b>CAPACIDAD</b>	76 Lts
<b>INDICADOR</b>	AUTCOMP
<b>Precisión</b>	1°C
<b>Sensor</b>	Tipo J
<b>RANGO</b>	0 - 250 °C
<b>Procedencia</b>	CHINA
<b>Tipo de Ventilación</b>	No Forzada
<b>Punto de Operación</b>	110 +/- 5°C

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el sistema internacional de unidades (SI)

La dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metroológicas a solicitud de los interesados.

Para la realización del Proceso de calibración del equipo Metaut sigue el procedimiento INDECOPI-SNM PC-018.

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

**UBICACIÓN** Laboratorio In Situ Tacna.

**DIA DE LA MEDICION** 28/01/2022



STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. Nº 182685



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

GEOTECNIA & GEODESIA

# METAUT

## CERTIFICADO DE CALIBRACION LT-HL-006-22

Pag. 2 de 6

Validado por el certificado de calibración N° T-1114-2021

### CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:

**Temperatura de Ambiente** (19.5 +/- 1) °C  
**Humedad Relativa** (65 +/- 5) %Hr

### INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

**EQUIPO** HORNO DE LABORATORIO  
**FABRICANTE** A& INSTRUMENT  
**MODELO** STHX-1A  
**N° SERIE** ----  
**CAPACIDAD** 76 Lts  
**INDICADOR** AUTCOMP  
**RANGO** 0-250 °C

### INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:

**EQUIPO** TERMOMETRO CON INDICACION DIGITAL  
**FABRICANTE** FLUKE  
**MODELO** 54 II B  
**N° SERIE** 4673052WS  
**RANGO** -200°C-1372°C  
**PRECISION** 0.1°C  
**PROC. CAL.** Calibración por Comparación siguiendo el procedimiento INDECOPI - SNM-PC-018 "Procedimiento para la calibración o Caracterización de medios termostaticos con aire como medio termostatico"



JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 – 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM





ENSAYOS:

Distribución de la temperatura:

Valor de ensayo a 110°C

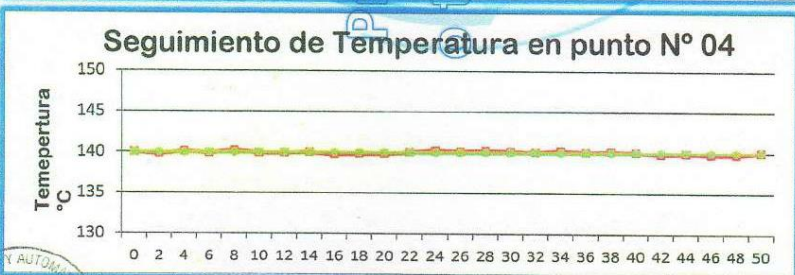
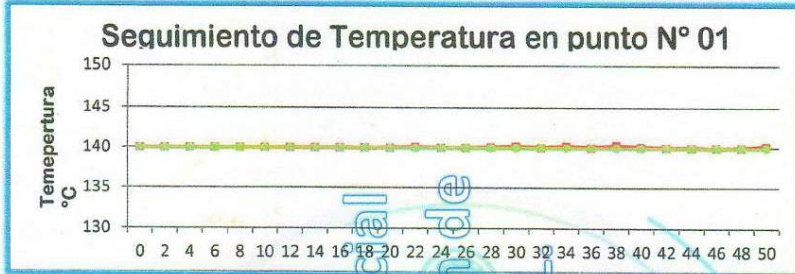
Tiempo (mm)	Pirómetro °C	INDICACIONES CORREGIDAS DE CADA TERMOCUPLA ° C										T° Prom. °C	Tmax - Tmin °C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	140	140.0	140.0	139.8	140.0	140.1	140.0	139.9	139.8	139.9	139.9	140	0.3
2	140	140.0	140.0	139.9	139.8	140.0	140.2	140.0	139.9	139.8	140.1	140	0.4
4	140	140.0	140.1	139.9	140.1	140.8	140.1	139.8	140.0	139.8	140.0	140	1.0
6	140	140.0	139.7	139.8	139.9	140.2	140.0	140.1	139.8	140.0	140.0	140	0.5
8	140	140.0	140.0	139.7	140.2	140.0	140.2	140.2	140.1	139.9	140.1	140	0.5
10	140	140.0	139.7	140.0	139.9	140.1	140.1	140.0	140.0	139.8	139.9	140	0.4
12	140	140.0	140.0	139.7	139.9	140.2	140.0	139.8	140.0	140.0	140.1	140	0.5
14	140	140.0	139.7	139.7	140.0	140.2	140.2	140.1	140.1	139.9	139.9	140	0.5
16	140	140.0	139.7	139.8	139.7	139.9	140.1	140.0	139.8	139.8	140.0	140	0.4
18	140	140.0	139.9	139.7	139.8	139.8	140.1	140.1	139.8	139.7	139.9	140	0.4
20	140	140.0	139.8	140.0	139.8	139.9	140.0	139.9	139.9	140.0	140.0	140	0.2
22	140	140.1	140.1	139.7	140.0	140.1	140.2	140.0	140.0	139.8	140.2	140	0.5
24	140	140.0	140.2	140.0	140.2	140.1	140.1	140.0	140.2	140.1	140.1	140	0.2
26	140	140.0	140.1	140.2	140.1	140.0	140.0	140.2	140.1	140.0	140.1	140	0.2
28	140	140.1	139.9	139.9	140.2	139.9	139.9	139.9	140.2	139.9	140.2	140	0.3
30	140	140.2	140.2	139.7	140.1	139.9	140.0	140.0	140.1	139.8	139.9	140	0.5
32	140	140.0	140.0	139.9	140.0	140.1	140.2	139.8	139.9	139.9	140.1	140	0.4
34	140	140.2	140.0	139.8	140.2	140.0	139.9	139.9	140.0	139.8	139.9	140	0.4
36	140	140.0	139.8	139.8	140.0	140.2	140.0	139.8	140.1	139.8	140.2	140	0.4
38	140	140.3	140.2	140.0	140.1	139.9	139.9	139.9	140.0	139.7	140.0	140	0.6
40	140	140.1	140.1	139.9	140.0	140.2	139.9	139.8	140.1	140.0	140.1	140	0.4
42	140	140.0	139.9	139.7	139.8	140.1	139.8	139.7	140.0	139.9	139.8	140	0.4
44	140	140.0	140.0	139.9	139.9	139.8	140.1	139.9	139.9	140.1	140.0	140	0.3
46	140	140.0	139.7	139.7	139.8	139.9	139.8	139.8	139.8	139.9	139.9	140	0.3
48	140	140.0	140.1	139.8	139.8	139.9	140.1	139.9	139.9	140.1	139.8	140	0.3
50	140	140.2	139.8	139.7	140.0	140.2	139.8	140.1	139.9	139.9	140.1	140	0.5
T. PROM.	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	
T. MAX.	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	
T. MIN.	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	



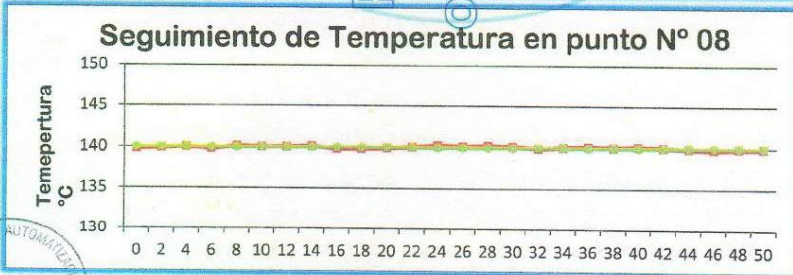
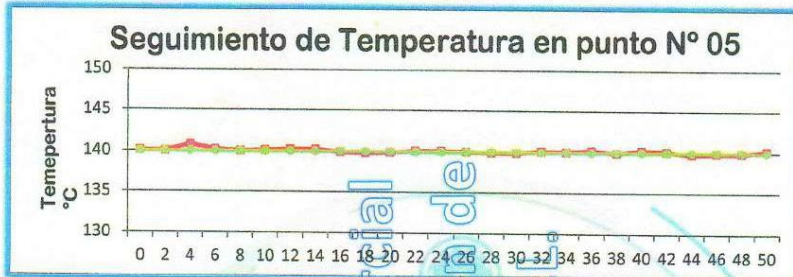
Identificación de Terminología:

- T PROM. Temperatura Promedio durante el ciclo total de toma de datos.
- T MAX. Temperatura Maxima durante el ciclo total la toma de datos.
- T MIN. Temperatura Minima durante el ciclo total la toma de datos.
- T Prom. Temperatura Promedio del total de las Termocuplas durante la toma de datos.
- Tmax-Tmin Diferencia entre la Temperatura Maxima y Minima durante la toma de datos.



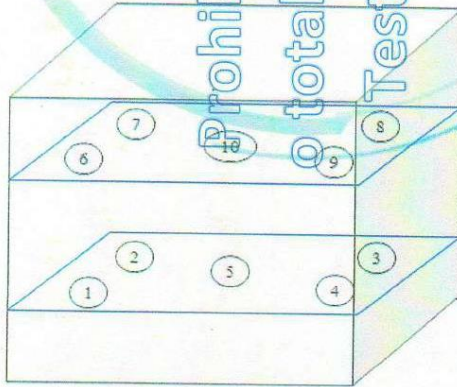








DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA





## Anexo V. Panel Fotográfico



Elaboración de calicatas



Ensayo de Granulometría



Elaboración de MDS

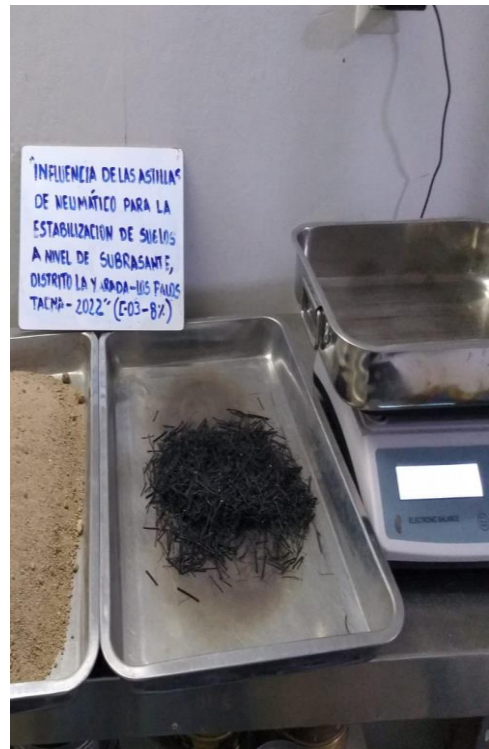


Ensayo de CBR





Extracción de astillas de neumáticos



Dimensionamiento de AN



Elaboración de MDS con AN



Ensayo de CBR con AN