



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la  
Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento,  
Carretera Los Ángeles - Yacango, Moquegua, 2023**

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

**Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Chipoco Diaz, Maurizio Jesus ([orcid.org/0000-0001-9187-478X](https://orcid.org/0000-0001-9187-478X))

Valdivia Caceres, Christian Jonathan ([orcid.org/0000-0001-7479-9212](https://orcid.org/0000-0001-7479-9212))

**ASESOR:**

Mtro. Olarte Pinares, Jorge Richard ([orcid.org/0000-0001-5699-1323](https://orcid.org/0000-0001-5699-1323))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2023

## **Dedicatoria**

A mis adorados abuelos Jaime, Uberta, Victorio y Consuelo, a mis amados padres Jesús y Patricia, por todo el apoyo y las enseñanzas brindadas, por impulsarme siempre a seguir adelante a pesar de los problemas, les dedico este trabajo realizado con esfuerzo.

(Chipoco Diaz Maurizio Jesus).

A Dios, mi adorada hija Itzayana, por ser mi pilar fundamental y ganas de seguir creciendo, a mis amados padres, Nicolás y María por haberme aconsejado en cada etapa de mi vida, en mi formación profesional y por su apoyo incondicional, les dedico el trabajo y todo mi esfuerzo puesto para realizar esta tesis.

(Valdivia Cáceres Christian Jonathan)

## **Agradecimiento**

A Dios, por brindarme salud y su bendición diaria, a la Universidad Cesar Vallejo y a nuestro asesor el Ing. Jorge Olarte por el tiempo dedicado en esta etapa de elaboración de tesis.

(Chipoco Diaz Maurizio Jesus).

A la Universidad César Vallejo y en especial a nuestro asesor el Ing. Jorge Olarte Pinares por su tiempo dedicado, conocimientos impartidos en estos meses de enseñanza para lograr nuestra meta.

(Valdivia Cáceres Christian Jonathan)

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vii
Resumen .....	x
Abstract .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Variables y operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra y muestreo.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos.....	15
3.6. Método de análisis de datos .....	23
3.7. Aspectos éticos .....	23
IV. RESULTADOS.....	24
V. DISCUSIÓN.....	88
VI. CONCLUSIONES .....	90
VII. RECOMENDACIONES .....	91
REFERENCIAS .....	92
ANEXOS.....	95

## Índice de tablas

Tabla 1. Tipos de Emulsion asfaltica.....	10
Tabla 2. Abertura de tamices .....	17
Tabla 3. Requerimientos de durabilidad en ensayo de Humedecimiento - Secado .....	40
Tabla 4. Resultados de la prueba de durabilidad (Humedecimiento – Secado).....	44
Tabla 5. Resultados de la prueba de durabilidad (Humedecimiento – Secado).....	45
Tabla 6. Resultados de la prueba de durabilidad (Humedecimiento – Secado).....	46
Tabla 7. Resultados de ensayo de compresión ASTM C 39 realizada en laboratorio de suelos .....	47
Tabla 8. Análisis Granulométrico por tamizado .....	48
Tabla 9. Clasificación de la muestra .....	49
Tabla 10. Resultado del ensayo de Proctor Modificado .....	50
Tabla 11. Resultado del ensayo de CBR .....	51
Tabla 12. Determinación de contenido de humedad .....	51
Tabla 13. Determinación de la densidad seca .....	51
Tabla 14. Penetración según el número de golpes .....	52
Tabla 15. Relación CBR - Densidad .....	52
Tabla 16. Proctor Moficado (ASTM D 1557) .....	54
Tabla 17. Corrección de peso unitario y contenido de humedad para partículas de sobretamaño (ASTM D 4718) .....	55
Tabla 18. Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 2 % y para 1 m <sup>3</sup> .....	56
Tabla 19. Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 2 % y para 1 m <sup>3</sup> .....	57
Tabla 20. Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 2 % y para 1 m <sup>3</sup> .....	57
Tabla 21. Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 4 % y para 1 m <sup>3</sup> .....	58
Tabla 22. Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 4 % y para 1 m <sup>3</sup> .....	58
Tabla 23. Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 4 % y para 1 m <sup>3</sup> .....	59
Tabla 24. Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 6 % y para 1 m <sup>3</sup> .....	59
Tabla 25. Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 6 % y para 1 m <sup>3</sup> .....	60
Tabla 26. Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 6 % y para 1 m <sup>3</sup> .....	60
Tabla 27. Penetración según Humedad.....	63
Tabla 28. Penetración según Humedad.....	63
Tabla 29. Penetración según Humedad.....	65

Tabla 30. Penetración según Humedad.....	65
Tabla 31. Penetración según Humedad.....	66
Tabla 32. Penetración según Humedad.....	66
Tabla 33. Penetración según Humedad.....	68
Tabla 34. Penetración según Humedad.....	68
Tabla 35. Penetración según Humedad.....	69
Tabla 36. Penetración según Humedad.....	69
Tabla 37. Penetración según Humedad.....	71
Tabla 38. Penetración según Humedad.....	71
Tabla 39. Prueba de normalidad.....	75
Tabla 40. Correlaciones.....	76
Tabla 41. Prueba de normalidad.....	78
Tabla 42. Correlaciones.....	79
Tabla 43. Prueba de normalidad.....	80
Tabla 44. Correlaciones.....	81
Tabla 45. Prueba de normalidad.....	83
Tabla 46. Correlaciones.....	84
Tabla 47. Prueba de normalidad.....	85
Tabla 48. Correlaciones.....	86

## Índice de figuras

Figura 1. Estructura de un pavimento flexible .....	11
Figura 2. Cemento tipo IP .....	12
Figura 3. Proceso de tamizado en laboratorio .....	17
Figura 4. Proceso de tamizado en laboratorio.....	18
Figura 5. Proceso de ensayos de límites de consistencia .....	19
Figura 6. Proceso ensayo Proctor.....	20
Figura 7. Proceso ensayo Proctor.....	20
Figura 8. Proceso ensayo CBR.....	21
Figura 9. Proceso ensayo CBR.....	22
Figura 10. Ubicación del proyecto.....	24
Figura 11. Visita a Cantera Maron y extracción de material .....	26
Figura 12. Visita a Cantera Maron y extracción de material .....	26
Figura 13. Secado del material en laboratorio de suelos.....	27
Figura 14. Tamizado del material para el análisis granulométrico .....	28
Figura 15. Ensayo de Límites de Atterberg .....	28
Figura 16. Ensayo de Proctor y CBR .....	29
Figura 17. Dosificación de suelo para preparación de suelo cemento.....	30
Figura 18. Dosificación de cemento para preparación de suelo cemento.....	30
Figura 19. Preparación de suelo cemento.....	31
Figura 20. Preparación de suelo cemento.....	31
Figura 21. Vaciado de briquetas de suelo cemento en los moldes.....	32
Figura 22. Proceso de fraguado y curado de briquetas.....	33
Figura 23. Toma de temperatura in situ en vía de intervención.....	34
Figura 24. Toma de temperatura in situ en vía de intervención.....	34
Figura 25. Proceso de incremento de temperatura de la emulsión asfáltica para la aplicación en las briquetas.....	35
Figura 26. Temperatura alcanzada de 60°C para la aplicación de las briquetas .....	36
Figura 27. Aplicación de la imprimación asfáltica en las briquetas de suelo cemento..	36
Figura 28. Proceso de rotura vertical de las briquetas para análisis de penetración ...	37
Figura 29. Rotura típica de briquetas para su óptima medición.....	38
Figura 30. Medición de la penetración de imprimación asfáltica en la briqueta de suelo cemento.....	38
Figura 31. Medición de la penetración de imprimación asfáltica en la briqueta de suelo cemento.....	39
Figura 32. Saturación de las muestras.....	41
Figura 33. Muestras puestas al horno a 71°C .....	41
Figura 34. Toma de medidas: peso, altura y diámetro .....	42
Figura 35. Cepillado y limpieza de restos con brocha de las briquetas .....	42

Figura 36. Toma de medidas de las briquetas después del cepillado .....	43
Figura 37. Toma de medidas de las muestras después del cepillado y después de la saturación .....	43
Figura 38. Curva granulométrica.....	49
Figura 39. Relación humedad (%) – densidad (g/cm <sup>3</sup> ) .....	50
Figura 40. Relación CBR – Densidad .....	53
Figura 41. Relación Penetración (pulg) – Presión (Lb/cm <sup>2</sup> ) .....	53
Figura 42. Proctor Modificado (ASTM D1557)) .....	54
Figura 43. Densidad, peso específico y absorción del agregado grueso (ASTMC127)55	
Figura 44. Control de agua (%humedad) en el diseño de suelo cemento .....	61
Figura 45. Proceso de toma de temperatura in situ.....	62
Figura 46. Proceso de toma de temperatura in situ.....	63
Figura 47. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada. (2% Dosificación de cemento) .....	64
Figura 48. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada. (2% Dosificación de cemento) .....	64
Figura 49. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada. (2% Dosificación de cemento) .....	65
Figura 50. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada. (2% Dosificación de cemento) .....	66
Figura 51. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada. (4% Dosificación de cemento) .....	67
Figura 52. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada. (4% Dosificación de cemento) .....	67
Figura 53. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada. (4% Dosificación de cemento) .....	68
Figura 54. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada. (4% Dosificación de cemento) .....	69
Figura 55. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada. (6% Dosificación de cemento) .....	70
Figura 56. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada. (6% Dosificación de cemento) .....	70
Figura 57. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada. (6% Dosificación de cemento) .....	71
Figura 58. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada. (6% Dosificación de cemento) .....	72
Figura 59. Línea de tendencia de la penetración (mm) respecto al porcentaje de cemento.....	72
Figura 60. Línea de tendencia de la penetración (mm) respecto a la humedad de compactación del suelo cemento.....	73
Figura 61. Línea de tendencia de la penetración (mm) respecto a la humedad de compactación del suelo cemento.....	73
Figura 62. Línea de tendencia de la penetración (mm) respecto a la humedad de compactación del suelo cemento.....	74

Figura 63. Línea de tendencia de la penetración (mm) respecto a la temperatura de base granular..... 74

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo verificar la penetración de imprimación asfáltica en bases granulares estabilizadas con cemento, considerando algunas variaciones de factores como el porcentaje de cemento, la humedad de compactación y la temperatura de la base granular aplicadas en la carretera Los Ángeles – Yacango del departamento de Moquegua, siendo esta una carretera de tercera clase según la clasificación de rutas del SINAC del Ministerio de Transportes, para la cual se plantea una investigación tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y de diseño no experimental, se obtiene resultados mediante ensayos de laboratorio aplicados a una muestra de base estabilizada con cemento alterando en el diseño el porcentaje de cemento entre 2%, 4% y 6%, el contenido de humedad óptima de 8.8%, variando dos puntos por encima y por debajo 6.8% y 10.8%, y en cuanto a la temperatura de base granular de 15°C y 25°C.

En relación a los resultados se tiene que, a menor porcentaje de cemento (2%), la penetración es de 2.5 mm, a menor contenido de humedad (6.8%) la penetración es de 2.5 mm, y a una temperatura de base granular de 25°C la penetración fue de 2.5 mm.

**Palabras clave:** Base estabilizada, imprimación, penetración, impermeabilización, cemento

## **Abstract**

The objective of this investigation is to verify the penetration of asphalt primer in granular bases stabilized with cement, considering some variations of factors such as the percentage of cement, compaction humidity and the temperature of the granular base applied on the Los Angeles - Yacango del department of Moquegua, this is a third-class highway according to the route classification of the SINAC of the Ministry of Transport, for which an applied research type is proposed with a quantitative approach, descriptive level and non-experimental design, results are obtained through tests being tests applied to a base sample stabilized with cement, altering in the design the percentage of cement between 2%, 4% and 6%, the optimum moisture content of 8.8%, varying two points above and below 6.8% and 10.8 %, and regarding the granular base temperature of 15°C and 25°C.

In relation to the results, it is found that, at a lower percentage of cement (2%), the penetration is 2.5 mm, at a lower moisture content (6.8%), the penetration is 2.5 mm, and at a granular base temperature of 25 °C penetration was 2.5 mm

**Keywords:** Stabilized base, primer, penetration, waterproofing, cement

## I. INTRODUCCIÓN

La red vial nacional está distribuida en las tres regiones del país, se encuentra conformada por tres ejes longitudinales, de los cuales se tiene en la región costa la Longitudinal de la Costa o Eje N° PE-1 (conocida como la Carretera Panamericana), en la región andina tenemos Longitudinal de la Sierra o Eje N° PE-3 y en la región amazónica Longitudinal de la Selva o Eje N° PE-5 (conocida como la Marginal de la Selva también conocida como Troncal o Carretera Fernando Belaunde Terry), contamos también con veinte ejes transversales, los cuales están nominados por números pares desde el PE-02, PE-04, PE-06, y así sucesivamente hasta el PE-40, los ejes transversales son carreteras que unen dos o más regiones, tenemos entre los más importantes: La Carretera Central IIRSA Centro (Lima – Cerro de Pasco – Huancayo), la IIRSA Sur (Puno – Ilo) y en el norte la carretera IIRSA Norte (Paita – Yurimaguas). Estas carreteras se pueden clasificar según sus características de uso en: autopistas, carreteras de primera, segunda y tercera clase y finalmente en trochas carrozables, que según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018), son la categoría más baja de carreteras porque no se han alcanzado las características geométricas mínimas de las vías.

Dentro del procedimiento constructivo en pavimentos flexibles posterior a la colocación de las capas granulares, es decir capa sub base y capa de base granular se tiene que impermeabilizar la superficie para lograr adherencia con la capa sobreyacente, para fines de imprimir se utilizan diferentes productos como emulsiones asfálticas o asfaltos rebajados, la penetración debe alcanzar 5 milímetros, según el Manual de Carreteras, dado que algunas capas de bases granulares son estabilizadas, no se logra alcanzar.

Este estudio analiza la variabilidad de la penetración de una emulsión asfáltica en bases estabilizadas, haciendo testigos a escala donde se hacen variaciones en procedimientos de aplicación como el porcentaje de cemento, la humedad óptima de compactación y temperatura de la base granular estabilizada, que será aplicado en la vía que une el Centro Poblado de Los Ángeles con el Centro Poblado de Yacango.

En el presente estudio se considera el siguiente problema general ¿Cómo la variación de las características físicas de una base granular influye en la penetración de una imprimación asfáltica en bases estabilizadas con cemento?, y específicos ¿En qué medida el porcentaje de cemento del suelo estabilizado influye en la penetración de la imprimación asfáltica?, ¿En qué magnitud influye la humedad del suelo estabilizado con cemento en la imprimación asfáltica? y ¿En qué proporción afecta la temperatura de la base granular en la imprimación?

La justificación teórica de la investigación tiene como objetivo ofrecer a la comunidad científica una alternativa para mejorar el nivel de penetración de la imprimación asfáltica para la impermeabilización de bases estabilizadas con cemento. La justificación científica nace de la necesidad de poder optimizar la penetración de la imprimación asfáltica para la impermeabilización en bases estabilizadas con cemento, en comparación de las tradicionales. En la justificación social se busca aumentar la vida útil de imprimación en cuanto a la penetración, eso permitirá la impermeabilización de las bases estabilizadas con cemento y así mantener la serviciabilidad, economizar las inversiones de financiamiento al momento de ejecutar proyectos de carreteras empleando óptimamente una imprimación asfáltica para garantizar la comodidad de los usuarios. En la justificación ambiental se planeó en la investigación que el proceso de mejoras a la vía Los Ángeles-Yacango, Departamento de Moquegua para dar una mejor operatividad a la vía no se vean afectados medioambientalmente el sitio y la población. También sabemos que la evaporación del agua de las emulsiones hace que estas no contaminen, por el contrario, las mezclas de asfalto diluido con disolventes orgánicos en la atmósfera contribuyen a su rápido deterioro.

Los objetivos fueron los siguientes, como general es Verificar la penetración de imprimación asfáltica en bases granulares estabilizadas con cemento con diferentes propiedades físicas; y específicos son: Evaluar la influencia del contenido de cemento usado en la estabilización del suelo en relación con la penetración de la imprimación asfáltica, Evaluar la influencia de la humedad de la base estabilizada en relación con la penetración de la imprimación asfáltica y Evaluar la influencia de la temperatura de la base granular en la estabilización del suelo en relación con la penetración de la imprimación asfáltica.

Planteados una vez los problemas, así como los objetivos, se realizaron las hipótesis, como general es La variación de las propiedades físicas de una base granular estabilizada con cemento altera la penetración de una imprimación asfáltica; y específicas son A mayor porcentaje de cemento usado en la estabilización de bases granulares se reduciría la penetración de la imprimación asfáltica, A medida que una base granular contiene mayor humedad se reduciría la penetración de imprimación asfáltica y A mayor temperatura de la base granular en la estabilización del suelo se elevaría la penetración en bases estabilizadas con cemento.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes nacionales para la presente investigación, tenemos a Lugo (2022) en su tesis titulada “Imprimación asfáltica con emulsión especial EAP en bases tratadas con cemento portland, para optimizar la adherencia de la capa bituminosa,” cuyo objetivo fue adherir la capa bituminosa a la base mencionada por medio de experimentos como también ensayos de laboratorio y en campo donde el nivel de la investigación utilizado fue descriptiva, analítica y experimental. Este estudio trata como población a la base estabilizada o una muestra del material de la cantera y tratada con cemento portland en los tramos seis y nueve. Como herramientas de trabajo se utilizaron fichas auto aplicadas, formatos de tablas y hojas de cálculo. Los resultados alcanzados tras las pruebas de imprimación y la adherencia demostraron que las condiciones óptimas y favorables de adherir la capa bituminosa con el sustrato estabilizado con cemento, cuando se alcanzan las tasas de penetración más favorables. Se concluyó que la imprimación con emulsión EAP para sustratos tratados con cemento logra mejores tasas de penetración, en el rango de 1-3 mm referente al 3% y 1.5% de cemento portland respectivamente.

Vidalon (2018) en su investigación denominada “Propiedades negativas de la base granular y temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en profundidad de penetración de la imprimación asfáltica” tuvo como objetivo general determinar cómo afectan la temperatura de emulsión y las características negativas de la base granular en relación a la penetración de imprimación en bases granulares para pavimentos flexibles. Siguiendo un diseño experimental, de tipo aplicada y nivel explicativo - correlacional, su población está compuesta por 650 m<sup>3</sup> de base granular, y una muestra de 4 m<sup>3</sup> obtenidas de cantera, en el caso de instrumento usó una ficha de recolección de datos. Concluyendo que existe una correlación del incremento de finos y el contenido de humedad siendo estas propiedades negativas de la base granular.

Continuando con los antecedentes, en internacionales tenemos a Kasthuri Arachchige Neminda Senarath Kasthurirathna (2018). En su investigación “Estimación de requerimientos de penetración para riegos de imprimación”, indica que es una operación fundamental en la construcción de vías la aplicación de la imprimación asfáltica. Tiene como función principal sellar los espacios capilares en la superficie de la imprimación para impedir que la humedad penetre debajo de la imprimación y las capas, pero esto no se hace de acuerdo con los estándares requeridos. En el argumento local, el uso de Prime Coat en proyectos de construcción de carreteras era una práctica común, aunque no se especificaban los requisitos de penetración, esta es la preocupación, en base a la cual se elige la mejor imprimación según la profundidad que penetra, también de acuerdo al tipo de betún que es tratado en cada momento. Los tipos de betún refinado comúnmente utilizados para uso primario en Sri Lanka son MC-30 (betún de corte de fraguado medio) y CSS-1 (catión de fraguado lento). Las muestras se colaron en moldes CBR específicos de AASHTO bajo control de compactación y se sumergieron a una velocidad seleccionada en las condiciones típicas de Sri Lanka. El requisito para penetrar y el tiempo que lleva para fraguar sea necesario para cada nivel que se compacte, y se seleccionaron en función de los requisitos de penetración para cada tiempo de curado. No existe diferencias significativas en los requisitos de penetración de los dos tipos de betún, pero la permeabilidad de MC-30 fue alta en ocasiones para ser la mejor opción en términos de permeabilidad entre estos dos tipos de betún probados, finalmente concluye que para tasas de aplicación desde 0.5 l/m<sup>2</sup> a 1.5 l/m<sup>2</sup> la penetración alcanza un rango de 4 mm – 10 mm y 4 mm – 10.5 mm respectivamente.

Simon Kotze, Vela VKE, Pretoria, Lucas van der Schyf, TOSAS, Potchefstroom, Gerrie D van Zyl, MyCube Asset Management Systems, Cape Town (2010). En la investigación “Selección de riego de imprimación adecuado”, los autores indican que desde se prohibió el uso de estos imprimantes que son elaborados básicamente de alquitrán, los vendedores están impulsando diferentes productos para preparar nuevos imprimantes. Posteriormente se obtuvieron resultados desfavorables en algunas zonas de Sudáfrica, se decidió probar diversos

artículos en varias calidades, incluyendo diferentes sustratos y porcentajes de humedad. Dicha investigación analiza los productos que se emplearon en distintas situaciones, destacando los problemas propios y brindando sugerencias para elegir el tipo de producto adecuado para diferentes condiciones.

Galaviz-González, J. R., David, A. C., Pedro Limón Covarrubias, & Miguel, Z. P. (2019). En la investigación “Evaluación de la unión de las emulsiones de asfalto utilizadas como capas adhesivas a través de la prueba de corte”, los investigadores dan a conocer que las emulsiones pueden formar pavimentos más económicos, menos contaminantes y menos consumidores de energía; estos son sistemas dispersivos que consisten en dos líquidos combinados con un emulsionante. Dado que las emulsiones se usan con mayor frecuencia para pegar capas debido a su temperatura baja y nivel mínimo de asfalto, haciendo su aplicación una técnica económica. En algunos casos los mantos bituminosos se usan como tratamiento superficial, si se utilizan mezclas asfálticas para ligar la base, es necesario asegurar el uso de este material de asfalto suficiente y con la dosificación (tipo y cantidad) para la preparación de la base. Considerando dosificación de la emulsión asfáltica y el tiempo fijo, Deysarkar demostró que el mejor rendimiento se lograba cuando se usaba una dosificación de 0,45 l/m<sup>2</sup> en lugar de 0,18 l/m<sup>2</sup> y un tiempo fijo de 30-60 minutos antes de la compactación. Como objetivo principal fue examinar cómo se comporta mecánicamente (energía de rotura y carga máxima) las emulsiones de asfalto catiónicas de fractura lenta y de fractura rápida mediante ensayos de corte a 25 °C de temperatura y para asegurar la adherencia del manto (bituminoso) a la superficie de la carretera. Así, según las características mecánicas, la mejor opción a la hora de utilizar este tipo de emulsión resultó ser el uso de una emulsión de fraguado acelerado mezclado con 60% de residuos asfálticos y una dosificación de 0,3 litros por m<sup>2</sup> con un fraguado de 3 días, reflejando así ser una opción favorable manejando este tipo de emulsión.

Antunes, Simão, & Freire, A. C. (2017). En la investigación “Una formulación de suelo y cemento para capas de base y subbase de pavimento de carreteras: un estudio de caso”, el investigador hace mención que haciendo uso de sustratos que están siendo tratados con cemento podría ser una opción muy favorable a las capas de pavimento y subrasante. El propósito de este trabajo de

investigación fue la preparación de una solución de suelo adicionando cemento para ser utilizada como capa base y una capa subbase en la etapa de prueba experimental. Para realizar esta investigación se utilizó dos métodos diferentes: portugués y sudafricano. En el proceso de producción se utilizó arena arcillosa local. Teniendo como objetivo principal la evaluación de cómo se comporta mecánicamente el suelo cemento, analizar la resistencia a la compresión y ensayo de resistencia a la tracción indirecta con diferentes tiempos de fraguado de muestras de suelo cemento (1, 7, 14, 21, 28, 60, 90, 120, 150 y 180 días), intentando calcular la tasa de estabilización. Las resistencias fueron determinadas para base y subbase mostraron un comportamiento favorable cuando se utilizó cemento como estabilizador, así como diferencias en el comportamiento con el tiempo de curado para las mismas muestras.

## **Teorías**

### **Variable 1: Imprimación**

#### **Imprimación**

La imprimación con asfalto es el proceso de esparcir un ligante (material asfáltico) diluido sobre una superficie de material granular sin tratar o tratada, en otras palabras, cuando se aplica una película de asfalto a un sustrato después de haber limpiado la superficie de polvo y partículas de arena para que quede impermeabilizada, es así como el imprimador asfáltico sella e impregna los poros. Mediante este proceso se logra endurecer las superficies y favorece su adherencia en la superficie de la que es aplicada y la primera capa sobreyacente, para mejorar la transmisión de cargas. Para realizar el proceso de imprimación se utiliza un camión imprimador su capacidad es de 1800 galones y debe tener un velocímetro que pueda controlar la capacidad de salida de imprimación de 0.7 a 1.5 lt<sup>2</sup>. Deben soportar una temperatura que debe estar dentro de los 60 a 70°C, según la norma peruana y el manual de carreteras del MTC la penetración debe estar en el rango entre 5 a 7 milímetros.

## **Emulsión asfáltica**

La emulsión asfáltica consiste en una mezcla constante y uniforme de dos líquidos que en condiciones normales no se pueden combinar (su propiedad es inmisible), como son el aceite y agua. En este caso, la emulsión asfáltica tiene una composición de agua y asfalto, los cuales son dos componentes líquidos inmiscibles.

La emulsión asfáltica estabilizada consta de tres elementos fundamentales como son; agua, asfalto y emulsionante, por supuesto cabe señalar que también existen aditivos que pueden mejorar las prestaciones de la emulsión asfáltica, como inhibidores de fisuras, estabilizantes o sustancias mejoradoras para una mejor adherencia.

## **Composición de emulsión asfáltica**

Estas emulsiones asfálticas constan de tres componentes principales: aguas, asfalto y emulsificante, en ocasiones es posible agregar aditivos como estabilizantes, optimizadores de adherencia, agentes de mejora de la adherencia o agentes anti fisuración.

## **Asfalto**

El componente principal de la emulsión es el asfalto y en la totalidad de los casos forma el 50-75% de la emulsión asfáltica, por sus propiedades se utiliza como un compuesto adherente para la impermeabilización del suelo. De acuerdo a las situaciones climáticas pueden requerir un sustrato de asfalto más duro o más blando. En ambos casos, la afinidad química entre los emulsionantes y el cemento asfáltico es fundamental para obtener emulsiones estables.

## **Agua**

El agua contiene minerales y otros componentes que alteran la formación de emulsiones asfálticas, el agua natural puede ser inadecuada en solución y suspensión coloidal debido a las impurezas. Las emulsiones no deben hacerse con agua que contenga partículas sólidas, ya que el uso de este tipo de agua sucia puede causar un desbalance en los elementos que componen la emulsión.

## **Agentes emulsivos**

Estos mantienen las gotas de asfalto en elevación estable y regula el tiempo de rotura. También es un factor importante para clasificar las emulsiones como catiónicas, aniónicas o no iónicas.

## **Propiedades físicas de las emulsiones asfálticas**

Las emulsiones asfálticas tienen características debidas a los emulsionantes químicos utilizados, este emulsionante tiene propiedades que mantienen en suspensión las partículas asfálticas y regulan el tiempo de rotura.

Son tres los rangos en las que se podría clasificar una emulsión asfáltica:

### **Emulsión aniónica**

Las emulsiones llamadas aniónicas poseen la característica principal que los elementos que componen la emulsión asfáltica están cargados negativamente, cabe señalar que esta emulsión utiliza suficiente estearato de sodio, que es un anión que se diluye en el asfalto, en donde cada partícula de asfalto está envuelta por una membrana de iones de estearato con carga negativa, lo que hace que estas partículas se repelan entre sí, y así evitar que se coagulen.

### **Emulsión catiónica**

Sus partículas están cargadas positivamente alrededor de las partículas de asfalto y por lo tanto están rodeadas de partículas cargadas negativamente, en este modelo de emulsiones el agente emulsificante les concede a los glóbulos una polaridad positiva, de esta manera, estos adquieren una carga positiva.

## **Clasificación de emulsiones asfálticas**

Esta clasificación se realiza de acuerdo a la velocidad en que se unen las gotas de asfalto. Esta propiedad también determina qué tan rápido la emulsión cambia su estabilidad cuando se mezcla con agregados.

**Tabla 1.** *Tipos de emulsión asfáltica*

RS – Rotura rápida (rapid-setting)
MS – Rotura media (medium-setting)
SS – Rotura lenta (slow-setting)
QS – Rotura controlada (quick-setting)

**Fuente:** Montalvo, 2015

### **Emulsión SS - rotura lenta**

Las emulsiones de rotura lenta están diseñadas para trabajos específicos, que requieran una máxima estabilidad de mezclado, se utilizan con componente como agregados, agua y aditivos, para alcanzar la unión de las partículas en suspensión coloidal de la emulsión dependen directamente de la evaporación.

Este tipo de emulsión aumenta la durabilidad y regula los índices de temperatura de la conformación del pavimento, afectando la flexibilidad y rigidez con respecto a la frecuencia de temperatura.

### **Variable 2: Impermeabilización de base granular con cemento**

#### **Estabilización de suelo**

La estabilización de tierras o suelos se fundamenta en asegurar la estabilidad del subsuelo asegurando la duración de su fijación y compactación. Los terrenos existentes se convertirán en material para construcción de alta calidad. Para de esta manera, mediante la estabilización de suelo, poder controlar la erosión.

#### **Tipos de estabilización de suelo**

##### **Estabilización química**

Se denomina un suelo mejorado cuando se le agregan cantidades de aditivo para mejorar la permeabilidad y resistencia del suelo, se pueden realizar in situ o realizarse en centrales de planta.

## **Estabilización mecánica**

Se realiza mediante la combinación de dos o más materiales, usando equipos mecánicos para su compactación, es empleado en explanadas de vías por métodos de compactación o mezclas de suelo existente, haciendo uso de equipos mecánicos para su compactación.

## **Estabilización de suelos con cemento**

Esta estabilización se obtiene mezclando a fondo suelo suficientemente degradado con agua y cemento y otros posibles aditivos, seguido de una compactación y curado adecuado, este material suelto se vuelve duro y fuerte. A diferencia del concreto, los gránulos de suelo no están cubiertos con pasta endurecida de cemento, sino que están conectados entre sí por una conexión puntual. Por lo tanto, el suelo cemento tiene menor resistencia y coeficiente de elasticidad que el concreto. Los materiales de suelo más apropiados para la estabilización con suelo cemento son los gránulos A-1, A-2 y A-3, que tienen plasticidad media o baja ( $LL < 40$ ,  $IP < 18$ ).

## **Pavimento**

Estructura conformada por diferentes capas superpuestas unas sobre otras (pavimento flexible), logrando una rigidez, resistencia y durabilidad para soportar las cargas de tránsito

### **Partes del pavimento flexible**



*Figura 1.* Conformación de un pavimento flexible.

## Base granular

Está conformado por material seleccionado y compactado, construido que se dispone a ubicarse sobre la sub base y por debajo de la carpeta de rodadura, su función principal es la transmisión de cargas y distribuir las a la subbase.

## Cemento

Se obtiene mediante la combinación de caliza y arcilla calcinadas que posteriormente son molidas, es un material de construcción que es el más empleado a nivel mundial, ya que reacciona químicamente cuando entra en contacto el agua aportando más resistencia y durabilidad en los trabajos de construcción e ingeniería.

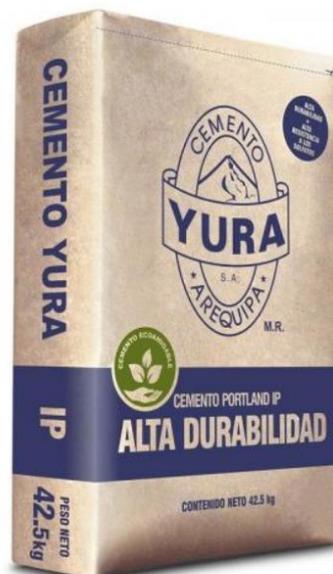


Figura 2. Cemento tipo IP.

## Clasificación de carretera

### Trochas carrozables

Estas trochas no tienen las propiedades geométricas de una carretera y presentan un IMDA que está por debajo de los 200 vehículos diarios. El ancho de estas vías debe ser como mínimo de 4 metros, dado el caso se construyen prolongaciones, denominadas intersecciones, como mínimo a cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser reforzada o sin refuerzo.

## **Enfoques conceptuales**

### **Variable 1: Imprimación**

#### **Profundidad de impregnación**

Para determinar la profundidad de impregnación asfáltica se deberá recurrir a una aguja normalizada, que penetre verticalmente en la muestra para poder medir el espesor de la capa de riego, también para un trabajo a escala como el de la presente investigación se podrá utilizar un vernier para medir la profundidad de impregnación. Esta profundidad tiene como objetivo principal adherir la base granular con la capa sobreyacente.

### **Variable 2: Impermeabilización de base granular con cemento**

#### **Porcentaje de cemento para estabilización**

Según el Manual de Diseño de Carreteras Diseño Geométrico 2014 del MTC, en las carreteras de tercera clase y trochas carrozables se recomienda aplicar estabilizadores de suelos, para esta investigación se diseñó un estabilizador de suelo cemento que contiene tres dosificaciones de cemento, las cuales fueron de 2%, 4% y 6%.

#### **Humedad de base granular estabilizada con cemento**

Tiene un rol importante en el comportamiento de las propiedades del suelo, ya sean físicas o químicas; cada material tiene un contenido de humedad diferente que eleva sus propiedades para tener un diseño de compactación, tendrá mayor influencia de compactación en suelos con pequeñas partículas.

#### **Temperatura de base granular estabilizada**

En el caso de estimación de la temperatura de base granular, se tomaron medidas de la temperatura in situ a las 8 a.m. 10 a.m. 12 p.m. 2 p.m. y 4 p.m. considerando la temperatura más baja y la más crítica, 15°C y 25°C respectivamente en la zona de investigación.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

Es del tipo aplicado porque utiliza teorías que sustentan las variables objeto de estudio, donde se apoyan en la conclusión de las investigaciones básicas que son conocidas y se orientan a la solución de problemas poblacionales. Además, es de nivel descriptivo, ya que este tipo de investigación se basa fundamentalmente en la observación y descripción de los diferentes resultados, en este tipo de estudio no existe la manipulación de variables. (Sousa, Driessnack, y Costa, Cossta, 2007, p.3).

Es de enfoque cuantitativo ya que se obtendrá resultados de los ensayos realizados en laboratorio para comprobar las características físicas de la base granular estabilizada con cemento y es un diseño no experimental, porque no existe manipulación en las variables de la investigación y se toman las muestras en determinado momento. (Arias-Coviños, 2021, p.71).

En nuestra investigación las briquetas de muestras estarán sometidas a procesos variando proporciones de porcentaje de cemento, contenido de humedad y temperatura de base granular.

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

La operacionalización de las variables corresponde a la definición operacional, es decir, es un diseño a nivel no experimental, el descubrimiento de elementos reales, indicadores u operaciones que puedan calcular el concepto en cuestión; bajo condiciones que podemos controlar para así explicar por qué suceden dichos eventos.

Variable independiente: Imprimación

Variable dependiente: Impermeabilización de base granular con cemento

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

#### **Población**

Para Ñaupas et al. (2018) la población viene a ser el total de unidades a investigar que posee características que requieren ser consideradas como tales. Estas unidades pueden ser vías, personas, objetos y otros, (p.334). Por lo tanto, en esta investigación diseñaremos 90 briquetas en laboratorio que serán nuestra población.

#### **Muestra**

Para Arias (2021) es una cantidad determinada, importante para delimitar la población. Es por ello, la muestra para el estudio son 45 briquetas de suelo cemento para las pruebas en laboratorio, que fueron seleccionadas técnicamente por no presentar fallas en el desmoldado.

#### **Muestreo**

Hernández y Mendoza (2018) la investigación presenta un muestreo no probabilístico, ya que se seleccionarán las muestras con un juicio técnico en lugar de seleccionarlas al azar, y convenientemente para obtener resultados más reales.

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

La técnica de observación fue la que se usó en esta investigación, lo que viene a significar que entre el objeto investigado y el investigador existe una relación, a través de instrumentos de observación. (Ñaupas et al., 2018, p.136).

### **3.5. Procedimientos**

La investigación fue desarrollada en dos etapas, en la primera etapa determinamos las propiedades del terreno natural donde se procedió a la recolección del material granular para poder realizar el trabajo en laboratorio [Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422), Clasificación de suelos, Límites de Atterberg (ASTM D4318), Humedad de suelo y rocas en el laboratorio (ASTM D 2216), Compactación de suelos en laboratorio – Proctor Modificado (ASTM D1557), Corrección de peso unitario y contenido de humedad para

partículas de sobretamaño (ADTM D4718), Densidad, peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C127), Humedecimiento – Secado (ASTM D559), y Compresión (ASTM C39)]. Como parte de la segunda etapa se realizó el diseño de la base estabilizada con material granular y cemento donde variamos dosificación de cemento (2%, 4% y 6%) y también los porcentajes de humedad de compactación (6.8%, 8.8% y 10.8%) siendo 8.8% la humedad óptima según proctor modificado, de las cuales se formaron las briquetas que fueron nuestra muestra de base estabilizada con cemento a las cuales les aplicamos la emulsión asfáltica emulando la imprimación realizada en obra; tras la rotura de briquetas, se procedió a medir con un vernier digital la penetración de la emulsión asfáltica en nuestra base estabilizada; y finalmente realizamos los gráficos y resultados como trabajo de gabinete.

La elaboración se realizó en 5 pasos, los cuales abarcan desde su recolección de los agregados (material granular) hasta los resultados de los ensayos.

#### Primera etapa:

- Recolección de agregados (material granular).
- Ensayos de laboratorio preliminares para conocer características de nuestro material recolectado.

#### Segunda etapa:

- Diseño y vaciado de briquetas muestra de base estabilizada con cemento de acuerdo a las especificaciones planteadas.
- Ensayos de laboratorio.
- Resultados y conclusiones.

### **Análisis granulométrico**

Es usado para poder determinar cuantitativamente la repartición del tamaño de las partículas del suelo, su propósito y alcance incluyen el número del porcentaje de suelo que pasa por un tamiz nº 200. Está normado como: ASTM D 422. El

equipo y los materiales para esta prueba son: 02 básculas, la primera con precisión digital de 0,01 g y la segunda con sensibilidad de 0.1% del peso de la muestra, 01 estufa y los tamices de mallas cuadrículadas.

**Tabla 2.** *Abertura de tamices*

Tamaños nominales de abertura	
mm	ASTM
80	(3")
63	(2 ½")
50	(2")
40	(1 ½")
25	(1")
20	(¾")
12,5	(½")
10	(⅜")
6,3	(¼")
5	(N° 4)
2,5	(N° 8)
2,0	(N° 10)
1,25	(N° 16)
0,630	(N° 30)
0,315	(N° 50)
0,160	(N° 100)
0,080	(N° 200)

**Fuente:** Jeria (2018)



**Figura 3.** Proceso de tamizado en laboratorio

**Fuente:** Propia



*Figura 4.* Proceso de tamizado en laboratorio

Fuente: Propia

### **Ensayo de límite líquido y plástico de los suelos (Límites de Atterberg)**

La norma que sigue a esta prueba es la NTP 339.129: Suelos. Determinación del Límite de Plasticidad (L.P.) e Índice de Plasticidad (I.P.)

El propósito de este ensayo debe estipular el límite de plasticidad de este suelo y calcular el índice de plasticidad si se conoce el límite del mismo suelo. El propósito y la finalidad se fundamentan de la siguiente manera: El límite plástico (L.P.) es el contenido de humedad más bajo en el que se puede formar una adherencia del suelo de aproximadamente 3,2 mm (1/8") de diámetro al rotar el suelo entre una superficie lisa y la palma de la mano.

Este método de ensayo se utiliza como fracción global de distintos sistemas de clasificación técnica para diferenciar las fracciones de suelo de grano fino (anexos de clasificación (SUCS y AASHTO) y para determinar la fracción de partículas de los materiales de construcción (especificación ASTM D1241)). El límite líquido, el límite de plasticidad y el índice de plasticidad del suelo se usan ampliamente tanto solos como en combinación con otras características del suelo para relacionar su comportamiento en la ingeniería, en parámetros como

son la resistencia al corte, la permeabilidad, la compresibilidad, compactación, y la expansión por contracción.

Los plásticos del suelo se pueden usar con el contenido de humedad natural del suelo para desarrollar su liquidez o consistencia relativa, y se pueden usar para determinar el número de actividad en un porcentaje inferior a 2  $\mu\text{m}$ . La norma para esta prueba es la NTP 339.129: Suelos.



Figura 5. Proceso ensayos de límites de consistencia. Fuente: Propia

### Ensayo de Proctor modificado

Es un procedimiento importante para la compactación del suelo y para el control de calidad, con este método se puede determinar la máxima densidad seca de un terreno conforme a su contenido de humedad, éste se desarrolla a una determinada fuerza de compactación.

La compactación de suelos es un apartado muy importante y se encuentra bastante vinculada con la pavimentación de carreteras, caminos, pistas de aeropuertos y vías urbanas. Una prueba de compactación a través del ensayo proctor modificado, vincula la humedad del suelo con su densidad seca, empleando un martillo de 4.54 kilogramos (10 libras) soltado a partir de una altura de 457 milímetros (18 pulgadas), lo cual transmite una energía de compresión de 56 000  $\text{lb-pie}/\text{pie}^3$  o 2 700  $\text{KNm}/\text{m}^3$ . La muestra extraída de campo es compactada en un molde cuyas dimensiones ya se encuentran definidas (ASTM D 1557), con diferentes contenidos de humedad.



Figura 6. Proceso ensayo Proctor. Fuente: Propia



Figura 7. Proceso ensayo Proctor. Fuente: Propia.

## Ensayo relación de soporte C.B.R.

Es un ensayo que se usa normalmente para adquirir el índice de resistencia del suelo en la subrasante, material de base o afirmado, se expresa en porcentaje, es la división de la resistencia a la penetración que se requiere para que un pistón que cuenta con un área de 3 pulg<sup>2</sup>, logre penetrar 0.1 pulg en un suelo; entre 1000 psi que es la resistencia a la penetración de un patrón que es una piedra chancada.

El CBR se expresa como:

$$CBR = \frac{\text{Resistencia a la penetración(psi)requerida para penetrar 0,1 pulg}}{1,000 \text{ lb/pulg}^2} \times 100$$



Figura 8. Proceso ensayo CBR. Fuente: Propia.



Figura 9. Proceso ensayo CBR. Fuente: Propia.

### **Módulo de resiliencia**

El concepto de módulo resiliente siempre está relacionado con procedimientos de carga repetida, los estudios realizados sobre el módulo de elasticidad han observado que, este indicador no es una propiedad repetitiva del material, sino que depende de varios factores, entre ellos: número de sometimientos a la aplicación del esfuerzo, tixotropía, magnitud del esfuerzo desviador, procedimiento de compresión y condiciones de compactación.

### **Ensayo de contenido de humedad**

El propósito de este experimento fue establecer el contenido de humedad de la muestra de suelo. El objetivo principal de esta prueba es estipular el porcentaje de agua contenida en la masa de suelo. La norma de este es: ASTM D 2216.

Los materiales y equipos utilizados son: equipo para manipulación de platos, cuchillos, espátulas, cucharas, trapo, 01 horno de secado, 02 báscula, una de sensibilidad 0,01 g y otra de sensibilidad 0,1 g, recipientes de acero y 01 secador.

Se utiliza una mínima cantidad de muestra de material húmedo que sea representativa de toda la muestra. En el caso de que la muestra tenga un peso menor de 200 gr. es inapropiado permitir que sean parte de la muestra del ensayo, el material eliminado será mencionado en el informe de resultados.

El peso mínimo de estas muestras, que consisten en piedra entera, es de 500 g. Las porciones de muestra típicas pueden ser divididas en partículas más reducidas según el tamaño de la muestra, el recipiente y los pesos utilizados, y hasta un peso constante para facilitar el secado.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para la siguiente fase, la investigación obtenida de ensayos será empleada para evaluar y analizar el comportamiento de la efectividad de la imprimación asfáltica para la impermeabilización de bases estabilizadas con cemento, para lo cual es necesario los cálculos correspondientes del diseño. Los cálculos y valores obtenidos serán plasmados en las hojas de cálculo de Excel.

### **3.7. Aspectos éticos**

Hernández y Mendoza (2018) menciona que la ética es la investigación de la moral. De los resultados obtenido en laboratorio, solo serán tomados los valores positivos, sin la modificación o cambio alguno de información. Para validar los datos plasmados en la ficha, estará bajo la supervisión de un profesional responsable, (p.687). Además, la presente investigación e basa en el método científico en su desarrollo, teniendo en cuenta principios éticos e información relevante y relacionada, todo ello con el apoyo de normas y lineamientos como la ISO 690, Manual de Citas y Referencias.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Descripción de la zona de estudio

#### Ubicación del proyecto

Nuestra actual investigación se llevó a cabo en la vía que une el Centro Poblado de Los Ángeles con el Centro Poblado de Yacango, en la ciudad de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua



Figura 10. Ubicación del proyecto. Fuente: Internet.

## **Límites**

Norte : con el distrito de Omate.

Sur : con el distrito de Samegua.

Este : con el distrito de Torata y centro poblado de Yacango.

Oeste : con el centro poblado de Los Ángeles.

## **Ubicación geográfica**

La vía en la cual se lleva a cabo la investigación se encuentra conectando los centros poblados de Yacango y Los Ángeles, ubicados en el distrito de Moquegua cuyas coordenadas geográficas vienen a ser: Latitud Sur  $17^{\circ} 11' 43''$  Longitud Oeste  $70^{\circ} 56' 14''$ , y cuenta con un área de 3,948 km<sup>2</sup> aproximadamente con una altitud promedio de 1417 m.s.n.m.

## **Clima**

En la ciudad de Moquegua el clima es templado, desértico y con amplitud térmica variable, pero tiende más a ser caluroso. La temperatura oscila entre los 10°C hasta los 30°C, asimismo mantiene una temperatura promedio anual de 15.6°C.

### **4.2. Descripción de los procesos**

#### **Cantera Maron**

Escogimos la cantera Maron porque ellos cuentan con el tipo de material más adecuado para el diseño de nuestras briquetas muestra de bases estabilizadas con cemento para poder desarrollar nuestra tesis.



*Figura 11.* Visita a Cantera Maron y extracción de material. Fuente: Propia.



*Figura 12.* Visita a Cantera Maron y extracción de material. Fuente: Propia.

## Trabajos realizados en Laboratorio de suelos

Una vez trasladado el material necesario para el laboratorio de suelos, se procedió a realizar el respectivo secado de material, para posteriormente pasar a la fase experimental que consiste en los ensayos de laboratorio, el análisis granulométrico por tamizado, Límite Atterberg, Proctor Modificado, CBR, Diseño y modelado de briquetas muestra de bases estabilizadas con cemento.



*Figura 13.* Secado del material en laboratorio de suelos. Fuente: Propia.



Figura 14. Tamizado del material para el análisis granulométrico. Fuente: Propia.



Figura 15. Ensayo de Límites de Atterberg. Fuente: Propia.



Figura 16. Ensayo de Proctor y CBR. Fuente: Propia.

Continuando con los trabajos en el laboratorio de suelos, una vez que se obtuvo todos los resultados necesarios, se procedió a realizar el diseño de las bases estabilizadas con cemento de acuerdo a los parámetros establecidos, en los cuáles variamos el porcentaje de cemento, el porcentaje de humedad y la temperatura de la bases estabilizadas con cemento a la cuales se aplicó la emulsión asfáltica de rotura lenta con el fin de establecer a qué temperatura de impermeabilización se logra una mejor penetración de imprimación asfáltica.



Figura 17. Dosificación de suelo para preparación de suelo cemento.  
Fuente: Propia.

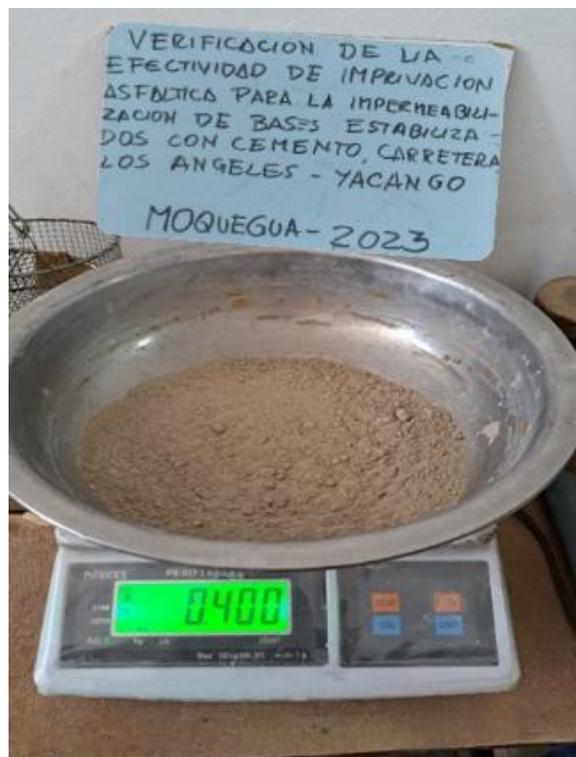


Figura 18. Dosificación de cemento para preparación de suelo cemento.  
Fuente: Propia.



Figura 19. Preparación de suelo cemento. Fuente: Propia.



Figura 20. Preparación de suelo cemento. Fuente: Propia.



*Figura 21.* Vaciado de briquetas de suelo cemento en los moldes. Fuente: Propia.

Una vez realizado el procedimiento de vaciado de briquetas en los moldes, tuvimos que dejarlas durante 24 horas en los moldes, para posteriormente desmoldarlas y hacer el respectivo curado dentro de bolsas herméticas sellándolas para no perder humedad debido a que nos encontramos en una ciudad con un clima cálido. El curado y humedecimiento de las muestras se realizó periódicamente tres veces al día durante los 7 días posteriores al desmoldado.



*Figura 22.* Proceso de fraguado y curado de briquetas. Fuente: Propia.

Para el caso de estimación de la temperatura de la base estabilizada con cemento, se procedió a tomar medidas in situ en la trocha carrozable Los Ángeles – Yacango, se tomó temperaturas en diferentes horas del día en la base granular que van desde los 14 °C en las primeras horas de la mañana hasta los 27°C en horas del mediodía donde la temperatura alcanza los puntos máximos, es por eso que, decidimos tomar, para nuestra investigación, las temperaturas de base granular estabilizada con cemento a 15°C y 25°C.



*Figura 23.* Toma de temperatura in situ en vía de intervención.

Fuente: Propia.



*Figura 24.* Toma de temperatura in situ en vía de intervención.

Fuente: Propia.

Al séptimo día se expuso las briquetas al sol, y al octavo día se procedió a humedecerlas tres horas antes de realizar la imprimación con la emulsión asfáltica, para que las briquetas puedan llegar a las temperaturas de 15°C y 25°C, la imprimación asfáltica que utilizamos es de rotura lenta y se elevó su temperatura hasta los 60°C con el fin de lograr una mayor penetración en las briquetas, la tasa de aplicación que se usó está comprendida en los rangos de la norma, los cuales van entre 0,7 l/m<sup>2</sup> y 1,5 l/m<sup>2</sup>; debido a que nuestras bases se estabilizaron con cemento, se decidió usar una tasa de riego de imprimación de 1,5 l/m<sup>2</sup>.



*Figura 25.* Proceso de incremento de temperatura de la emulsión asfáltica para la aplicación en las briquetas. Fuente: Propia.



Figura 26. Temperatura alcanzada de 60°C para la aplicación de las briquetas. Fuente: Propia.



Figura 27. Aplicación de la imprimación asfáltica en las briquetas de suelo cemento. Fuente: Propia.

Se procedió a romper las briquetas de bases estabilizadas 24 horas después de haberse aplicado la imprimación asfáltica, buscando medir los resultados sin alteraciones, se procedió a realizar un corte longitudinal de las muestras. Finalmente, con un vernier se tomó las medidas de la penetración de imprimación asfáltica en cada una de las muestras, obteniendo 4 medidas para poder sacar un promedio real de la penetración de imprimación en la impermeabilización de bases estabilizadas con cemento.



*Figura 28.* Proceso de rotura vertical de las briquetas para análisis de penetración. Fuente: Propia.



*Figura 29.* Rotura típica de briquetas para su óptima medición.  
Fuente: Propia.



*Figura 30.* Medición de la penetración de imprimación asfáltica en la briqueta de suelo cemento. Fuente: Propia.



*Figura 31.* Medición de la penetración de imprimación asfáltica en la briqueta de suelo cemento. Fuente: Propia.

Complementariamente a estos ensayos realizados, se sometió algunas briquetas a ensayos de humedecimiento y secado, este ensayo nos permitió analizar la respuesta de este tipo de suelos estabilizados con cemento, ante las condiciones ambientales a las que se vio afectado en su puesta en campo, los ensayos de humedecimiento y secado se desarrollaron de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales de Materiales (MTC E 1104: Humedecimiento y secado de mezclas de suelo-cemento compactadas) y la norma ASTM D559. Se usó dos (2) muestras de suelo cemento por cada porcentaje de cemento diseñado, de los cuales el primero se usó para el análisis de uso de cambio volumétrico y el segundo para el cepillado y para poder definir el efecto de las condiciones de curado iniciales con la evolución en los ciclos de humedecimiento y secado.

Finalizado el tiempo de curado, se inició el primer ciclo saturando las muestras por 5 horas, después se procedió a tomar las medidas de las muestras (altura, diámetro y peso). Posterior a las mediciones, las muestras fueron llevadas al horno con una temperatura de 71°C durante 42 horas. A las muestras número dos se les dio veinte cepilladas en cada una de sus aristas en sentido del eje axial y cuatro cepilladas en la parte superior e inferior antes de medirlas. Después las muestras se sumergieron nuevamente iniciando así un nuevo ciclo y según la norma se tiene que completar hasta el ciclo número 12.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) propone el ensayo de humedecimiento – secado como ensayo de control, para garantizar que la pérdida de peso en las probetas ensayadas no sobrepase los siguientes límites.

**Tabla 3.** *Requerimientos de durabilidad en ensayo de Humedecimiento – secado*

Suelo a estabilizar (AASHTO)	Pérdida Máximo (%=)
A-1, A-2-4, A-2-5, A3	14
A-2-6, A-2-7, A-4, A-5	10
A-6, A-7	7

Fuente: MTC.



Figura 32. Saturación de las muestras. Fuente: Propia.



Figura 33. Muestras puestas al horno a 71°C. Fuente: Propia.



Figura 34. Toma de medidas: peso, altura y diámetro. Fuente: Propia.



Figura 35. Cepillado y limpieza de restos con brocha de las briquetas. Fuente: Propia.



*Figura 36.* Toma de medidas de las briquetas después del cepillado.  
Fuente: Propia.



*Figura 37.* Toma de medidas de las muestras después del cepillado y después de la saturación. Fuente: Propia.

**Tabla 4. Resultados de la prueba de durabilidad (Humedecimiento-Secado).**

<b>ENSAYO DE HUMEDECIMIENTO - SECADO</b>			
(ASTM D-559, AASHTO T-135)			

<b>Humedad óptima de diseño</b>	10.80%	<b>Humedad lograda</b>	9.28%
<b>Peso unitario máximo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	0.87	<b>Peso unitario logrado (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	0.68
<b>Humedad</b>	1.52%	<b>Peso unitario (kg/cm<sup>3</sup>)</b>	0.00068
<b>Contenido de cemento de diseño</b>	2%	<b>Contenido de cemento obtenido</b>	2%
<b>Máximo cambio de volumen</b>	0.18	<b>Contenido máximo de humedad</b>	1.52%
<b>Pérdida del suelo-cemento</b>	10.04%		

Briqueta - 01 (2% de cemento )	Masa Saturada luego de la inmersión (gr)	Peso seco inicial (gr)	Humedad (%)	Masa seca luego del cepillado (gr)	Pérdidas
<b>Ciclo 1</b>	3117	2922.00	10.80	2862	5.51%
<b>Ciclo 2</b>	3061	2844.00	10.18	2841	0.73%
<b>Ciclo 3</b>	3049	2794.00	10.91	2817	0.84%
<b>Ciclo 4</b>	3018	2758.00	10.28	2799	0.64%
<b>Ciclo 5</b>	3014	2716.00	11.10	2785	0.50%
<b>Ciclo 6</b>	2980	2687.00	10.00	2773	0.43%
<b>Ciclo 7</b>	2981	2657.00	10.93	2763	0.36%
<b>Ciclo 8</b>	2949	2632.00	9.69	2754	0.33%
<b>Ciclo 9</b>	2938	2596.00	9.59	2748	0.22%
<b>Ciclo 10</b>	2931	2555.00	9.49	2744	0.15%
<b>Ciclo 11</b>	2924	2510.00	9.38	2739	0.18%
<b>Ciclo 12</b>	2918	2460.00	9.28	2735	0.15%
		<b>Total</b>			10.04%

Fuente: Elaboración propia (Laboratorio).

**Tabla 5. Resultados de la prueba de durabilidad (Humedecimiento-Secado).**

<b>ENSAYO DE HUMEDECIMIENTO - SECADO</b> (ASTM D-559, AASHTO T-135)			
--	--	--	--

<b>Humedad óptima de diseño</b>	8.80%	<b>Humedad lograda</b>	7.36%
<b>Peso unitario máximo (gr/cm3)</b>	0.83	<b>Peso unitario logrado (gr/cm3)</b>	0.73
<b>Humedad</b>	1.44%	<b>Peso unitario (kg/cm3)</b>	0.00073
<b>Contenido de cemento de diseño</b>	4%	<b>Contenido de cemento obtenido</b>	4%
<b>Máximo cambio de volumen</b>	0.10	<b>Contenido máximo de humedad</b>	1.44%
<b>Pérdida del suelo-cemento</b>	6.60%		

<b>Briqueta - 01 (4% de cemento )</b>	<b>Masa Saturada luego de la inmersión (gr)</b>	<b>Peso seco inicial (gr)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Masa seca luego del cepillado (gr)</b>	<b>Pérdidas</b>
<b>Ciclo 1</b>	3016	2821.00	8.80	2761	2.13%
<b>Ciclo 2</b>	2960	2780.50	8.18	2740	0.76%
<b>Ciclo 3</b>	2948	2757.90	8.91	2723	0.62%
<b>Ciclo 4</b>	2917	2739.60	8.29	2705	0.66%
<b>Ciclo 5</b>	2913	2722.80	9.11	2691	0.52%
<b>Ciclo 6</b>	2879	2708.00	8.08	2679	0.45%
<b>Ciclo 7</b>	2880	2695.30	9.01	2669	0.37%
<b>Ciclo 8</b>	2848	2684.50	7.77	2660	0.34%
<b>Ciclo 9</b>	2837	2676.40	7.67	2654	0.23%
<b>Ciclo 10</b>	2830	2671.50	7.57	2650	0.15%
<b>Ciclo 11</b>	2823	2667.10	7.46	2645	0.19%
<b>Ciclo 12</b>	2817	2662.60	7.36	2640	0.19%
		<b>Total</b>			<b>6.60%</b>

Fuente: Elaboración propia (Laboratorio).

**Tabla 6.** Resultados de la prueba de durabilidad (Humedecimiento-Secado).

<b>ENSAYO DE HUMEDECIMIENTO - SECADO</b>			
(ASTM D-559, AASHTO T-135)			

<b>Humedad óptima de diseño</b>	6.80%	<b>Humedad lograda</b>	4.79%
<b>Peso unitario máximo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	0.90	<b>Peso unitario logrado (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	0.80
<b>Humedad</b>	2.01%	<b>Peso unitario (kg/cm<sup>3</sup>)</b>	0.00080
<b>Contenido de cemento de diseño</b>	6%	<b>Contenido de cemento obtenido</b>	6%
<b>Máximo cambio de volumen</b>	0.10	<b>Contenido máximo de humedad</b>	2.01%
<b>Pérdida del suelo-cemento</b>	5.43%		

Briqueta - 01 (6% de cemento)	Masa Saturada luego de la inmersión (gr)	Peso seco inicial (gr)	Humedad (%)	Masa seca luego del cepillado (gr)	Pérdidas
<b>Ciclo 1</b>	3269	3074	6.8	3046	0.91%
<b>Ciclo 2</b>	3214	3033	6.19	3028	0.59%
<b>Ciclo 3</b>	3203	3010	6.89	3012	0.53%
<b>Ciclo 4</b>	3173	2992	6.3	2998	0.46%
<b>Ciclo 5</b>	3170	2975	7.16	2955	1.43%
<b>Ciclo 6</b>	3135	2960	5.86	2943	0.41%
<b>Ciclo 7</b>	3136.0	2947	6.77	2933	0.34%
<b>Ciclo 8</b>	3103.0	2936	5.5	2924	0.31%
<b>Ciclo 9</b>	3092.0	2928	5.4	2919	0.17%
<b>Ciclo 10</b>	3085.0	2924	5.2	2917	0.07%
<b>Ciclo 11</b>	3077.0	2919	5.09	2912	0.17%
<b>Ciclo 12</b>	3070.0	2915	4.79	2911	0.03%
		<b>Total</b>			5.43%

Fuente: Elaboración propia (Laboratorio).

**Tabla 7. Resultados de ensayo de compresión ASTM C 39 realizada en laboratorio de suelos.**

N°	DESCRIPCION		FECHA		EDAD DIAS	DIAM PROM. (cm)	PESO PROB. (kg)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (KN)	CARGA MAXIMA (Kgf)	COMPRESION f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	COMPRESION f <sub>c</sub> (MPA)	TIPO DE FALLA
	CÓD.	ESTRUCTURA	VACIADO	ENSAYO									
1	M1-SC2	DISEÑO SUELO CEMENTO 2%, CON CEMENTO PORTLAND TIPO IP	29/12/2022	05/01/2023	7	10.02	2.963	78.8	12.64	1289	16.3	2	3
2	M2-SC4	DISEÑO SUELO CEMENTO 4%, CON CEMENTO PORTLAND TIPO IP	30/12/2022	06/01/2023	7	10.06	3.187	79.4	22.59	2304	29.0	3	3
3	M3-SC6	DISEÑO SUELO CEMENTO 6%, CON CEMENTO PORTLAND TIPO IP	31/12/2022	07/01/2023	7	10.10	2.993	80.1	26.52	2704	33.8	3	3

Fuente: Elaboración propia (Laboratorio).

### 4.3. Característica del material granular

Tabla 8. Análisis Granulométrico por tamizado

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
MALLA (pulg.)	MALLA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
12"	300.000	0	0.00	0.00	100.00
8 "	200.000	0	0.00	0.00	100.00
6 "	150.000	0	0.00	0.00	100.00
5"	125.100	0	0.00	0.00	100.00
4 "	101.600	0	0.00	0.00	100.00
3 "	75.000	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0	0.00	0.00	100.00
2 "	50.800	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	38.100	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	534	9.66	9.66	90.34
3/4"	19.000	284	5.14	14.80	85.20
1/2"	12.500	432	7.82	22.62	77.38
3/8"	9.500	150	2.71	25.33	74.67
1/4"	6.350	114	2.06	27.40	72.60
Nº 4	4.750	652	11.80	39.20	60.80
Nº 010	2.000	895	16.19	55.39	44.61
Nº 020	0.840	712	12.89	68.28	31.72
Nº 030	0.590	385	6.97	75.25	24.75
Nº 040	0.425	263	4.75	80.00	20.00
Nº 100	0.150	572	10.36	90.36	9.64
Nº 200	0.075	232	4.19	94.55	5.45
Fondo		5526	100.00	194.55	

Fuente: Elaboración propia (Laboratorio).

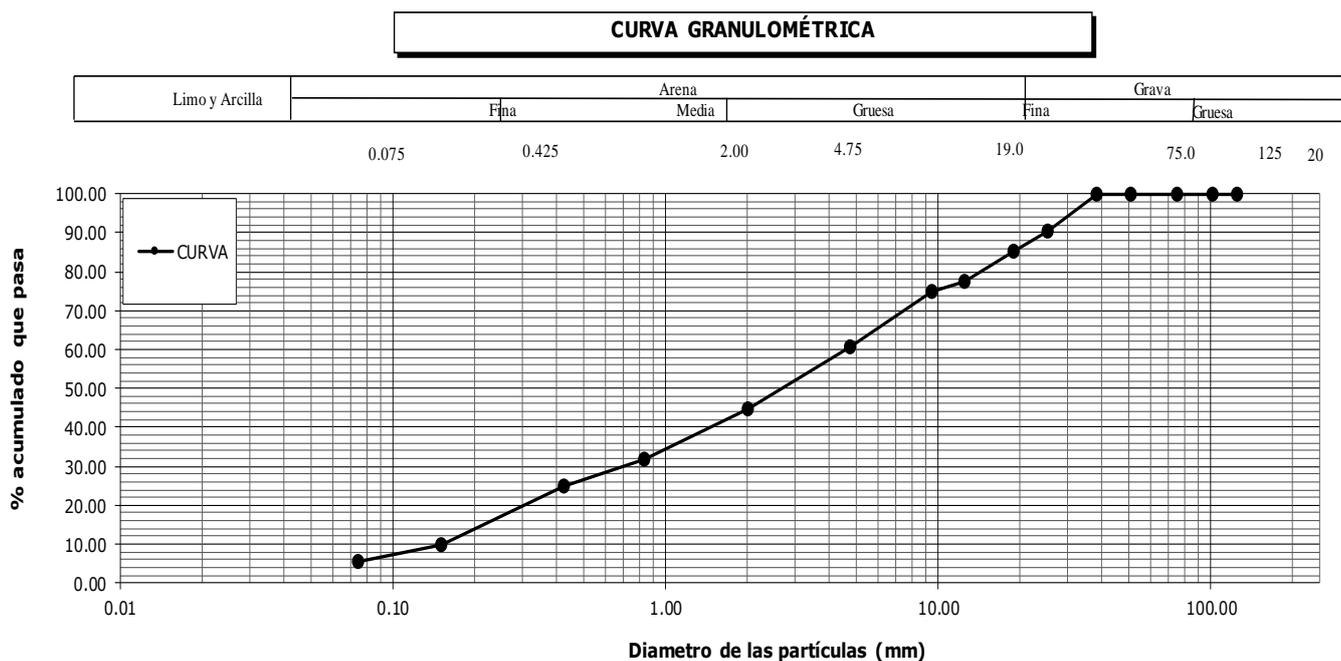


Figura 38. Curva granulométrica. Fuente: Propia (Laboratorio).

Tabla 9. Clasificación de la muestra

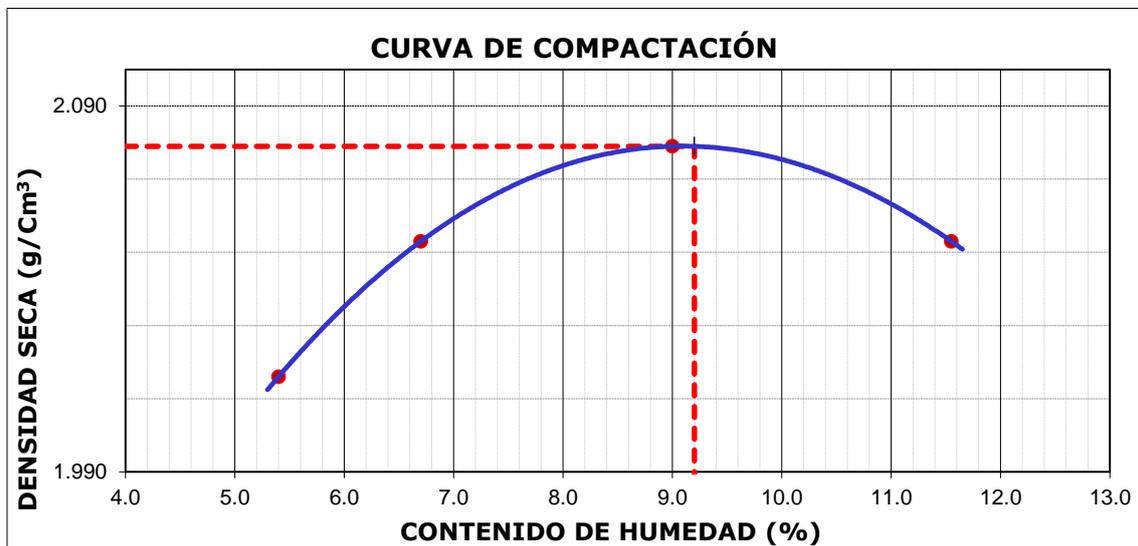
Descripción de la Muestra		
<i>Muestra</i>		
%ARENA	60.6	%
%PIEDRA	39.4	%
<i>Limites</i>		
Limite liquido:		NP
limite plástico:		NP
Índice de plasticidad:		NP
<i>Coefficientes</i>		
Coefficientes de uniformidad (Cu):		29.03
Coefficientes de curvatura (Cc):		0.87
<i>Clasificación</i>		
Clasificación SUCS:		SP-SM
Clasificación AASHTO:		A-1-a(0)

Fuente: Elaboración propia (Laboratorio).

**Tabla 10.** Resultado del ensayo de Proctor modificado.

<b>Tipo de Molde</b>	<b>: 6 Pulgadas</b>				
<b>Metodo</b>	<b>: C</b>				
Peso suelto + molde	g	11130	11272	11433	11482
Peso molde	g	6620	6620	6620	6620
Peso suelto humedo compactado	g	45.1	4652	4813	4862
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2123	2123	2123	2123
Densidad humeda	g/cm <sup>3</sup>	2.124	2.191	2.267	2.290
<b>Recipiente N°</b>		1	2	3	4
Peso del suelo humedo + tara	g	501.80	508.50	519.20	534.40
Peso del suelo seco + tara	g	483.70	483.30	488.10	484.10
Tara	g	146.80	108.40	143.60	48.60
Peso de agua	g	18.10	25.20	31.10	50.30
Peso del suelo seco	g	336.90	374.90	344.50	435.50
Contenido de agua	%	5.37	6.72	9.03	11.55
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	2.016	2.053	2.079	2.053

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).



**Figura 39.** Relación humedad (%) - densidad (g/cm<sup>3</sup>)

Fuente: Propia. (Laboratorio).

Obteniendo los siguientes valores:

Densidad Máxima (g/cm<sup>3</sup>) = 2.079

Humedad Optima (%) = 9.2

**Tabla 11.** Resultado del ensayo de CBR.

N° Golpes	12	25	56
Volumen de molde	3272.0	3285.0	3290.0
Peso de molde + suelo	10730.0	11493.0	12415.0
Peso de molde + suelo	4103.0	4482.0	4946.0
Peso de suelo compactado	6627.0	7011.0	7469.0
Densidad húmeda	2.025	2.134	2.270

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**Tabla 12.** Determinación del contenido de humedad.

Determinación del contenido de humedad						
Recipiente N°						
Peso suelo húmedo		142.60		128.50		128.10
Peso de suelo seco		132.80		119.08		118.82
Peso de tara		26.30		15.60		17.90
Peso de agua		9.80		9.42		9.28
Peso de suelo seco		106.50		103.48		100.92
Contenido de humedad		9.20		9.10		9.20

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**Tabla 13.** Determinación de la densidad seca.

Determinación de la densidad seca							
Densidad seca		1.855		1.956		2.079	
EXPANSION							
	Tiempo	Lectura directa	Expans. Cm	Lectura directa	Expans. Cm	Lectura directa	Expans. Cm
	0.0 h	0	0.000	0	0.000	0	0.000
	72 h	1	0.001	2	0.002	2	0.002
% EXPANSION	0.01						
			% humedad moldeo prom.			9.2	

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**Tabla 14.** Penetración según el número de golpes.

Penetración		<i>penetración pulg</i>		<i>psi</i>	<i>psi</i>	<i>psi</i>
		0.000		-	-	-
		0.025		35	30	138
		0.050		71	138	302
		0.075		177	309	488
		0.100		318	475	695
		0.125		459	632	880
		0.150		601	782	1083
		0.200		848	1131	1422
		0.300		1343	1767	2060
		0.400		1696	2167	2622
		0.500		1908	2402	2939
				12golp.	25golp.	56golp.

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**Tabla 15.** Relación CBR – Densidad.

Número de Golpes	CBR 0.2"	CBR 0.1"	Densidad g/cm3
12 GOLPES	56.500	31.8	1.855
25 GOLPES	75.400	47.5	1.956
55 GOLPES	94.800	69.5	2.079
Grado de Compactación	CBR%	CBR%	Densidad g/cm3
95%	79.0	50.9	1.975
100%	94.8	69.5	2.079

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

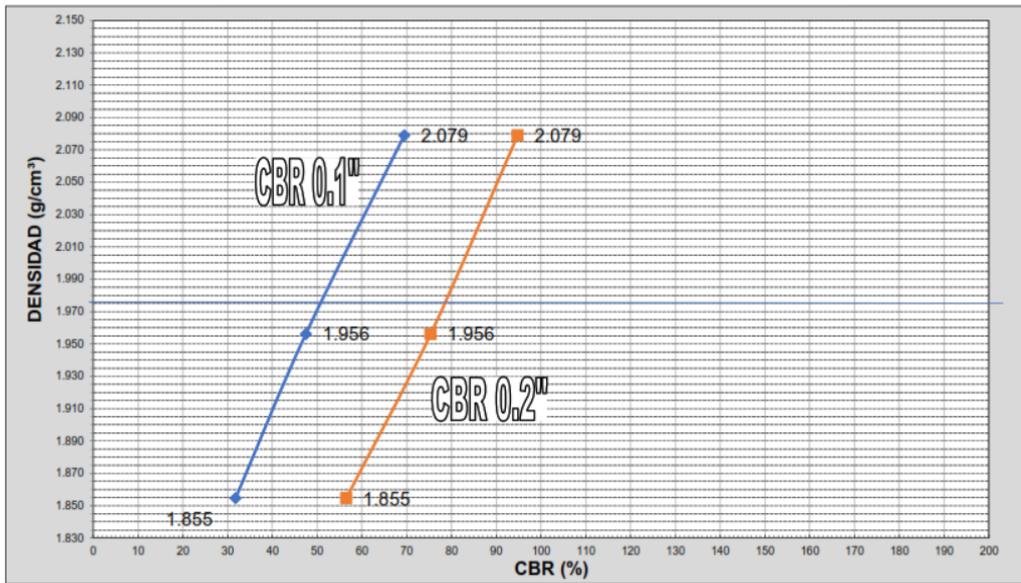


Figura 40. Relación CBR – Densidad Fuente. Propia. (Laboratorio).

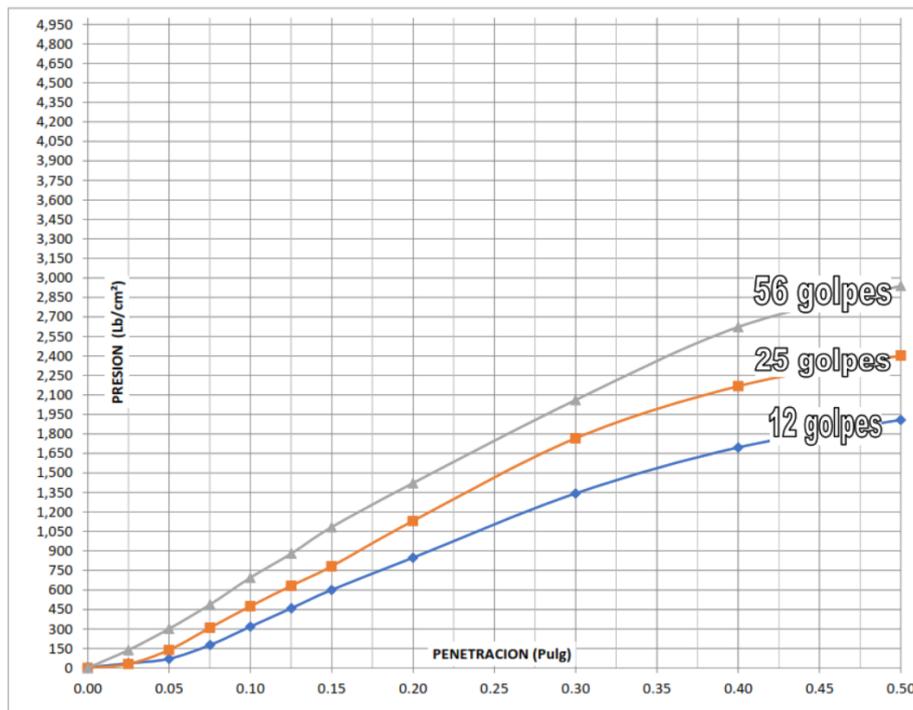


Figura 41. Relación Penetración (pulg) – Presión (Lb/cm<sup>2</sup>).  
Fuente: Propia. (Laboratorio).

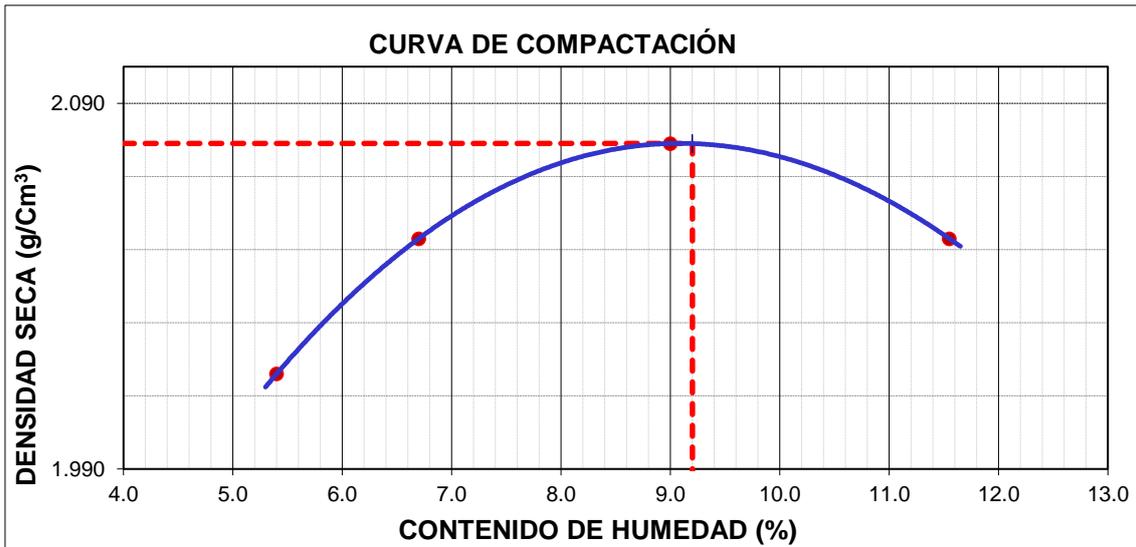


Figura 42. Proctor Modificado (ASTM D1557). Fuente: Propia. (Laboratorio).

Tabla 16. Proctor Modificado (ASTM D1557)

Datos Obtenidos	
<i>Densidad Máxima (G/Cm3)</i>	
2.079	
<i>Humedad Óptima %</i>	
9.2	
<b>Corregido Densidad Máxima (G/Cm3)</b>	
2.13	
<b>Humedad Óptima %</b>	
8.8	
<b>Datos De La Granulometría</b>	
Material > N° 4 :	39.2
Material Fino < N° 4:	60.8

Fuente: Elaboración propia (Laboratorio).

**Tabla 17.** Corrección de peso unitario y contenido de humedad para partículas de sobretamaño (ASTM D4718)

Corrección				
Item	Ensayo	N°	1	
P <sub>C</sub>	Fracción de Sobretamaño > 3/4 "		14.8	
P <sub>F</sub>	Fracción Fina < "	%	85.2	
W <sub>C</sub>	Contenido de Humedad de la Fracción de Sobretamaño	%	6.5	
G <sub>M</sub>	Gravedad Específica del Agregado Grueso	g	2.482	
W <sub>F</sub>	Óptimo Contenido de Humedad de la Fracción Fina	%	9.20	
δ <sub>f</sub>	Máxima Densidad Seca de la Fracción Fina	g/cm <sup>3</sup>	2.079	
δ <sub>w</sub>	Peso Específico del Agua	g/cm <sup>3</sup>	1.000	
C <sub>w</sub>	Óptimo Contenido de Humedad Corregido (W <sub>f</sub> P <sub>f</sub> +W <sub>c</sub> P <sub>c</sub> )/100	%	8.8	
I	Peso (δ <sub>f</sub> G <sub>f</sub> δ <sub>w</sub> )	g	5.16	
J	Volúmen (δ <sub>f</sub> P <sub>c</sub> + G <sub>m</sub> δ <sub>w</sub> P <sub>f</sub> )	cm <sup>3</sup>	242.23	
CδD	Máxima Densidad Seca Corregida (( I / J ) x 100)	g/cm <sup>3</sup>	2.130	
Máxima Densidad Seca Corregida: 2.130 g/cm <sup>3</sup>			Contenido de Humedad Corregido: 8.8	%

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

Resultados Obtenidos		
Peso específico bulk (base seca)	2.526	<i>especificaciones</i>
Peso específico bulk (base saturada)	2.482	
Peso específico aparente (base seca)	2.453	
Absorción (%)	1.200	
<b>FORMULAS DE CÁLCULO</b> (según ASTM C127)	Peso Específico Bulk (Base Seca)	( D / ( A - B ) )
	Peso Específico Bulk (Base Saturada)	( A / ( A - B ) )
	Peso Específico Aparente (Base Seca)	( D / ( C - ( A - D ) ) )
	Absorción (%)	(( A - D ) / D * 100)

**Figura 43.** Densidad, peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C127). Fuente: Propia. (Laboratorio).

**Objetivo Específico 1: Evaluar la influencia del contenido de cemento usado en la estabilización del suelo en relación con la penetración de la imprimación asfáltica.**

Para poder realizar la validación de este objetivo se tomó valores puntuales, tal como son la variación del porcentaje de cemento para la mezcla de suelo cemento. Esos valores fueron:

- Dosificación de cemento en el S/C : 2% Cemento
- Dosificación de cemento en el S/C : 4% Cemento
- Dosificación de cemento en el S/C : 6% Cemento

**2% = CEMENTO – HUMEDAD = OPTIMA (8.8%)**

**Tabla 18.** Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 2 % y para 1 m3.

<b>Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)</b>		
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>unidad</b>
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	190.7	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	2125.0	kg
<b>Dosificación para 1m3</b>		
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>unidad</b>
Cemento tipo IP	37.2	kg
Agua	167.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**2% = CEMENTO – HUMEDAD = -2% DE OPTIMA (6.8%)**

**Tabla 19.** Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 2 % y para 1 m3.

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	147.4	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	2125.0	kg
Dosificación para 1m3		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	37.2	kg
Agua	129.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**2% = CEMENTO – HUMEDAD = +2% DE OPTIMA (10.8%)**

**Tabla 20.** Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 2 % y para 1 m3.

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	234.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	2125.0	kg
Dosificación para 1m3		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	37.2	kg
Agua	205.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**4% = CEMENTO – HUMEDAD = ÓPTIMA (8.8%)**

**Tabla 21.** Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 4 % y para 1 m3.

<b>Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)</b>		
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>unidad</b>
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	97.2	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1062.5	kg
<b>Dosificación para 1m3</b>		
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>unidad</b>
Cemento tipo IP	74.5	kg
Agua	170.4	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**4% = CEMENTO – HUMEDAD = -2% DE ÓPTIMA (6.8%)**

**Tabla 22.** Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 4 % y para 1 m3.

<b>Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)</b>		
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>unidad</b>
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	75.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1062.5	kg
<b>Dosificación para 1m3</b>		
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>unidad</b>
Cemento tipo IP	74.5	kg
Agua	131.7	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**4% = CEMENTO – HUMEDAD = +2% DE ÓPTIMA (10.8%)**

**Tabla 23.** Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 4 % y para 1 m3.

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	119.3	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1062.5	kg
Dosificación para 1m3		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	74.5	kg
Agua	209.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**6% = CEMENTO – HUMEDAD = ÓPTIMA (8.8%)**

**Tabla 24.** Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 6 % y para 1 m3.

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	66.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	708.3	kg
Dosificación para 1m3		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	111.7	kg
Agua	173.8	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**6% = CEMENTO – HUMEDAD = -2% DE ÓPTIMA (6.8%)**

**Tabla 25.** Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 6 % y para 1 m3.

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	51.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	708.3	kg
Dosificación para 1m3		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	111.7	kg
Agua	134.3	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**6% = CEMENTO – HUMEDAD = +2% DE ÓPTIMA (10.8%)**

**Tabla 26.** Diseño – Base estabilizada de suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 6 % y para 1 m3.

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	81.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	708.3	kg
Dosificación para 1m3		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	111.7	kg
Agua	213.2	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**Fuente:** Elaboración propia (Laboratorio).

**Objetivo Específico 2: Evaluar la influencia de la humedad de la base estabilizada en relación con la penetración de la imprimación asfáltica.**

Para que podamos determinar las condiciones de humedad de las muestras se trabajó con la humedad óptima de compactación del suelo cemento como primer parámetro, como segundo y tercer parámetro +2 y -2 puntos sobre y debajo de la humedad óptima respectivamente.

Se diseñó con diferentes proporciones según el porcentaje de cemento 2%, 4% y 6% de relación S/C, asimismo con diferentes porcentajes de agua según el porcentaje óptimo que se obtuvo por ensayo de proctor modificado, que es de 8.8%. Por lo tanto, las humedades a trabajar serían:

- Humedad óptima – 2 : 6.8%
- Humedad óptima : 8.8%
- Humedad óptima +2 : 10.8%

Estas humedades serán las variables que se usarán en las diferentes proporciones de suelo cemento (2%, 4% y 6%).



Figura 44. Control de agua (%humedad) en el diseño de suelo cemento.

Fuente: Propia.

**Objetivo Específico 3: Evaluar la influencia de la temperatura de la base granular en la estabilización del suelo en relación con la penetración de la imprimación asfáltica.**

Para poder evaluar la influencia de la temperatura de la base granular en la estabilización del suelo en relación con la penetración de la imprimación asfáltica, se tomó medidas de temperatura a diferentes horas del día en la vía Los Ángeles – Yacango, después de conocer las temperaturas más críticas, se eligió trabajar con dos valores diferenciados, los cuales fueron 15°C y 25°C respectivamente. Para replicar las temperaturas de la base estabilizada en las briquetas de suelo cemento, tres horas antes de aplicar la imprimación se humedecieron las muestras y las expusimos al sol hasta que llegaron a las temperaturas indicadas, una vez que llegaron a 15°C y 25°C se procedió a aplicar la imprimación asfáltica a las muestras a ensayar de los diseños de suelo cemento con sus dosificaciones de cemento (2%, 4% y 6%) y en las diferentes humedades (6.8%, 8.8% y 10%).



*Figura 45.* Proceso de toma de temperatura in situ. Fuente: Propia.



Figura 46. Proceso de toma de temperatura in situ. Fuente: Propia.

#### 4.4. Resultados de la penetración de imprimación asfáltica

A continuación, presentaremos los gráficos obtenidos con los datos de laboratorio, graficados con un histograma entre la Penetración (mm) y el Contenido de Humedad (%) que se lograron alcanzar con la imprimación asfáltica los suelos estabilizados con cemento teniendo como muestras BSC (briquetas de suelo cemento).

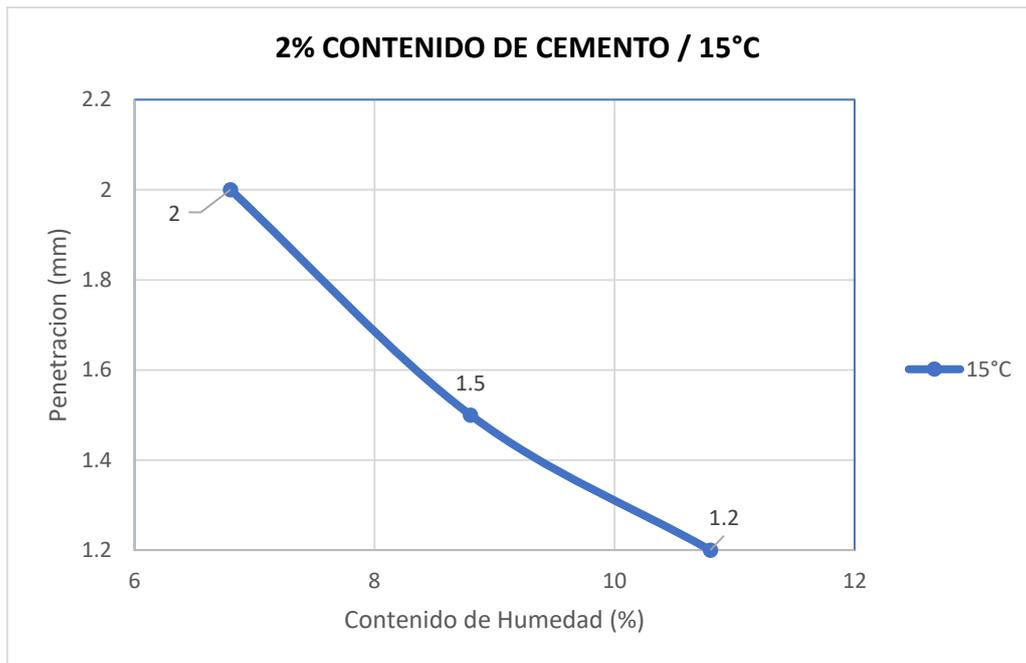
A continuación, se muestran los resultados.

**Tabla 27. Penetración según Humedad** **Tabla 28. Penetración según Humedad**

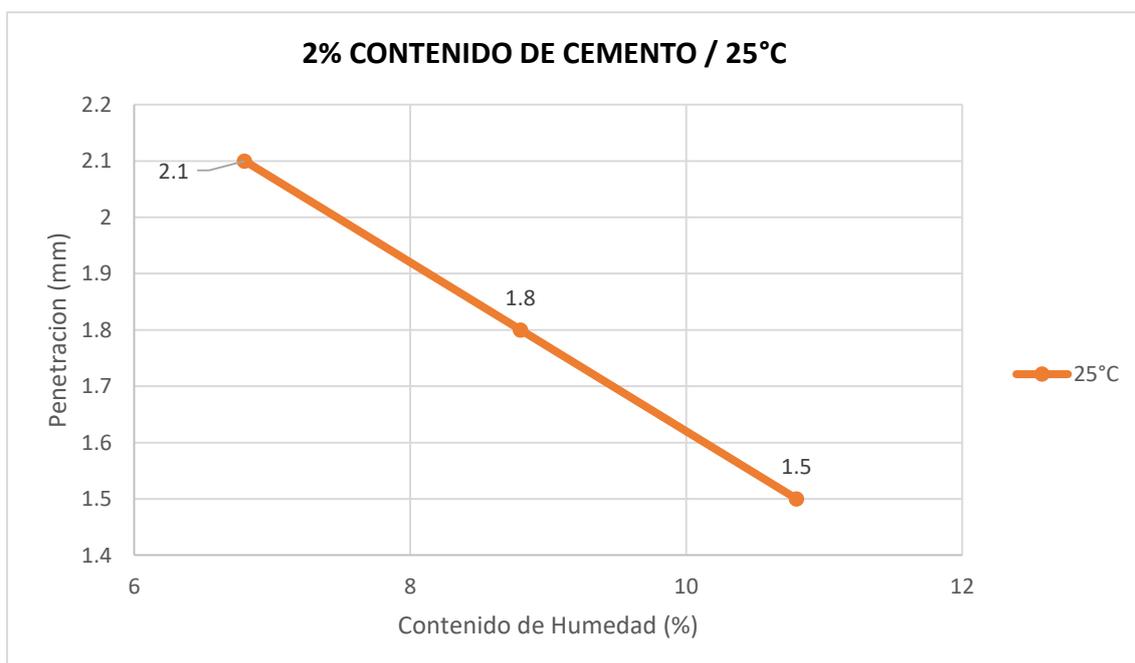
2% Contenido de Cemento			
Temperatura de base estabilizada 15°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-1	2.0	6.8	-2OP
M-5	1.5	8.8	OP
M-9	1.2	10.8	+2OP

2% Contenido de Cemento			
Temperatura de base estabilizada 25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-3	2.1	6.8	-2OP
M-7	1.8	8.8	OP
M-11	1.5	10.8	+2OP

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 47.** Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada (2% Dosificación de cemento). Fuente: Elaboración Propia.



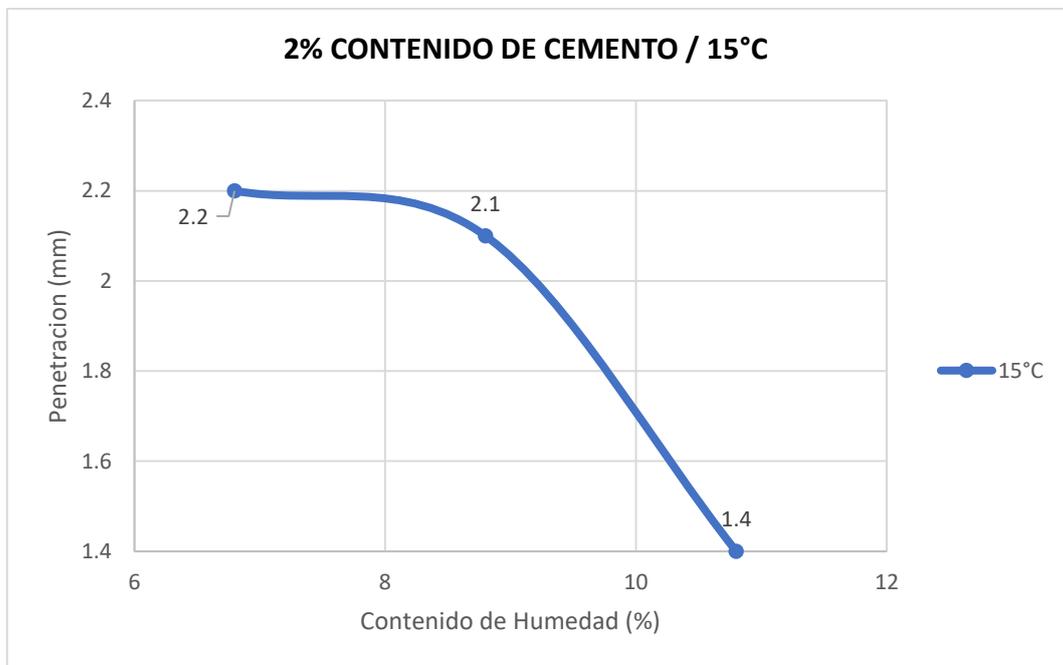
**Figura 48.** Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada (2% Dosificación de cemento). Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 29. Penetración según Humedad** **Tabla 30. Penetración según Humedad**

2% Contenido de Cemento			
Temperatura de base estabilizada 15°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-2	2.2	6.8	-2OP
M-6	2.1	8.8	OP
M-10	1.4	10.8	+2OP

2% Contenido de Cemento			
Temperatura de base estabilizada 25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-4	2.8	6.8	-2OP
M-8	1.8	8.8	OP
M-12	1.7	10.8	+2OP

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 49.** Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada (2% Dosificación de cemento). Fuente: Elaboración Propia.

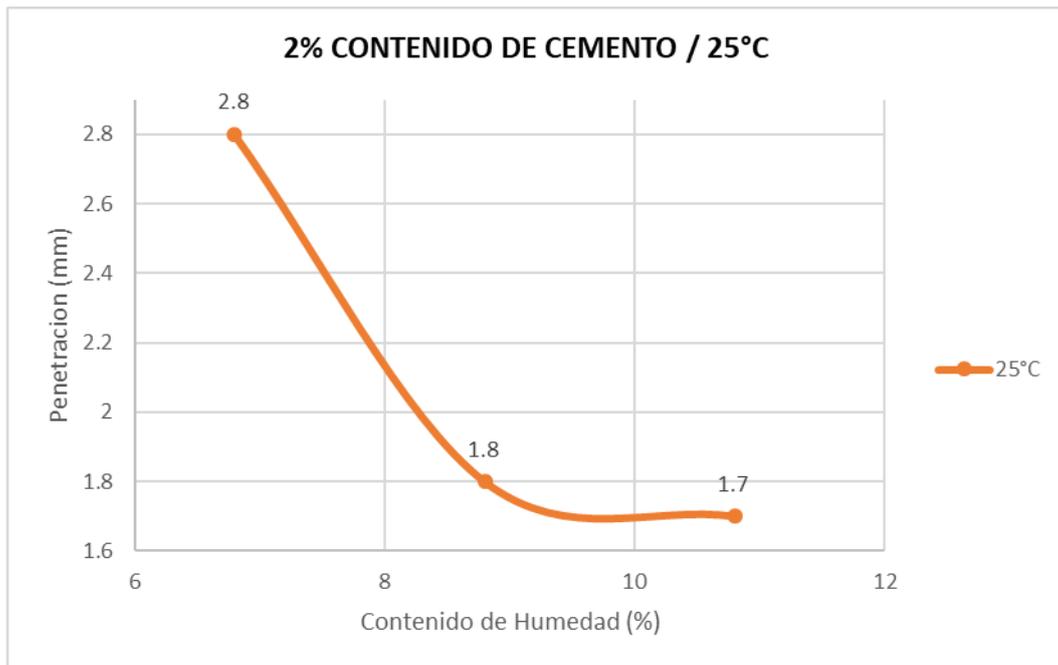


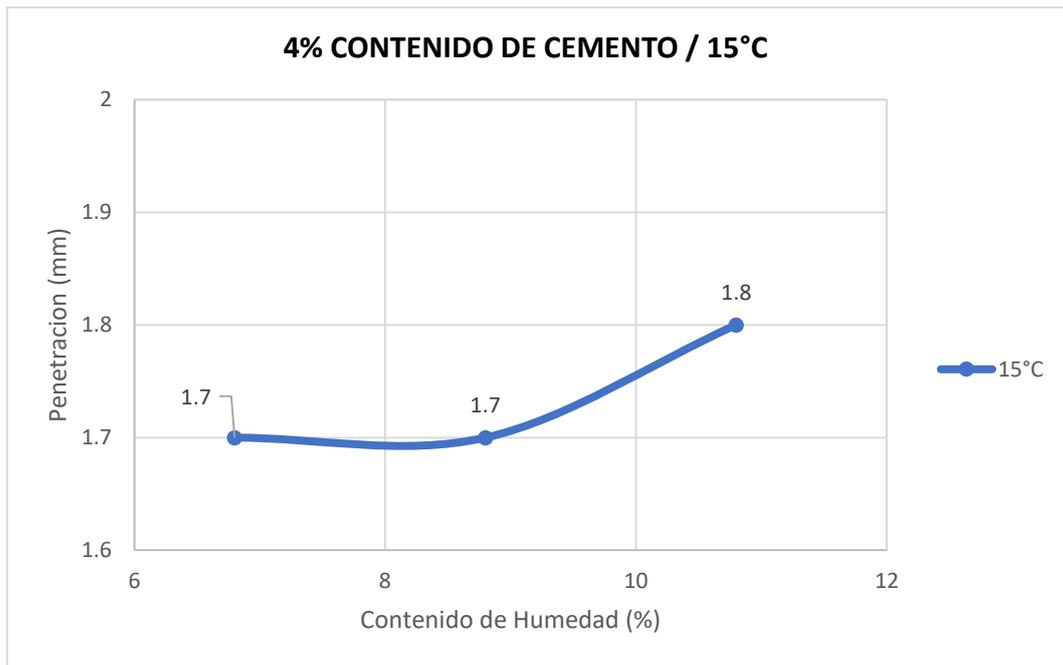
Figura 50. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada (2% Dosificación de cemento). Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 31. Penetración según Humedad Tabla 32. Penetración según Humedad

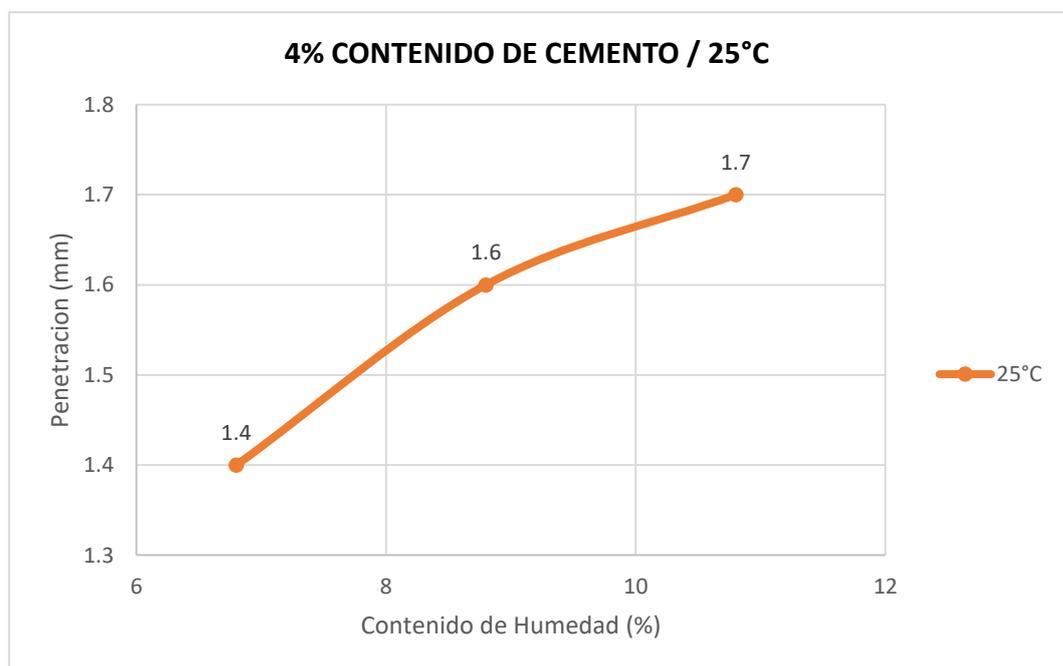
4% Contenido de Cemento			
Temperatura de base estabilizada 15°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-13	1.7	6.8	-2OP
M-17	1.7	8.8	OP
<b>M-21</b>	<b>1.8</b>	<b>10.8</b>	<b>+2OP</b>

4% Contenido de Cemento			
Temperatura de base estabilizada 25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-15	1.4	6.8	-2OP
M-19	1.6	8.8	OP
<b>M-23</b>	<b>1.7</b>	<b>10.8</b>	<b>+2OP</b>

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 51.* Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada (4% Dosificación de cemento). Fuente: Elaboración Propia.



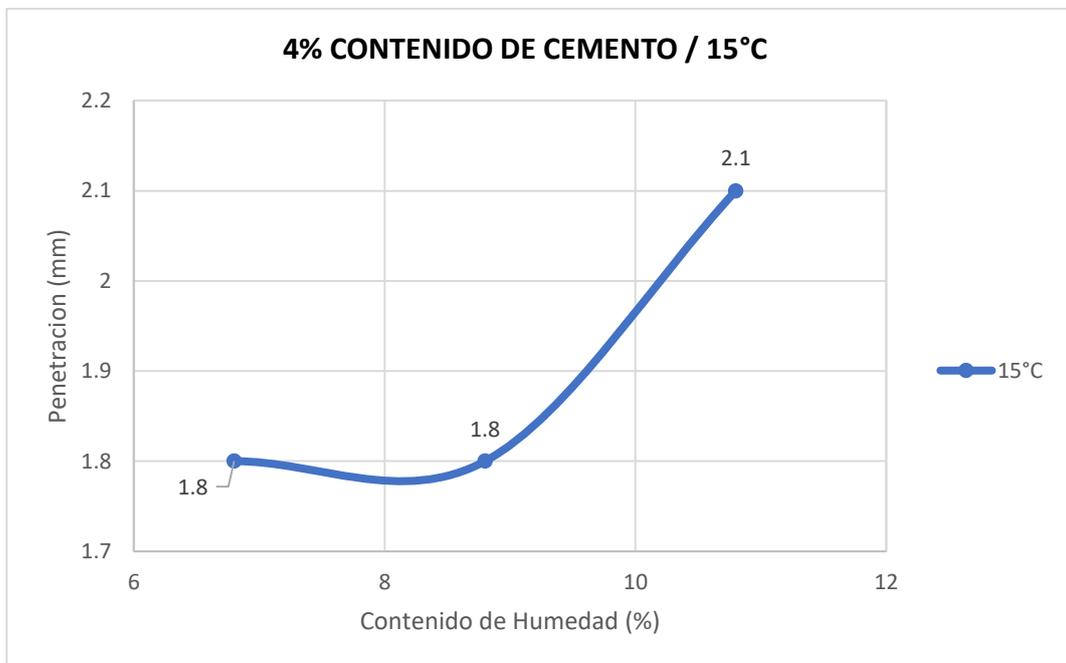
*Figura 52.* Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada (4% Dosificación de cemento). Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 33. Penetración según Humedad** **Tabla 34. Penetración según Humedad**

4% Contenido de Cemento			
Temperatura de base estabilizada 15°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-14	1.8	6.8	-2OP
M-18	1.8	8.8	OP
M-22	2.1	10.8	+2OP

4% Contenido de Cemento			
Temperatura de base estabilizada 25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-16	1.6	6.8	-2OP
M-20	1.3	8.8	OP
M-24	1.8	10.8	+2OP

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 53.** Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada (4% Dosificación de cemento). Fuente: Elaboración Propia.

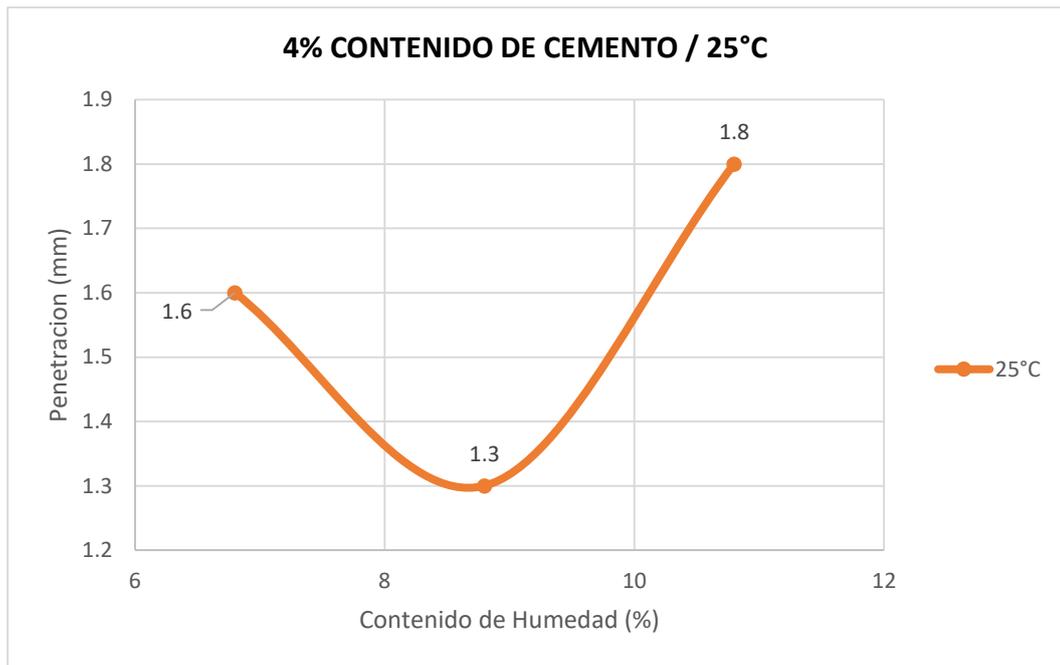


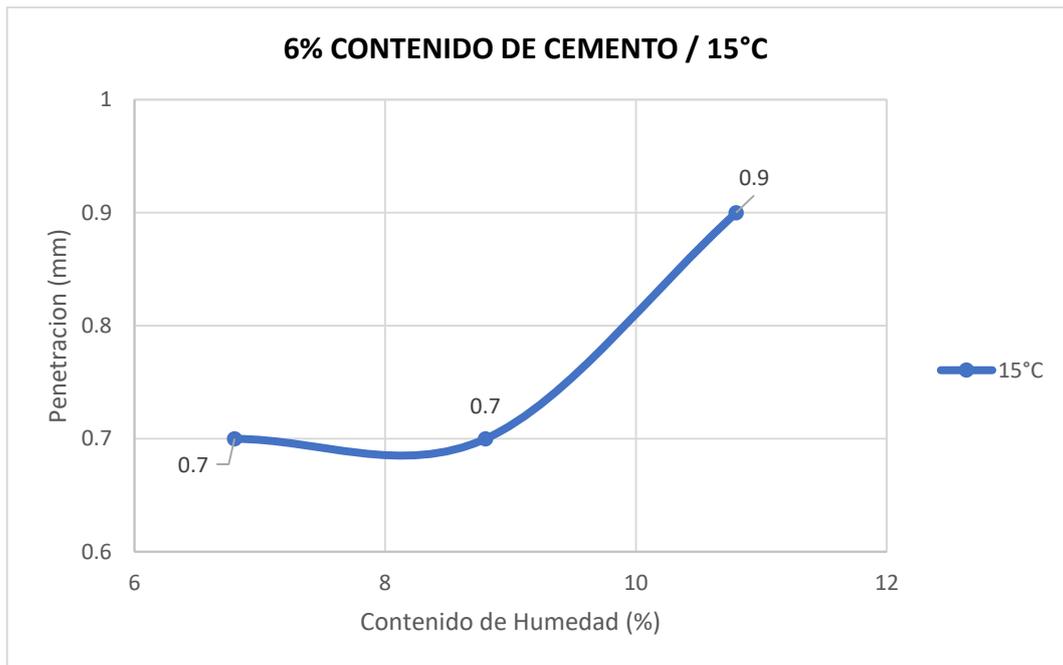
Figura 54. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada (4% Dosificación de cemento). Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 35. Penetración según Humedad Tabla 36. Penetración según Humedad

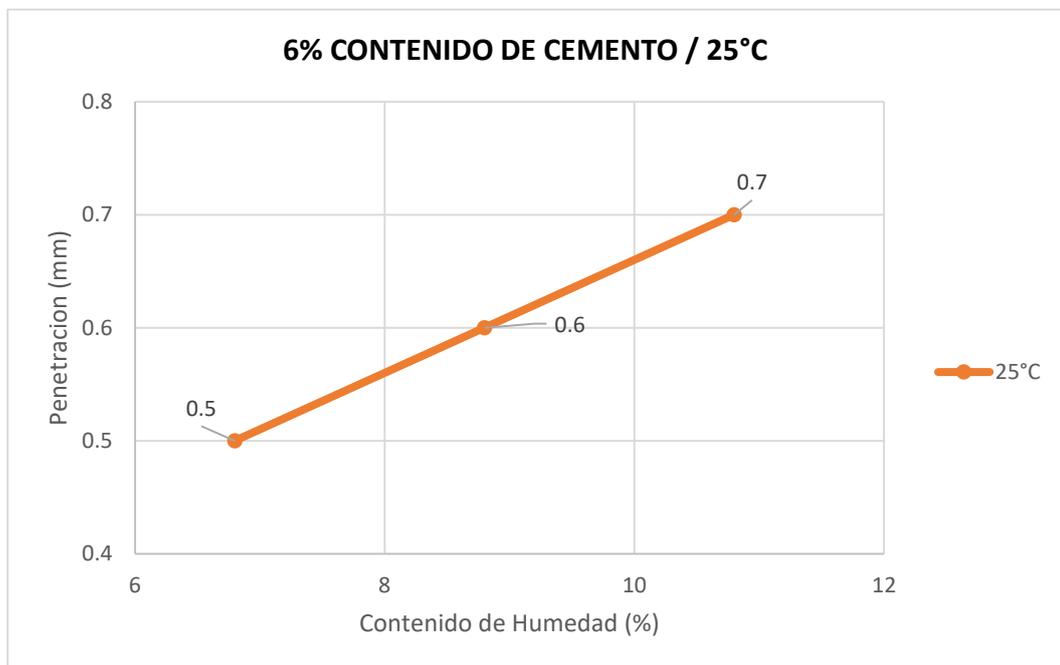
6% Contenido de Cemento			
Temperatura de base estabilizada 15°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-25	0.7	6.8	-2OP
M-29	0.7	8.8	OP
<b>M-33</b>	<b>0.9</b>	<b>10.8</b>	<b>+2OP</b>

6% Contenido de Cemento			
Temperatura de base estabilizada 25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-27	0.5	6.8	-2OP
M-31	0.6	8.8	OP
<b>M-35</b>	<b>0.7</b>	<b>10.8</b>	<b>+2OP</b>

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 55.* Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada (6% Dosificación de cemento). Fuente: Elaboración Propia.



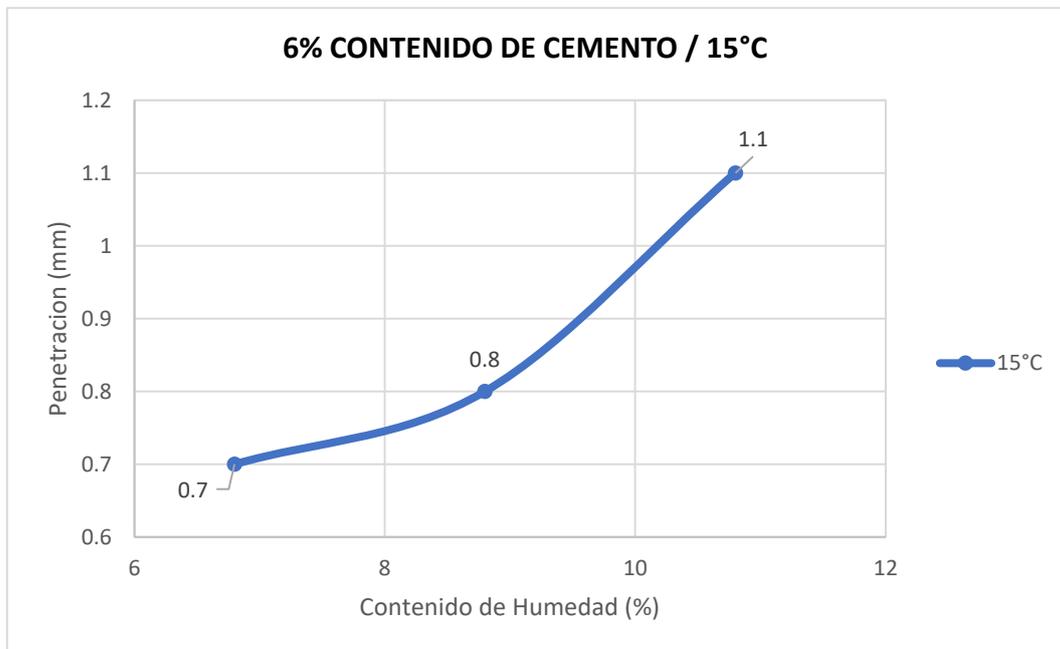
*Figura 56.* Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada (6% Dosificación de cemento). Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 37. Penetración según Humedad**    **Tabla 38. Penetración según Humedad**

6% Contenido de Cemento			
Temperatura de base estabilizada 15°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-26	0.7	6.8	-2OP
M-30	0.8	8.8	OP
<b>M-34</b>	<b>1.1</b>	<b>10.8</b>	<b>+2OP</b>

6% Contenido de Cemento			
Temperatura de base estabilizada 25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-28	0.6	6.8	-2OP
M-32	0.9	8.8	OP
<b>M-36</b>	<b>1.2</b>	<b>10.8</b>	<b>+2OP</b>

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 57.** Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada (6% Dosificación de cemento). Fuente: Elaboración Propia.

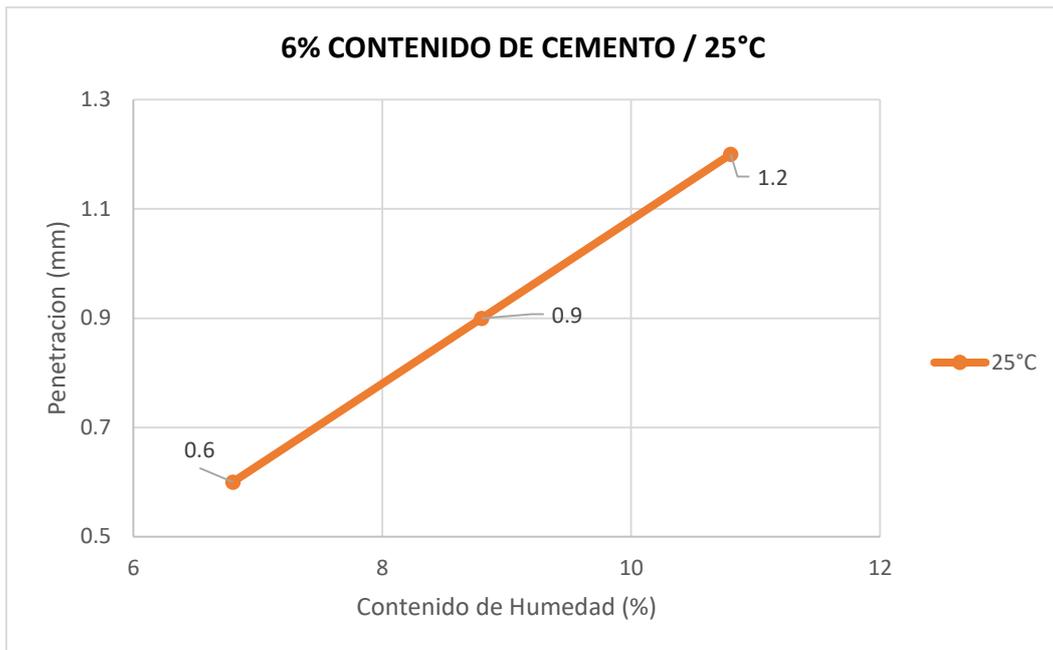


Figura 58. Penetración (mm) según el contenido de humedad (%) de cada muestra ensayada (6% Dosificación de cemento). Fuente: Elaboración Propia.

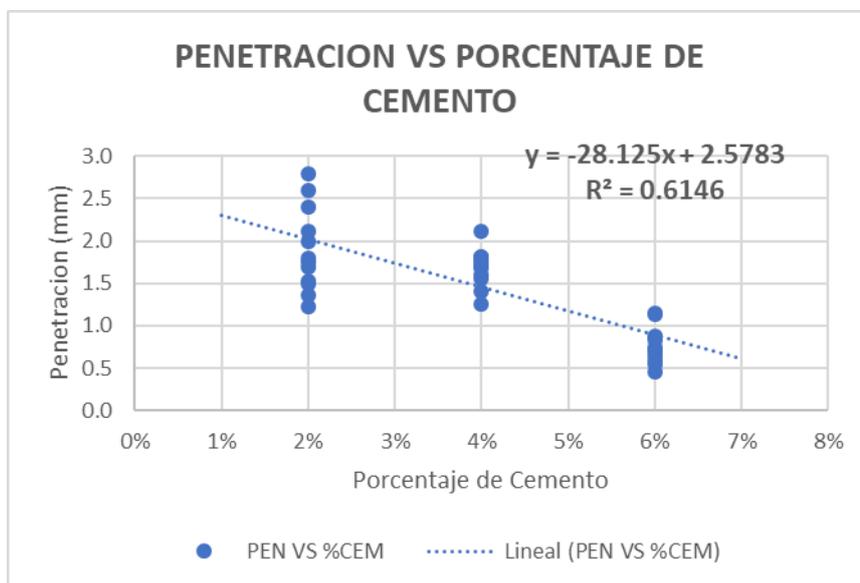


Figura 59. Línea de tendencia de la penetración (mm) respecto al porcentaje de cemento. Fuente: Elaboración Propia.

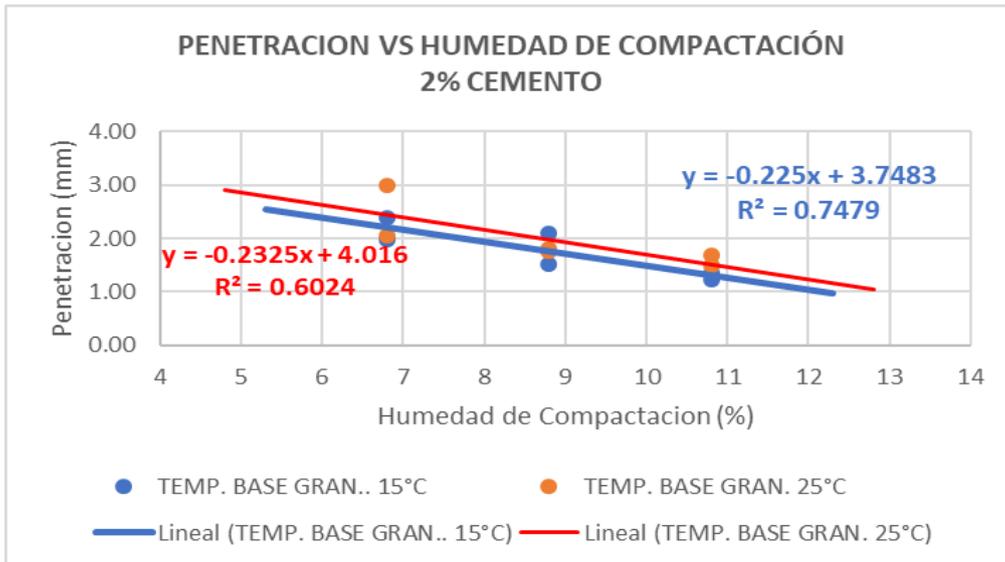


Figura 60. Línea de tendencia de la penetración (mm) respecto a la humedad de compactación del suelo cemento. Fuente: Elaboración Propia.

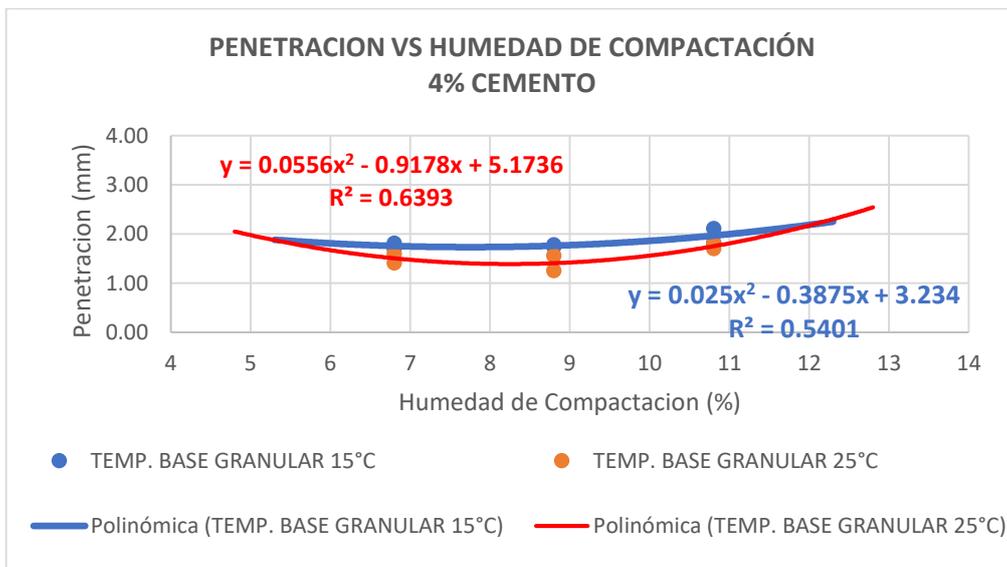


Figura 61. Línea de tendencia de la penetración (mm) respecto a la humedad de compactación del suelo cemento. Fuente: Elaboración Propia.

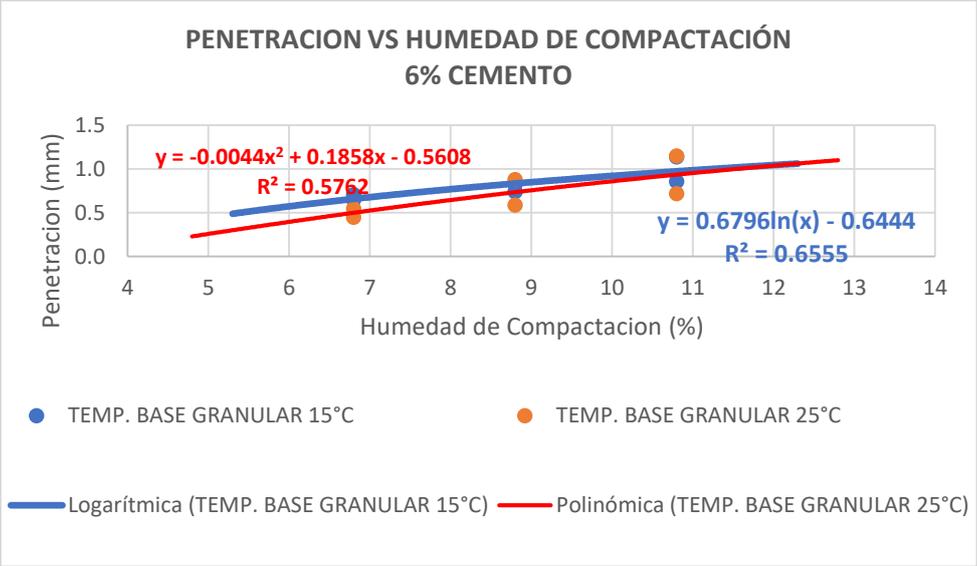


Figura 62. Línea de tendencia de la penetración (mm) respecto a la humedad de compactación del suelo cemento. Fuente: Elaboración Propia.

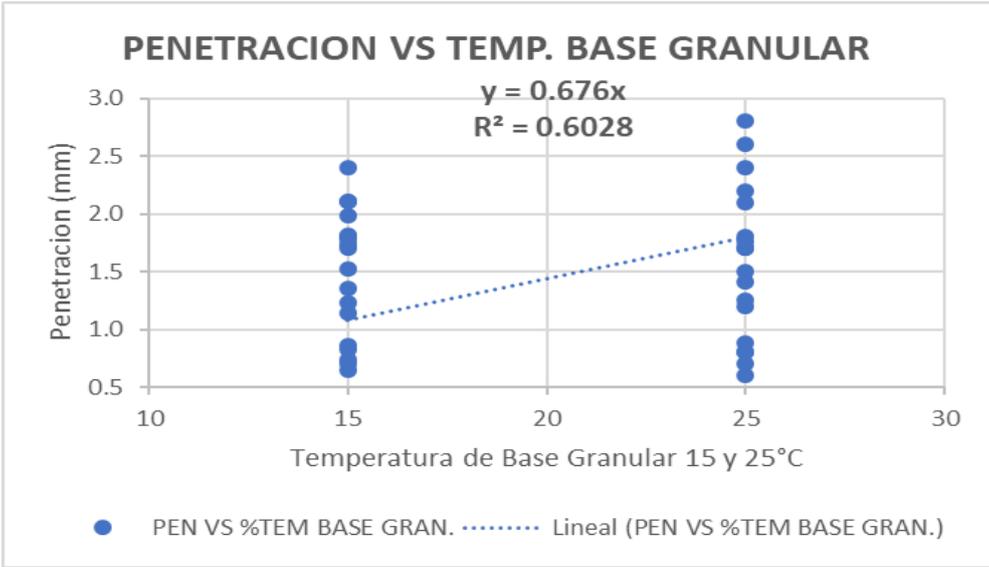


Figura 63. Línea de tendencia de la penetración (mm) respecto a la temperatura de base granular. Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1. Prueba estadística

##### Prueba de normalidad

##### Planteamiento de la normalidad

Ho: Hipótesis nula (Porcentaje de Cemento) tienen normalidad

H1: Hipótesis alterna (Porcentaje de Cemento) no tienen normalidad

##### Nivel de significancia

$\alpha = 5\% = (0.05)$

##### Elección de la prueba estadística

Kolmogorov – Smirnov (Para muestras  $n \geq 50$ )

Shapiro – Wilk (Para muestras  $n < 50$ )

**Tabla 39.** Prueba de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
P_C	,139	36	,077	,951	36	,115
Pen	,220	36	,000	,795	36	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

##### Regla de decisión

Si P- valor  $< 0.05$  si el valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula

P- valor = 0.115

$0.115 > 0.05$  se acepta la hipótesis nula

Entonces se acepta la hipótesis nula

## Conclusión

- Los datos de la Variable Porcentaje de Cemento tienen normalidad con un nivel de significancia del 5%.

## CORRELACIÓN DE PEARSON

### Planteamiento de la normalidad

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable x no están relacionadas (El incremento de porcentaje de cemento No está relacionado con la penetración asfáltica).

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x están relacionadas (El incremento de porcentaje de cemento Si está relacionado con la penetración asfáltica).

### Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = (0.05)$$

### Prueba estadística: Coeficiente de correlación de Pearson

Tabla 40. Correlaciones

		P_C	Pen
P_C	Correlación de Pearson	1	-,791**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	36	36
Pen	Correlación de Pearson	-,791**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	36	36

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

p-valor= 0.0000000091636

### **Regla de decisión**

Si P- valor < 0.05      si el valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula

P- valor =0.0000000091636

0.0000000091636 < 0.05              se acepta la hipótesis alterna

Entonces se acepta la hipótesis alterna

### **Conclusión**

- El porcentaje de cemento está relacionado de manera directa y positiva con la penetración asfáltica ( $r = - 0.791$ )

### **Prueba de normalidad**

#### **Planteamiento de la normalidad**

Ho: Hipótesis nula (Porcentaje de Humedad) tienen normalidad

H1: Hipótesis alterna (Porcentaje de Humedad) no tienen normalidad

#### **Nivel de significancia**

$\alpha = 5 \% = (0.05)$

#### **Elección de la prueba estadística**

Kolmogorov – Smirnov (Para muestras  $n \geq 50$ )

Shapiro – Wilk (Para muestras  $n < 50$ )

**Tabla 41. Pruebas de normalidad**

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
P_Hum	,109	12	,200*	,983	12	,993
Pen	,213	12	,139	,811	12	,012

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Regla de decisión

Si P- valor < 0.05      si el valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula

P- valor =0.993

0.993 > 0.05      se acepta la hipótesis nula

Entonces se acepta la hipótesis nula

### Conclusión

- Los datos de la Variable Porcentaje de Humedad en un contenido de suelo cemento con 2%, tienen normalidad con un nivel de significancia del 5%.

## CORRELACIÓN DE PEARSON

### Planteamiento de la normalidad

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable x no están relacionadas (El incremento de porcentaje de humedad No está relacionado con la penetración asfáltica en una base estabilizada con cemento 2%).

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x están relacionadas (El incremento de porcentaje de humedad Si está relacionado con la penetración asfáltica en una base estabilizada con cemento 2%).

### Nivel de significancia

$\alpha = 5\% = (0.05)$

### Prueba estadística: Coeficiente de correlación de Pearson

Tabla 42. Correlaciones

		P_Hum	Pen
P_Hum	Correlación de Pearson	1	-,838**
	Sig. (bilateral)		,001
	N	12	12
Pen	Correlación de Pearson	-,838**	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	12	12

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

p-valor= 0,001

### Regla de decisión

Si P- valor  $< 0.05$  si el valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula

P- valor =0,001

0,001  $< 0.05$  se acepta la hipótesis alterna

Entonces se acepta la hipótesis alterna

### Conclusión

- El porcentaje de humedad está relacionada de manera directa y positiva con la penetración asfáltica en una base estabilizada con cemento 2% ( $r = -0.838$ )

## Prueba de normalidad

### Planteamiento de la normalidad

Ho: Hipótesis nula (Porcentaje de Humedad) tienen normalidad

H1: Hipótesis alterna (Porcentaje de Humedad) no tienen normalidad

### Nivel de significancia

$\alpha = 5\% = (0.05)$

### Elección de la prueba estadística

Kolmogorov – Smirnov (Para muestras  $n \geq 50$ )

Shapiro – Wilk (Para muestras  $n < 50$ )

**Tabla 43. Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
P_Hum	,193	12	,200*	,945	12	,568
Pen	,213	12	,139	,811	12	,012

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Regla de decisión

Si P- valor  $< 0.05$  si el valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula

P- valor = 0.568

$0.568 > 0.05$  se acepta la hipótesis nula

Entonces se acepta la hipótesis nula

### Conclusión

- Los datos de la Variable Porcentaje de Humedad en un contenido de suelo cemento con 4%, tienen normalidad con un nivel de significancia del 5%.

## CORRELACIÓN DE PEARSON

### Planteamiento de la normalidad

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable x no están relacionadas (El incremento de porcentaje de humedad No está relacionado con la penetración asfáltica en una base estabilizada con cemento 4%).

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x están relacionadas (El incremento de porcentaje de humedad Si está relacionado con la penetración asfáltica en una base estabilizada con cemento 4%).

### Nivel de significancia

$\alpha = 5\% = (0.05)$

### Prueba estadística: Coeficiente de correlación de Pearson

Tabla 44. *Correlaciones*

		P_Hum	Pen
P_Hum	Correlación de Pearson	1	,736
	Sig. (bilateral)		,002
	N	12	12
Pen	Correlación de Pearson	,736	1
	Sig. (bilateral)	,002	
	N	12	12

p-valor= 0,001

### **Regla de decisión**

Si  $P\text{-valor} < 0.05$  si el valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula

$P\text{-valor} = 0,002$

$0,002 < 0.05$  se acepta la hipótesis alterna

Entonces se acepta la hipótesis alterna

### **Conclusión**

- El porcentaje de humedad está relacionada de manera directa y positiva con la penetración asfáltica en una base estabilizada con cemento 4% ( $r = 0.736$ )

### **Prueba de normalidad**

#### **Planteamiento de la normalidad**

$H_0$ : Hipótesis nula (Porcentaje de Humedad) tienen normalidad

$H_1$ : Hipótesis alterna (Porcentaje de Humedad) no tienen normalidad

#### **Nivel de significancia**

$\alpha = 5\% = (0.05)$

#### **Elección de la prueba estadística**

Kolmogorov – Smirnov (Para muestras  $n \geq 50$ )

Shapiro – Wilk (Para muestras  $n < 50$ )

**Tabla 45. Pruebas de normalidad**

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
P_Hum	,143	12	,200*	,941	12	,511
Pen	,213	12	,139	,811	12	,012

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

### **Regla de decisión**

Si P- valor < 0.05      si el valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula

P- valor =0.568

0.511 > 0.05      se acepta la hipótesis nula

Entonces se acepta la hipótesis nula

### **Conclusión**

- Los datos de la Variable Porcentaje de Humedad en un contenido de suelo cemento con 6%, tienen normalidad con un nivel de significancia del 5%.

## **CORRELACION DE PEARSON**

### **Planteamiento de la normalidad**

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable x no están relacionadas (El incremento de porcentaje de humedad No está relacionado con la penetración asfáltica en una base estabilizada con cemento 6%).

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x están relacionadas (El incremento de porcentaje de humedad Si está relacionado con la penetración asfáltica en una base estabilizada con cemento 6%).

### Nivel de significancia

$\alpha = 5\% = (0.05)$

### Prueba estadística: Coeficiente de correlación de Pearson

Tabla 46. Correlaciones

		P_Hum	Pen
P_Hum	Correlación de Pearson	1	,782**
	Sig. (bilateral)		,005
	N	12	12
Pen	Correlación de Pearson	,782**	1
	Sig. (bilateral)	,005	
	N	12	12

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

p-valor= 0,005

### Regla de decisión

Si P- valor < 0.05      si el valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula

P- valor =0,005

0,005 < 0.05      se acepta la hipótesis alterna

Entonces se acepta la hipótesis alterna

### Conclusión

- El porcentaje de humedad está relacionada de manera directa y positiva con la penetración asfáltica en una base estabilizada con cemento 6% (r = 0.782)

## Prueba de normalidad

### Planteamiento de la normalidad

Ho: Hipótesis nula (Temperatura de base granular) tienen normalidad

H1: Hipótesis alterna (Temperatura de base granular) no tienen normalidad

### Nivel de significancia

$\alpha = 5\% = (0.05)$

### Elección de la prueba estadística

Kolmogorov – Smirnov (Para muestras  $n \geq 50$ )

Shapiro – Wilk (Para muestras  $n < 50$ )

**Tabla 47.** Pruebas de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pen	,139	36	,077	,951	36	,115
Temperatura	,338	36	,000	,638	36	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Regla de decisión

Si P- valor  $< 0.05$  si el valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, si el valor es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula

P- valor = 0.115

$0.115 > 0.05$  se acepta la hipótesis nula

Entonces se acepta la hipótesis nula

## Conclusión

- Los datos de la Variable de variación de Temperatura tienen normalidad con un nivel de significancia del 5%.

## CORRELACIÓN DE PEARSON

### Planteamiento de la normalidad

Ho: Hipótesis nula: Datos de la variable x no están relacionadas (La temperatura de base granular No está relacionado con la penetración asfáltica).

H1: Hipótesis alterna: Datos de la variable x no están relacionadas (La temperatura de base granular Si está relacionado con la penetración asfáltica).

### Nivel de significancia

$\alpha = 5\% = (0.05)$

### Prueba estadística: Coeficiente de correlación de Pearson

Tabla 48. Correlaciones

		Pen	Temperatura
Pen	Correlación de Pearson	1	-,067
	Sig. (bilateral)		,006
	N	36	36
Temperatura	Correlación de Pearson	-,067	1
	Sig. (bilateral)	,006	
	N	36	36

p-valor= 0,006

### **Regla de decisión**

Si P- valor  $< 0.05$  si el valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, si el valor es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula

P- valor = 0,006

$0,006 < 0.05$  no se acepta la hipótesis nula

Entonces se acepta la hipótesis alterna

### **Conclusión**

- La temperatura de base granular está relacionada de manera directa y positiva con la penetración asfáltica ( $r = - 0.067$ )

## V. DISCUSIÓN

### **Discusión 1:**

En relación a la presente investigación, para determinar la sensibilidad de la penetración en función a la variación del porcentaje de cemento del suelo estabilizado se emplearon porcentajes de 2%, 4% y 6%, los resultados de penetración son 2.5 mm, 2.1 mm y 1.1 mm respectivamente. Por su parte, Lugo (2022), en su investigación denominada "Imprimación Asfáltica con Emulsión especial EAP en bases tratadas con cemento portland, para optimizar la adherencia de la capa bituminosa" encuentra que la penetración es de 1 y 3 mm de acuerdo a una tasa de cemento de 3% y 1.5% respectivamente, en ese sentido se observa que, a menor tasa de cemento, mayor penetración, por lo tanto, al llegar a resultados similares se concuerda con el autor de referencia.

### **Discusión 2:**

Se determinó las condiciones de humedad para la colocación de la imprimación asfáltica, para lo cual se evaluó en diferentes humedades de compactación según Proctor Modificado (ASTM D 1557) en las distintas dosificaciones de cemento previamente diseñadas, se utilizó la humedad de compactación óptima (8.8%), dos puntos por debajo (6.8%) y dos puntos por encima (10.8%), los resultados de penetración fueron 2.1 mm, 2.5 mm y 2.1 mm respectivamente. Referido a la investigación, Vidalón (2018) en su investigación titulada "Propiedades negativas de la base granular y temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en profundidad de penetración de la imprimación asfáltica" concluye que, a menor porcentaje de humedad (1%), se alcanza una mayor penetración (17.86mm). Los resultados de esta investigación fueron similares a los nuestros, afirmando que, a menos porcentaje de humedad, es mayor el índice de penetración.

### **Discusión 3:**

Después de haber medido las temperaturas en la base granular in situ, a diferentes horas del día, se procedió a establecer dos temperaturas para fines de esta investigación, siendo estas 15°C y 25°C, para poder replicarlo en

laboratorio se vio por conveniente elevar la temperatura de la base estabilizada con cemento hasta 15°C como primera variable y 25°C como segunda variable realizando un análisis de sensibilidad de penetración asfáltica en función a la temperatura de la base granular. Respecto a la investigación en Perú, Orellana (2020), en su investigación titulada “Aplicación de la emulsión imprimante Primetec en la conservación de la base granular – Huancayo” concluye que, con temperatura natural de 14°C en la base granular obtuvo una penetración favorable de 4 a 5 mm, estos resultados fueron similares a nuestra investigación, afirmando que a mayor temperatura de la base granular se obtiene una mayor penetración.

## VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1: En la presente investigación se analizó una problemática recurrente en la construcción de carreteras, se trata de la limitada penetración de los imprimantes en suelos estabilizados con cemento, donde la penetración es inferior a una base granular convencional, lo cual genera problemas en el proceso constructivo de adherencia con la capa sobreyacente; para este propósito, se ha diseñado un suelo estabilizado con cemento considerando tres porcentajes de cemento 2%, 4% y 6%, así mismo se consideró dos puntos porcentuales por encima y dos por debajo del óptimo contenido de compactación obtenido en el ensayo de Proctor Modificado, y la variación de la temperatura de la base granular a imprimir, tomando como referencia las Especificaciones Técnicas del Manual de Carreteras del MTC (EG-2013) se imprimió a escala considerando una tasa de 1.5 lt/m<sup>2</sup>.

Conclusión 2: En cuanto al diseño suelo cemento se consideró tres porcentajes de cemento, los cuales fueron 2%, 4% y 6%, las penetraciones obtenidas en laboratorio durante la etapa de experimentación fueron de 1.9, 1.7 y 0.8 mm respectivamente, estos resultados indican que, a mayor contenido de cemento en la base estabilizada, menor penetración.

Conclusión 3: En la experimentación se modificó la humedad de compactación parámetro que se obtiene en el ensayo de Proctor Modificado ASTM D 1557, se consideró utilizar el óptimo contenido de humedad, dos puntos porcentuales por encima y dos por debajo 6.8, 8.8 y 10.8%, en los resultados encontrados con 2% de cemento se obtuvo penetraciones promedio de 2.4, 1.8 y 1.4 mm, con 4% de cemento se obtuvo penetraciones de 1.6, 1.4 y 1.9mm y con 6% de cemento se obtuvo penetraciones promedio de 0.6, 0.8 y 1 mm, por lo tanto, podemos concluir que, a menor contenido de humedad se alcanza una mayor penetración.

Conclusión 4: Teniendo en cuenta la variación de temperatura en la región Moquegua se midió la temperatura de la briqueta expuesta a la intemperie a las 7 a.m. resultando la temperatura de 15°C y se midió a las 2 p.m. (horario crítico de temperatura) resultando que la base tenía 25°C, se imprimó y se obtuvo los resultados siguientes, la penetración promedio fue de 1 y 1.8 mm

respectivamente, estos resultados indican que, a mayor temperatura de la base estabilizada con cemento, se incrementa la penetración.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Recomendación 1: Se recomienda en futuras investigaciones se amplíe el rango de variación del contenido de cemento evaluando la penetración y evaluar el tipo de rotura en las emulsiones asfálticas.

Recomendación 2: Se recomienda en futuras investigaciones se hagan tramos experimentales para fines de evaluar la influencia del medio ambiente en la penetración.

Recomendación 3: Se recomienda en futuras investigaciones, varíen el uso granulométrico de la base granular y su incidencia de la granulometría de la base en relación a la penetración, dado que, en algunas regiones varían las granulometrías con mayor contenido de suelos finos y otras con mayor contenido granular, ya que el rango de aplicación del suelo cemento en términos de granulometría es muy amplio y eso influye en la penetración.

Recomendación 4: Se recomienda ampliar la presente investigación considerando la variación climática de las tres regiones del Perú (Costa, Sierra y Selva).

## REFERENCIAS

ABOUT RASAYAN, J. Chem. 2008. Estabilización de suelo. India: s.n., 2008.

Arias Gonzáles, José Luis. 2021. Diseño y Metodología de la Investigación. Lima : Enfoques Consulting EIRL, 2021. <https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>

ASTM C127 (2015), Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. American Standard for Testing and Materials. <https://www.astm.org/standards/c127>.

ASTM C39 (2021), Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimen. American Standard for Testing and Materials. <https://www.astm.org/astm-tpt-781.html>.

ASTM D1557 (2012), Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3https://www.astm.org/d1557-12r21.html.</sup>

ASTM D2216 (2019), Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. American Standard for Testing and Materials. <https://www.astm.org/d2216-19.html>.

ASTM D422-07 (2007), Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. American Standard for Testing and Materials. <https://www.astm.org/d0422-63r07.html>.

ASTM D4318 (2017), Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. American Standard for Testing and Materials. <https://www.astm.org/d4318-17e01.html>.

ASTM D4718 (1998), Standard Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles. American Standard for Testing and Materials. <https://www.astm.org/d4718-17e01.html>.

ASTM D2216 (2019), Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. American Standard for Testing and Materials. <https://www.astm.org/d2216-19.html>.

ASTM D422-07 (2007), Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. American Standard for Testing and Materials. <https://www.astm.org/d2216-19.html>

- ASTM D4318 (2017), Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. American Standard for Testing and Materials. <https://www.astm.org/d4318-17e01.html>.
- ASTM D4718 (1998), Standard Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles. American Standard for Testing and Materials. [https://www.astm.org/d4718\\_d4718m-15.html](https://www.astm.org/d4718_d4718m-15.html)
- ASTM D559 (2015), Standard Test Methods for Wetting and Drying Compacted Soil-Cement Mixtures. American Standard for Testing and Materials. <https://www.astm.org/d0559-03.html>
- CRESPO VILLALAZ, Carlos. 2004. Mecánica de suelos y cimentaciones. México: Editorial Limusa S.A., 2004. [https://www.academia.edu/35912353/Crespo\\_Villalaz\\_MEC%C3%81NICA\\_DE\\_SUELOS\\_Y\\_CIMENTACIONES\\_PDF](https://www.academia.edu/35912353/Crespo_Villalaz_MEC%C3%81NICA_DE_SUELOS_Y_CIMENTACIONES_PDF)
- GARCIA TORO, Jonatan Rodrigo. 2019. Estudio de la técnica de suelo-cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín. Bogotá: s.n., 2019. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/140c5ce1-5c92-4735-a9fd-69ed64b95d9e/content>
- Holcim Ecuador S.A. 1980. Soluciones para estabilización de suelos con cemento. Ecuador: s.n., 1980.
- Instituto de Capacitación y Gerencia. 2018. Diseño de pavimentos flexibles y rígidos. 2018.
- Kasthuri Arachchige Neminda Senarath Kasthurirathna, "Estimación de requerimientos de penetración para riegos de imprimación, 2018
- LUGO, 2022, Imprimación asfáltica con emulsión especial EAP en bases tratadas con cemento portland, para optimizar la adherencia de la capa. Bituminosa. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5503>
- MAURITZ ATTERBERG, Albert. 2010. Consistencia del suelo. Suecia: s.n., 2010
- Minaya Gonzales, Silene. 2008. DISEÑO MODERNO DE PAVIMENTOS. Lima: s.n., 2008. [https://www.academia.edu/34829662/UNIVERSIDAD\\_NACIONAL\\_DE\\_INGENIERIA\\_DISE%C3%91O\\_MODERNO\\_DE\\_PAVIMENTOS\\_ASF%C3%81LTICOS\\_M\\_Sc\\_SILENE\\_MINAYA\\_GONZ%C3%81LEZ](https://www.academia.edu/34829662/UNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_INGENIERIA_DISE%C3%91O_MODERNO_DE_PAVIMENTOS_ASF%C3%81LTICOS_M_Sc_SILENE_MINAYA_GONZ%C3%81LEZ)
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. 2008. Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima: s.n., 2008. 2013. Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima: s.n., 2013.

Ñaupas Paitán, Humberto, y otros. 2018. Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis. Bogotá: s.n., 2018. <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0028.pdf>

Operacionalización de variables. Bauce, G., Córdova, M. y Avila, A. 2018. Caracas: s.n., 2018, Revista del Instituto Nacional de Higiene "Rafael Rangel", 2018; 49(2). <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/05/1096354/operacionalizacion-de-variables.pdf>.

Vidalon "Propiedades negativas de la base granular y temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en profundidad de penetración de la imprimación asfáltica. 2018. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5377>.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Matriz de Operacionalización de Variables

**Título: Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizados con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacango, Moquegua, 2023**

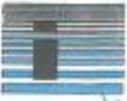
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>V.I.</b> Imprimación	La imprimación con asfalto es el proceso de esparcir un ligante (material asfáltico) diluido sobre una superficie de material granular sin tratar o tratada, en otras palabras, cuando se aplica una película de asfalto a un sustrato después de haber limpiado la superficie de polvo y partículas de arena para que quede impermeabilizada, es así como el imprimador asfáltico sella e impregna los poros.	En esta variable se operacionalizará mediante mediciones realizadas en briquetas de muestras que alcancen las profundidades de penetración en milímetros aplicadas con la imprimación asfáltica.	Profundidad de impregnación	Penetración (mm)	Razón

<p><b>V.D.</b> Impermeabilización de base granular con cemento</p>	<p>Esta estabilización se obtiene mezclando a fondo suelo suficientemente degradado con agua y cemento y otros posibles aditivos, seguido de una compactación y curado adecuado, este material suelto se vuelve duro y fuerte. A diferencia del concreto, los gránulos de suelo no están cubiertos con pasta de cemento endurecido, sino que están conectados entre sí por una conexión puntual. Por lo tanto, el suelo cemento tiene menor resistencia y coeficiente de elasticidad que el concreto. Los materiales de suelo más apropiados para la estabilización con suelo cemento son los gránulos A-1, A-2 y A-3, que tienen plasticidad media o baja (LL &lt; 40, IP &lt; 18).</p>	<p>Las combinaciones con los agentes estabilizantes en bases granulares hará que mejore las características físicas en las bases estabilizadas con cemento, esta variable se operacionalizará a través de pruebas de laboratorio en diferentes porcentajes.</p>	<p>Características físicas de base granular estabilizada con cemento</p>	Porcentaje de cemento para estabilización	<p>Razón</p>
				Humedad de base granular estabilizada con cemento	
				Temperatura de base granular estabilizada	

## ANEXO 2. Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA							
Título: Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizados con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacango, Moquegua, 2023							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	INDEPENDIENTE				
Durante la imprimación asfáltica en bases granulares estabilizadas con cemento no se logra alcanzar la penetración requerida en las Especificaciones Técnicas de los proyectos viales <b>¿Cómo la variación de las características físicas de una base granular influye en la penetración de una imprimación asfáltica en bases estabilizadas con cemento?</b>	Verificar la penetración de imprimación asfáltica en bases granulares estabilizadas con cemento con diferentes propiedades físicas	La variación de las propiedades físicas de una base granular estabilizada con cemento altera la penetración de una imprimación asfáltica	Imprimación	Profundidad de impregnación	Penetración (mm)	Vernier	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS	DEPENDIENTE				<b>Tipo:</b> Aplicada
Durante la imprimación de bases estabilizadas con cemento no se tiene en cuenta la influencia del porcentaje de cemento empleado en la estabilización del suelo y su influencia en la penetración de imprimación <b>¿En qué medida el porcentaje de cemento del suelo estabilizado influye en la penetración de la imprimación asfáltica?</b>	Evaluar la influencia del contenido de cemento usado en la estabilización del suelo en relación con la penetración de la imprimación asfáltica	A mayor porcentaje de cemento usado en la estabilización de bases granulares se reduciría la penetración de la imprimación asfáltica	Impermeabilización de base granular con cemento	Características físicas de base granular estabilizada con cemento	Porcentaje de cemento para estabilización	Laboratorio	<b>Diseño:</b> No experimental
Durante la construcción de capas estabilizadas, para fines de colocación de la imprimación no se tiene en cuenta la humedad de la capa estabilizada, siendo influyente en la profundidad de penetración <b>¿En qué magnitud influye la humedad del suelo estabilizado con cemento en la imprimación asfáltica?</b>	Evaluar la influencia de la humedad de la base estabilizada en relación con la penetración de la imprimación asfáltica	A medida que una base granular contiene mayor humedad se reduciría la penetración de imprimación asfáltica			Humedad de base granular estabilizada con cemento	Laboratorio	<b>Nivel:</b> Descriptiva
Debido a múltiples factores, muchas veces durante la imprimación asfáltica de bases estabilizadas con cemento no se aplica el imprimador en la temperatura adecuada de la base granular, generando el rompimiento acelerado del líquido asfáltico y una penetración limitada <b>¿En qué proporción afecta la temperatura de la base granular en la imprimación?</b>	Evaluar la influencia de la temperatura de la base granular en la estabilización del suelo en relación con la penetración de la imprimación asfáltica	A mayor temperatura de la base granular en la estabilización del suelo se elevaría la penetración en bases estabilizadas con cemento			Temperatura de base granular estabilizada	Laboratorio	<b>Poblacion:</b> Briquetas
							<b>Muestra:</b> Briquetas

**ANEXO 3. Instrumentos de recolección de datos**



**LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES**  
**FEDERICO PAUCAR EIRL CONSULTING ENGINEER**

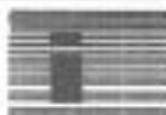
9.45  
 M gr/colpa  
 1 - 25%  
 225  
 299

100  
 299

**ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR**  
(NORMA ASTM D 698)

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION**

AV INDUSTRIAL 714 AREQUIPA, JR GRAND 121-1 INOQUEBUSA, CEL. 983823323 fpaucare@gmail.com Reg. Consultor C 2306 RUC 2046746379

**LABORATORIO DE ENSAYOS Y GEOTECNIA**

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL RUC 20447454379

fpaucar@gmail.com 063602363 y. Grau 127 Moquegua Av Industrial 112 Arequipa

MUESTRA: _____	FECHA: ____/____/____
SOLICITA: <u>TESTO CUADRO</u>	REGISTRO: GRAN-ASTM C136, C-35-143-FPT-2022

**ANALISIS GRANULOMETRICO****NTP 400.037 - Norma ASTM C 136 y C-33**

SUELO			SUELO			CONCRETO			Nº MUESTRA	M-1	M-2	M-3
TAMIZ		PESO	TAMIZ		PESO	Polg	mm	RETENIDO	MAT (FINOGRAN)			
Polg	mm	RETENIDO	Polg	mm	RETENIDO	AGREGADO GRUESO						
3"	76.20		3"	76.20		2 1/2"	63.50		P. TARA + SUELO TOTAL			
2 1/2"	63.50		2 1/2"	63.50		2"	50.80		P. TARA + SUELO AGREG. (GRUESO)			
2"	50.80		2"	50.80		1 1/2"	38.10		P. TARA + SUELO AGREG. FINO			
1 1/2"	38.10		1 1/2"	38.10		1"	25.40					
1"	25.40	5.34	1"	25.40		3/4"	19.05					
3/4"	19.05	2.84	3/4"	19.05		1/2"	12.70					
1/2"	12.70	4.33	1/2"	12.70		3/8"	9.525					
3/8"	9.525	1.50	3/8"	9.525		Nº 4	4.750					
Nº 4 (G)	4.750	1.14	Nº 4	4.750		AGREGADO FINO						
Nº 4 (F)	4.750	6.52	Nº 4	4.750		Nº 4	4.750					
Nº 10	2.000	118.20	Nº 10	2.000		Nº 8	2.380					
Nº 20	0.840	24.40	Nº 20	0.840		Nº 18	1.190					
Nº 30	0.590	60.40	Nº 30	0.590		Nº 30	0.590					
Nº 40	0.425	24.30	Nº 40	0.425		Nº 50	0.275					
Nº 100	0.149	36.60	Nº 100	0.149		Nº 100	0.149					
Nº 200	0.074	30.60	Nº 200	0.074		Nº 200	0.074					
FONDO	0.001	34.10	FONDO	0.001		FONDO	0.001					

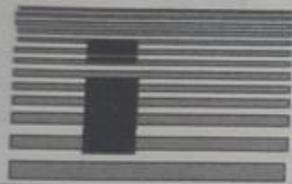
FRACCIÓN FINO		M-1	M-2	M-3
Nº Muestra				
P. tara				
P. Suelo húmedo + tara				
P. Suelo seco + tara	46.94			
P. Suelo seco húmedo + tara	42.64			

PESO UNITARIO SUELTO		PESO UNITARIO COMPACTADO	
P. Tara		P. Tara	
Volumen		Volumen	
P.suelo+Tara		P.suelo+Tara	

LABORATORISTA:

REALIZADO POR: FEDERICO PAUCAR TITO EIRL



# LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

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

PROYECTO : \_\_\_\_\_  
SOLICITA : \_\_\_\_\_  
MUESTRA : TESISTA CHUPOCO MUESTREADO POR : \_\_\_\_\_  
UBICACIÓN : \_\_\_\_\_ FECHA DE ENSAYO : \_\_\_\_\_

		LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO	
No. DE GOLPES	Nº				
(a) Peso de Tara	g				
(b) Peso de Tara + suelo Humedo	g				
(c) Peso de Tara + suelo Seco	g				
(d) Peso de Agua (b-c)	g				
(e) Peso de suelo Seco (c-a)	g				
(f) Humedad (d/e)x100	%				
L.L.=	_____ %	L.P.=	<u>N.P.</u> %	I.P.=	<u>N.P.</u> %

PROYECTO : \_\_\_\_\_  
SOLICITA : \_\_\_\_\_  
MUESTRA : \_\_\_\_\_ MUESTREADO POR : \_\_\_\_\_

ANEXO 4. Validez



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE .....

N°	VARIABLES/DIMENSIONE/INDICADORES	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: Imprimación</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSION 1:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1	Profundidad de impregnación							
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: Impermeabilización de base granular con cemento</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSION 1:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Características físicas de base granular							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [ x ] **Aplicable después de corregir** [ ] **No aplicable** [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Mario Andres Padilla Badoino DNI: 41347417

Especialidad del validador: Ingeniero Civil

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Moquegua, 15 de Marzo del 2023

**MARIO A. PADILLA BADOINO**  
 ING. CIVIL - C.I.P. N° 112015

Firma del Experto Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE .....**

N°	VARIABLES/DIMENSIONE/INDICADORES	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: Imprimación</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>1</b>	Profundidad de impregnación							
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: Impermeabilización de base granular con cemento</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 1:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>2</b>	Características físicas de base granular							

**Observaciones (precisar si hay suficiencia):** \_\_\_\_\_

**Opinión de aplicabilidad:**  **Aplicable** [  **Aplicable después de corregir** [  **No aplicable** [  ]

**Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg:** Nina Ramos Andersson ..... **DNI:** 7252188 .....

**Especialidad del validador:** Ingeniero Civil
<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Moquegua, 15 de Marzo del 2023

  
 .....  
 Andersson Nina Ram.  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 296491

**Firma del Experto Informante.**

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE .....**

N°	VARIABLES/DIMENSIONE/INDICADORES	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: Imprimación</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>1</b>	Profundidad de impregnación							
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: Impermeabilización de base granular con cemento</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DIMENSIÓN 1:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>2</b>	Características físicas de base granular							

**Observaciones (precisar si hay suficiencia):** \_\_\_\_\_

**Opinión de aplicabilidad:**  **Aplicable** [ x ]  **Aplicable después de corregir** [ ]  **No aplicable** [ ]

**Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg:** ..... Díaz Granda Joaquín Nicolás ..... **DNI:** 77388122 .....

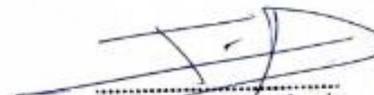
**Especialidad del validador:** Ingeniero Civil
<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Moquegua, 15 de Marzo del 2023


  
 Joaquín N. Díaz Granda  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 272374

**Firma del Experto Informante.**

## ANEXO 5. Panel fotográfico

### RECOLECCIÓN DE MATERIAL BASE: CANTERA MARÓN



**Foto N° 01:** Recolección de material base de la Cantera Marón.



**Foto N° 02:** Recolección de material base de la Cantera Marón.

### ENSAYOS DE LABORATORIO



**Foto N° 03:** Ensayo de análisis granulométrico.



**Foto N° 04:** Tamizado de material para el análisis granulométrico.

## ENSAYOS DE LABORATORIO

	
<p><b>Foto N° 05:</b> Ensayo de límites de consistencia.</p>	<p><b>Foto N° 06:</b> Proceso de ensayo de proctor</p>

## ENSAYOS DE LABORATORIO

	
<p><b>Foto N° 07:</b> Ensayo de Proctor modificado.</p>	<p><b>Foto N° 08:</b> Proceso de ensayo de CBR.</p>

## PREPARACIÓN DE SUELO CEMENTO



**Foto N° 09:** Dosificación del suelo para la preparación de suelo cemento.



**Foto N° 10:** Dosificación del suelo para la preparación de suelo cemento.

## MEZCLADO DE SUELO CEMENTO



**Foto N° 11:** Preparación de suelo cemento.



**Foto N° 12:** Preparación de suelo cemento.

## PREPARACION DE BRIQUETAS DE SUELO CEMENTO



**Foto N° 13:** Vaciado de briquetas de suelo cemento en los moldes.



**Foto N° 14:** Proceso de fraguado y curado de briquetas.

## IMPRIMACIÓN DE BRIQUETAS DE SUELO CEMENTO



**Foto N° 15:** Calentamiento del material asfáltico para la aplicación en briquetas.



**Foto N° 16:** Temperatura alcanzada de 60°C para la aplicación de las briquetas.

## IMPRIMACION ASFÁLTICA EN BRIQUETAS DE SUELO CEMENTO



**Foto N° 17:** Aplicación de imprimación asfáltica en probetas suelo cemento.



**Foto N° 18:** Aplicación de imprimación asfáltica en probetas suelo cemento.

## ROTURA DE BRIQUETAS DE SUELO CEMENTO



**Foto N° 19:** Proceso de rotura vertical de las briquetas para análisis de penetración.



**Foto N° 20:** Proceso de rotura vertical de las briquetas para análisis de penetración.

LECTURAS DE PENETRACIÓN ASFÁLTICA EN BRIQUETAS  
SUELO CEMENTO



**Foto N° 21:** Medición de la penetración de imprimación asfáltica en la briqueta de suelo cemento.



**Foto N° 22:** Medición de la penetración de imprimación asfáltica en la briqueta de suelo cemento.



**Foto N° 23:** Medición de la penetración de imprimación asfáltica en la briqueta de suelo cemento.



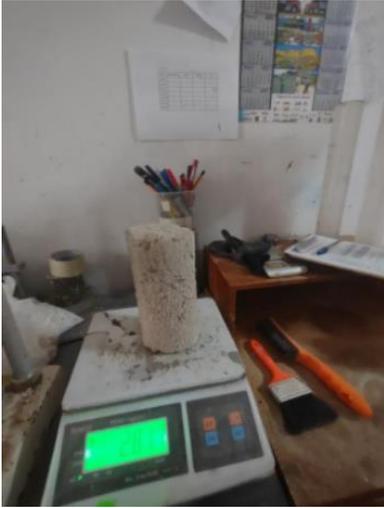
**Foto N° 24:** Medición de la penetración de imprimación asfáltica en la briqueta de suelo cemento.

## ENSAYO HUMEDECIMIENTO SECADO

	
<p><b>Foto N° 25:</b> Saturación de las muestras.</p>	<p><b>Foto N° 26:</b> Muestras puestas al horno a 71°C.</p>

	
<p><b>Foto N° 27:</b> Toma de medidas: peso, altura y diámetro.</p>	<p><b>Foto N° 28:</b> Cepillado y limpieza de restos con brocha de las muestras.</p>

## ENSAYO HUMEDECIMIENTO SECADO

 A photograph showing a cylindrical soil sample being weighed on a digital scale. The scale's display is green and shows a reading. The sample is light-colored and appears to be a soil or sediment. The background shows a laboratory setting with a desk, a pen holder, and some papers.	 A photograph showing a cylindrical soil sample being weighed on a digital scale. The scale's display is green and shows a reading of 2955. The sample is light-colored and appears to be a soil or sediment. The background shows a laboratory setting with a desk, a pen holder, and some papers.
<p><b>Foto N° 29:</b> Toma de medidas de las muestras después del cepillado.</p>	<p><b>Foto N° 30:</b> Toma de medidas de las muestras después del cepillado y después de la saturación.</p>

## ANEXO 6. Certificados de ensayos de laboratorio

		REGISTRO		FPT-F1	
		CONTROL DE CALIDAD		Revisión:	1
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b>				Fecha:	Dic-22
(NORMA: ASTM D422)				Página:	1 de 1
<b>TESIS :</b> Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacango, Moquegua, 2023					
<b>SOLICITA :</b> Bach, Christian Jonathan Valdivia Caceres			<b>DNI :</b> 45278223		
<b>SOLICITA :</b> Bach, Maurizio Jesus Chipoco Diaz			<b>DNI :</b> 71886602		
<b>FECHA :</b> 6 de diciembre 2022					
<b>MUESTRA :</b> Suelo natural					
<b>Peso tara + suelo húmedo:</b> 0 gr.					
<b>Norma ASTM D 422</b>					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
MALLA (m/m)	MALLA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
12"	300,000	0	0,00	0,00	100,00
8"	200,000	0	0,00	0,00	100,00
6"	150,000	0	0,00	0,00	100,00
5"	125,000	0	0,00	0,00	100,00
4"	100,000	0	0,00	0,00	100,00
3"	75,000	0	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,500	0	0,00	0,00	100,00
2"	50,800	0	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0	0,00	0,00	100,00
1"	25,400	534	9,66	9,66	90,34
3/4"	19,000	284	5,14	14,80	85,20
1/2"	12,500	432	7,82	22,62	77,38
3/8"	9,500	150	2,71	25,33	74,67
1/4"	6,350	114	2,06	27,40	72,60
Nº 4	4,750	892	16,80	44,20	55,80
Nº 20	0,840	895	16,19	60,39	39,61
Nº 40	0,425	712	12,89	73,28	26,72
Nº 60	0,250	381	6,97	80,25	19,75
Nº 80	0,175	243	4,45	84,80	15,20
Nº 100	0,150	972	17,86	102,76	0,24
Nº 200	0,075	232	4,23	107,03	-6,80
Fundo		5526	100,00	107,03	

CLASIFICACIÓN ( S.U.C.B. )		SP-SM
<b>ARENA MAL GRADUADA CON LIMO</b>		
CLASIFICACIÓN ( AASHTO )		A-1-a(0)

Descripción :			
% BOLONERÍA	0,00	% GRAVA	39,20
Límite líquido (%)		NP	
Límite plástico (%)		NP	
Índice de Plasticidad (%)		NP	
C <sub>u</sub>		C <sub>u</sub>	
28,92		0,84	

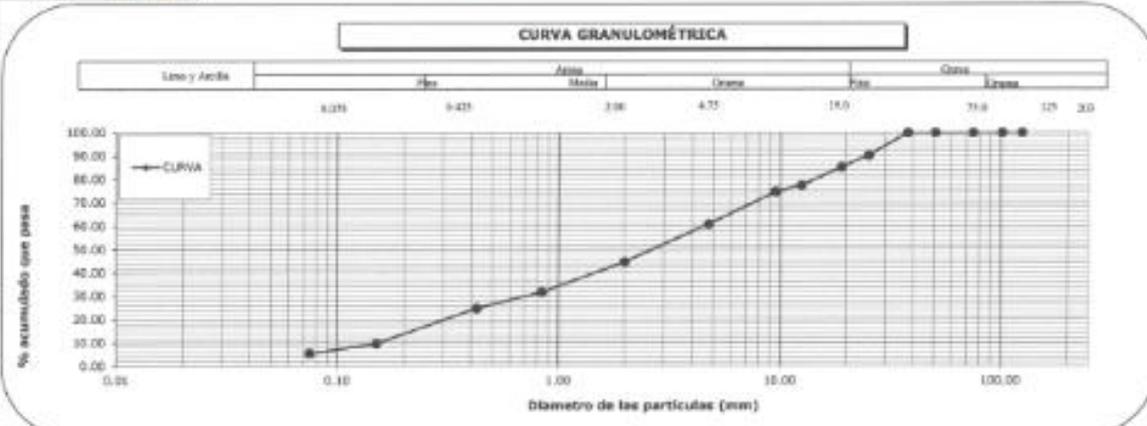
  

% GRAVA + BOLONERÍA	39,20	Gruesa	9,66
		Fina	29,53
% ARENA	55,35	Gruesa	16,12
		Medio	19,88
		Fina	19,35
% FINOS	5,43		

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

### CURVA GRANULOMÉTRICA



<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
Firma:	Firma:	Firma:



LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
CALLE 10 N° 1000  
MOQUEGUA - PERÚ

	<b>REGISTRO</b>	<b>FPT - F2</b>																																																																
	CONTROL DE CALIDAD	Revisión:																																																																
	<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>	(NORMA: Fecha: DICIEMBRE 2022 Página: 1 de 1)																																																																
ASTR 04318)																																																																		
<b>TESIS :</b> Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacango, Moquegua, 2023																																																																		
<b>SOLICITA :</b> Bach. Christian Jonathan Veldivia Cáceres DNI : 45276223 Bach. Maurizio Jesús Chipoco Díaz DNI : 71986602																																																																		
<b>FECHA :</b> 9 de diciembre 2022																																																																		
<b>MUESTRA :</b> Suelo natural																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">LÍMITE LÍQUIDO (método usado: "A" multipunto ó "B" unipunto)</th> </tr> <tr> <td>Tarro (Recipiente)</td> <td style="text-align: center;">N°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Tarro + Suelo Húmedo</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Tarro + Suelo Seco</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Agua</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del Tarro</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del Suelo Seco</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Número de Golpes</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			LÍMITE LÍQUIDO (método usado: "A" multipunto ó "B" unipunto)				Tarro (Recipiente)	N°			Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g			Peso de Tarro + Suelo Seco	g			Peso de Agua	g			Peso del Tarro	g			Peso del Suelo Seco	g			Contenido de Humedad	%			Número de Golpes																															
LÍMITE LÍQUIDO (método usado: "A" multipunto ó "B" unipunto)																																																																		
Tarro (Recipiente)	N°																																																																	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g																																																																	
Peso de Tarro + Suelo Seco	g																																																																	
Peso de Agua	g																																																																	
Peso del Tarro	g																																																																	
Peso del Suelo Seco	g																																																																	
Contenido de Humedad	%																																																																	
Número de Golpes																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">LÍMITE PLÁSTICO</th> </tr> <tr> <td>Tarro (Recipiente)</td> <td style="text-align: center;">N°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Tarro + Suelo Húmedo</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Tarro + Suelo Seco</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Agua</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del Tarro</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del Suelo Seco</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			LÍMITE PLÁSTICO				Tarro (Recipiente)	N°			Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g			Peso de Tarro + Suelo Seco	g			Peso de Agua	g			Peso del Tarro	g			Peso del Suelo Seco	g			Contenido de Humedad	%																																		
LÍMITE PLÁSTICO																																																																		
Tarro (Recipiente)	N°																																																																	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g																																																																	
Peso de Tarro + Suelo Seco	g																																																																	
Peso de Agua	g																																																																	
Peso del Tarro	g																																																																	
Peso del Suelo Seco	g																																																																	
Contenido de Humedad	%																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">TEMPERATURA DE SECADO</th> </tr> <tr> <td>Preparación de Muestra:</td> <td style="text-align: center;">Ambiente</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de Secado:</td> <td style="text-align: center;">110°C</td> </tr> <tr> <td>Agua Utilizada:</td> <td style="text-align: center;">Potable</td> </tr> <tr> <td>Muestra retenida en N° 40:</td> <td style="text-align: center;">02,51 %</td> </tr> </table>			TEMPERATURA DE SECADO		Preparación de Muestra:	Ambiente	Temperatura de Secado:	110°C	Agua Utilizada:	Potable	Muestra retenida en N° 40:	02,51 %																																																						
TEMPERATURA DE SECADO																																																																		
Preparación de Muestra:	Ambiente																																																																	
Temperatura de Secado:	110°C																																																																	
Agua Utilizada:	Potable																																																																	
Muestra retenida en N° 40:	02,51 %																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center;">N</th> <th style="text-align: center;">L</th> </tr> <tr><td style="text-align: center;">20</td><td style="text-align: center;">0,973</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">21</td><td style="text-align: center;">0,979</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">22</td><td style="text-align: center;">0,985</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">23</td><td style="text-align: center;">0,990</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">24</td><td style="text-align: center;">0,995</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">25</td><td style="text-align: center;">1,000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">26</td><td style="text-align: center;">1,005</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">27</td><td style="text-align: center;">1,009</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">28</td><td style="text-align: center;">1,014</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">29</td><td style="text-align: center;">1,018</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">30</td><td style="text-align: center;">1,022</td></tr> </table>			N	L	20	0,973	21	0,979	22	0,985	23	0,990	24	0,995	25	1,000	26	1,005	27	1,009	28	1,014	29	1,018	30	1,022																																								
N	L																																																																	
20	0,973																																																																	
21	0,979																																																																	
22	0,985																																																																	
23	0,990																																																																	
24	0,995																																																																	
25	1,000																																																																	
26	1,005																																																																	
27	1,009																																																																	
28	1,014																																																																	
29	1,018																																																																	
30	1,022																																																																	
<p style="text-align: center;"><b>Número de Golpes, N</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">35</td> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </table>			35	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	0	25	20	15	10	5	0	0	0	20	15	10	5	0	0	0	0	15	10	5	0	0	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	30	25	20	15	10	5	0																																																											
30	25	20	15	10	5	0	0																																																											
25	20	15	10	5	0	0	0																																																											
20	15	10	5	0	0	0	0																																																											
15	10	5	0	0	0	0	0																																																											
10	5	0	0	0	0	0	0																																																											
5	0	0	0	0	0	0	0																																																											
0	0	0	0	0	0	0	0																																																											
<p><b>Observaciones:</b></p>																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Ecuación de cálculo:</th> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math>LL^* = W^* (N/25)^{0.1181} = L + P \cdot W^*</math></td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>Un punto de límite líquido, %</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>Número de golpes</td> </tr> <tr> <td>W*</td> <td>Contenido de humedad, %</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>Factor para límite líquido</td> </tr> </table>			Ecuación de cálculo:		$LL^* = W^* (N/25)^{0.1181} = L + P \cdot W^*$		L	Un punto de límite líquido, %	N	Número de golpes	W*	Contenido de humedad, %	L	Factor para límite líquido																																																				
Ecuación de cálculo:																																																																		
$LL^* = W^* (N/25)^{0.1181} = L + P \cdot W^*$																																																																		
L	Un punto de límite líquido, %																																																																	
N	Número de golpes																																																																	
W*	Contenido de humedad, %																																																																	
L	Factor para límite líquido																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">RESULTADOS OBTENIDOS</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">LÍMITES</th> <th style="text-align: center;">ÍNDICE PLÁSTICO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LÍQUIDO</td> <td style="text-align: center;">PLÁSTICO</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NP</td> <td style="text-align: center;">NP</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> </table>			RESULTADOS OBTENIDOS			LÍMITES		ÍNDICE PLÁSTICO	LÍQUIDO	PLÁSTICO	NP	NP	NP	NP																																																				
RESULTADOS OBTENIDOS																																																																		
LÍMITES		ÍNDICE PLÁSTICO																																																																
LÍQUIDO	PLÁSTICO	NP																																																																
NP	NP	NP																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">ELABORADO POR:</th> <th style="width: 33%;">REVISADO POR:</th> <th style="width: 33%;">APROBADO POR:</th> </tr> <tr> <td>           Firma:   </td> <td>           Firma:         </td> <td>           Firma:         </td> </tr> </table>			ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	Firma: 	Firma:	Firma:																																																										
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:																																																																
Firma: 	Firma:	Firma:																																																																



	<b>REGISTRO</b>	<b>FPT P4</b>
	CONTROL DE LA CALIDAD	Revisión:
	<b>COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO - PRÓCTOR MODIFICADO (ASTM D1557)</b>	Fecha: Dic-22 Página: 1 de 1

**TESIS** : Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizados con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacango, Moquegua, 2023

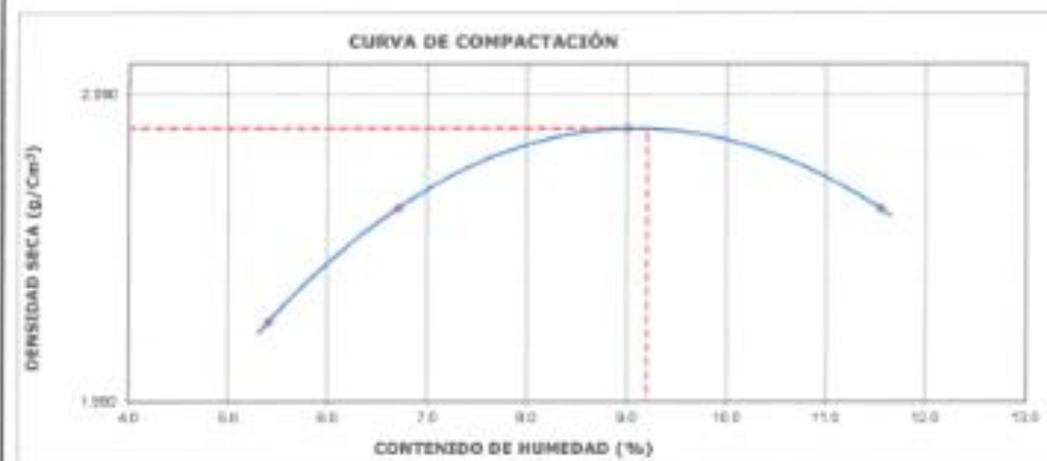
**SOLICITA** : Bach. Christian Jonathan Valdivia Cáceres DNI : 45278223  
Bach. Maurizio Jesus Chipoco Díaz DNI : 71886602

**FECHA** : 16 de diciembre 2022

**MUESTRA** : Suelo natural

<b>Preparación de la Muestra:</b> HÚMEDA	<b>Equipo de Compactación:</b> MANUAL	<b>N° de Capas:</b> 5
	<b>Moide N°:</b> 1	<b>N° de Golpes:</b> 56
	<b>Moide Ø:</b> 6"	<b>Método Usado:</b> "C"
	<b>Volumen del Moide:</b> 2123 cm <sup>3</sup>	<b>Agua agregada, Total:</b> 10%
<b>Peso Específico (ASTM C127):</b> 2.622	<b>Peso de Moide:</b> 6620 gr	<b>Temperatura de Secado:</b> 110°C

		1	2	3	4
Determinación (Puntos)	N°	1	2	3	4
Agua Agregada	%	4%	6%	8%	10%
Agua Agregada	cm <sup>3</sup>	120	240	360	480
Peso suelo + moide	g	11130	11272	11433	11482
Peso de Moide	g	6620	6620	6620	6620
Peso de Suelo Húmedo Compactado	g	4510	4652	4813	4862
Volumen del Moide	cm <sup>3</sup>	2123	2123	2123	2123
Peso Volumétrico Húmedo	g	2.124	2.191	2.267	2.290
Tara (Recipiente)	N°	1	2	3	4
Peso del Suelo Húmedo + Tara	g	501.8	508.5	519.2	534.4
Peso del Suelo Seco + Tara	g	483.7	483.3	488.1	484.1
Peso de Tara (Recipiente)	g	146.8	108.4	143.6	48.6
Peso de Agua	g	18.1	25.2	31.1	50.3
Peso del Suelo Seco	g	336.9	374.9	344.5	435.5
Contenido de Agua	%	5.4	6.7	9.0	11.55
Peso Volumétrico Seco	g/cm <sup>3</sup>	2.016	2.053	2.079	2.053



<b>DATOS OBTENIDOS</b>
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )
2.079
HUMEDAD ÓPTIMA %
9.2
<b>CORREGIDA DENSIDAD MÁXIMA (g/cm<sup>3</sup>)</b>
2.130
<b>HUMEDAD ÓPTIMA %</b>
8.8
<b>FACTOR DE LA GRANULOMETRÍA</b>
Material > N° = 35.2
Material Fino = 60.8

OBSERVACIONES:

<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
Firma:	Firma:	Firma:
 INGENIERO DE SUELOS CONSULTOR CONSULTOR EN SUELOS Y GEOTECNIA CONSULTOR EN SUELOS Y GEOTECNIA		

	<b>REGISTRO</b>	<b>FPT PS</b>	
	CONTROL DE LA CALIDAD	Revisión:	1
	<b>CORRECCIÓN DE PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD PARA PARTÍCULAS DE SOBRETAMAÑO (ASTM D4718)</b>	Fecha:	DECEMBRE 2022
		Página:	1 de 1

**YESIS** : Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Angeles - Yacanga, Moquegua, 2023

<b>SOLICITA</b> :	Bach. Christian Jonathan Valdivia Cáceres	DNI : 45278223
	Bach. Mauricio Jesús Chigeco Ortiz	DNI : 71885607
<b>FECHA</b> :	16 de diciembre 2022	
<b>MUESTRA</b> :	Suelo natural	

#### DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO

Graza de Sobretamaño > 3/4"	14.8	%	Método de Compactación:	ASTM	D 1557
Humedad de Grava de Sobretamaño	6.5	%	Máxima Densidad Seca:	2.076	g/cm <sup>3</sup>
Peso Específico de Grava de Sobretamaño	2.482	g	Contenido de Humedad Óptima:	8.2	%

$$[C_d = 100 \cdot (G_s \cdot W_p / (G_s \cdot P_s) + G_w \cdot W_p)]$$

$$[C_w = (W_p \cdot P_s + W_s \cdot P_s)]$$

Donde:

$C_d$  = Ajuste de la máxima densidad seca del total del material (g/cm<sup>3</sup>)

$C_w$  = Ajuste de la Humedad Óptima total

$G_s$  = Peso específico bulk del agregado grueso (g/cm<sup>3</sup>)

$W_p$  = Humedad Óptima del Proctor

$G_w$  = Máxima densidad seca de la fracción fina (g/cm<sup>3</sup>), y

$W_s$  = Humedad de la grava de sobretamaño

$P_s$  = Peso Unitario del agua (62.40 lb/ft<sup>3</sup> ó 9.802 kN/m<sup>3</sup>)

$P_s$  = Porcentaje de la fracción fina en peso

$W_s$  = Porcentaje de partículas de sobretamaño en peso

#### CORRECCIÓN

<b>Item</b>	<b>Ensayo</b>	<b>U*</b>			
<b>P<sub>C</sub></b>	Fracción de Sobretamaño > 3/4"			14.8	
<b>P<sub>F</sub></b>	Fracción Fina < 75"	%		85.2	
<b>W<sub>C</sub></b>	Contenido de Humedad de la Fracción de Sobretamaño	%		6.5	
<b>G<sub>w</sub></b>	Densidad Específica del Agregado Grueso	g		2.482	
<b>W<sub>p</sub></b>	Óptimo Contenido de Humedad de la Fracción Fina	%		8.2	
<b>G<sub>s</sub></b>	Máxima Densidad Seca de la Fracción Fina	g/cm <sup>3</sup>		2.076	
<b>G<sub>w</sub></b>	Peso Específico del Agua	g/cm <sup>3</sup>		1.000	
<b>C<sub>w</sub></b>	Óptimo Contenido de Humedad Corregido $(W_p \cdot P_s + W_s \cdot P_s) / 100$	%		8.0	
<b>Z</b>	Peso $(G_s \cdot G_w \cdot P_s)$	g		2.50	
<b>Z</b>	Volumen $(Z \cdot P_s + G_w \cdot P_s)$	cm <sup>3</sup>		242.23	
<b>C<sub>d</sub></b>	Máxima Densidad Seca Corregida $([Z / Z] \times 100)$	g/cm <sup>3</sup>		2.130	
<b>Máxima Densidad Seca Corregida:</b>			<b>2.130</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	
<b>Contenido de Humedad Corregido:</b>			<b>8.0</b>	<b>%</b>	

OBSERVACIONES :

Descripción del Material:

ELABORADO POR:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

Firma:

Firma:

Firma:

	<b>REGISTRO</b>	<b>FPT F6</b>
	CONTROL DE LA CALIDAD	Revisión: 1
	<b>DENSIDAD, PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C127)</b>	Fecha: DICIEMBRE 2022 Página: 1 de 1

**TESIS :** Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacango, Moquegua, 2023

**SOLICITA :** Bach. Christian Jonathan Valdivia Cáceres DNI : 45278223  
Bach. Mauricio Jesús Chipoco Díaz DNI : 71896602

**FECHA :** 16 de diciembre 2022

**MUESTRA :** Suelo natural

Condiciones de Secado: Horno Eléctrico digital con Termostato	<b>Datos de la Muestra:</b>
Temperatura de Secado: 110 °C	SUELO NATURAL
Descripción del material :	

Fración de la Muestra		Grav = 50"
Porcentaje de la Muestra Original	%	14.8
Recipiente	Nº	1
A - Peso Material Saturado Superficie Seca ( En Aire )	Gr	1040.0
B - Peso Material Saturado Superficie Seca ( En Agua )	Gr	621.0
C - Volumen de masa + volumen de vacíos = A - B	Cm3	419.0
D - Peso de material seco en estufa ( 110 °C )	Gr	1028.0
E - Volumen de masa = C - ( A - D )	Cm3	407.0
F - Peso Específico bulk ( Base seca ) = D / C	Gr	2.453
G - Peso Específico bulk ( Base saturada ) = A / C	Gr	2.482
H - Peso Específico Aparente ( Base Seca ) = D / E	Gr	2.526
I - Absorción = (( A - D ) / D * 100 )	%	1.2

**RESULTADOS OBTENIDOS**

Peso específico bulk (base seca)	2.526	<b>ESPECIFICACIONES</b>
Peso específico bulk (base saturada)	2.482	
Peso específico aparente (base seca)	2.453	
Absorción (%)	1.2	

<b>FORMULAS DE CÁLCULO</b> (según ASTM C127)	Peso Específico Bulk (Base Seca)	$( D / ( A - B ) )$
	Peso Específico Bulk (Base Saturada)	$( A / ( A - B ) )$
	Peso Específico Aparente (Base Seca)	$( D / ( C - ( A - D ) ) )$
	Absorción (%)	$( ( A - D ) / D * 100 )$

**OBSERVACIONES:**

<b>ELABORADO POR:</b> Nombre:	<b>REVISADO POR:</b> Nombre:	

 <b>FPT EIRL</b>	<b>INFORME DISEÑO SUELO CEMENTO</b>	DOCUMENTO:	FPT-001-16012023	Rev. 1
	Tesis: Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacanga, Moquegua, 2022	FECHA:	ENERO- 2023	Página: 2
		ORIGINADO POR:	FPT	

## INFORME DE DISEÑO DE SUELO CEMENTO

### 1. OBJETIVO

Obtener un Diseño de Suelo-Cemento, para "LA VERIFICACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE IMPRIMACIONES ASFÁLTICAS EN SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO, CARRETERA LOS ANGELES - YACANGO, MOQUEGUA, 2022".

### 2.- ALCANCE

El presente diseño tiene alcance para su utilización con fines de estabilización del suelo.

### 2. UBICACIÓN

DEPARTAMENTO : MOQUEGUA  
 PROVINCIA : MARISCAL NIETO  
 DISTRITO : MOQUEGUA

### 3. MATERIALES

#### 3.1 Cemento

El cemento utilizado para el concreto para estabilización de suelos será el Tipo IP.

#### 3.3 Material Propio

Se empleará material de suelo natural TM 3/4".

### 4. CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA

Está diseñada con diferentes proporciones según el porcentaje de cemento 2%, 4% y 6% de relación S/C, así mismo con diferentes porcentajes de agua según el porcentaje óptimo obtenido en el ensayo de Proctor modificado, que es de 8.8%.

  
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
 ESPECIALIDAD: INGENIERÍA CIVIL  
 F.P.T.

 <b>FPT EIRL</b>	<b>INFORME DISEÑO SUELO CEMENTO</b>	DOCUMENTO: FPT-001-10012025	Rev. 1
	Título: Verificación de Efectividad de Impermeación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacanga, Mozote, 2023	FECHA: ENERO-2023	Página: 3
	ORIGINADO POR: FPT		

#### 4.1 Dosificación

##### **2% = CEMENTO – HUMEDAD = OPTIMA (8.8%)**

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 2 %.

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg)

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	190.7	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	2125.0	kg

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1m<sup>3</sup> de mezcla

Dosificación para 1m <sup>3</sup>		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	37.2	kg
Agua	167.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

##### **2% = CEMENTO – HUMEDAD = -2% DE OPTIMA (8.8%)**

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 2 %.

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg)

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	147.4	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	2125.0	kg



 <b>FPT EIRL</b>	<b>INFORME DISEÑO SUELO CEMENTO</b>	DOCUMENTO: FPT-000-15002023	Rev. 1
	Tesis: Verificación de Efectividad de Impresión Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacanga, Moquegua, 2023	FECHA: ENERO- 2023	Página: 8
		ORIGINADO POR: FPT	

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1m<sup>3</sup> de mezcla

Dosificación para 1m <sup>3</sup>		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	37.2	kg
Agua	129.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**2% = CEMENTO – HUMEDAD = +2% DE OPTIMA (10.8%)**

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 2 %.

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg)

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	234.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	2125.0	kg

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1m<sup>3</sup> de mezcla

Dosificación para 1m <sup>3</sup>		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	37.2	kg
Agua	205.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

  
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA  
 ESPECIALIDAD EN INGENIERIA CIVIL  
 FIDELMILTON GARCIA GARCIA

 <b>FPT EIRL</b>	<b>INFORME DISEÑO SUELO CEMENTO</b>	DOCUMENTO: FPT-001-150L2023	Rev. 1
	Tesis: Verificación de Efectividad de Infiltración Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Camino Los Ángeles - Yacanga, Moquegua, 2023	FECHA: ENERO - 2023	Página: 5
		ORIGINADO POR: FPY	

**4% = CEMENTO – HUMEDAD = OPTIMA (8.8%)**

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de  
cemento (42.5 kg) a 4 %.

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg)

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	97.2	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1062.5	kg

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1m<sup>3</sup> de mezcla

Dosificación para 1m <sup>3</sup>		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	74.5	kg
Agua	170.4	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**4% = CEMENTO – HUMEDAD = -2% DE OPTIMA (6.8%)**

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de  
cemento (42.5 kg) a 4 %.

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg)

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	75.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1062.5	kg

  
 Ing. Fernando Paredes Paredes  
 INGENIERO EN CIVIL

 <b>FPT EIRL</b>	<b>INFORME DISEÑO SUELO CEMENTO</b>	DOCUMENTO: FPT-001-26012023	Rev. 1
	Título: Verificación de Efectividad de Infiltración Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacanga, Moquegua, 2023	FECHA: DNERO- 2023	Página: 6
	ORIGINADO POR: FPT		

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1m<sup>3</sup> de mezcla

Dosificación para 1m <sup>3</sup>		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	74.5	kg
Agua	131.7	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**4% = CEMENTO – HUMEDAD = +2% DE OPTIMA (10.8%)**

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 4 %.

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg)

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	119.3	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1062.5	kg

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1m<sup>3</sup> de mezcla

Dosificación para 1m <sup>3</sup>		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	74.5	kg
Agua	209.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

  
 Ing. [Nombre] [Apellido]  
 [Cargo]  
 [Institución]

 <b>FPT EIRL</b>	<b>INFORME DISEÑO SUELO CEMENTO</b>	DOCUMENTO:	FPT-001-16012023	Rev. 1
	Título:	FECHA:	ENEFO- 2023	Página: 7
	Verificación de Efectividad de Inprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Rieles Estabilizados con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacanga, Moquegua, 2023	ORGANIZADO POR:	FPT	

**6% = CEMENTO – HUMEDAD = OPTIMA (8.8%)**

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 6 %.

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg)

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	66.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	708.3	kg

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1m<sup>3</sup> de mezcla

Dosificación para 1m <sup>3</sup>		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	111.7	kg
Agua	173.8	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**6% = CEMENTO – HUMEDAD = -2% DE OPTIMA (6.8%)**

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 6 %.

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg)

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	51.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	708.3	kg

  
 Ing. [Nombre] [Apellido]  
 [Cargo]  
 [Institución]

 <b>FPI EIRL</b>	<b>INFORME DISEÑO SUELO CEMENTO</b>	DOCUMENTO: FPI 001-00012023	Rev. 1
	Tema: Verificación de Efectividad de Inyección Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Entubuladas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacajay, Moyogua, 2023	FECHA: 08/09/2023	Página: 3
	ORDENADO POR:	FPI	

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1m<sup>3</sup> de mezcla

Dosificación para 1m <sup>3</sup>		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	111.7	kg
Agua	134.3	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg

**6% = CEMENTO – HUMEDAD = +2% DE OPTIMA (10.8%)**

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg) a 6 %

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1 bolsa de cemento (42.5 kg)

Dosificación por 1 bolsa de cemento (42.5 kg)		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	42.5	kg
Agua	81.1	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	708.3	kg

Diseño – Relleno suelo cemento, dosificación para 1m<sup>3</sup> de mezcla

Dosificación para 1m <sup>3</sup>		
Material	Cantidad	unidad
Cemento tipo IP	111.7	kg
Agua	213.2	lt
Suelo Tam. Máx 3/4"	1862.3	kg



 FPT EIRL	<b>INFORME DISEÑO SUELO CEMENTO</b>	DOCUMENTO:	FPT-001-18012023	Rev. 1
	Tema: Verificación de Efectividad de Infiltración Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Tacango, Moquegua, 2023	FECHA:	ENERO- 2023	Página:9
		ORIGINADO POR:	RFE	

## 5. ANEXOS

- ENSAYOS DE LABORATORIO PARA EL MATERIAL A USARSE EN EL DISEÑO DE SUELO-CEMENTO.
- CERTIFICADO DE CALIDAD DEL CEMENTO YURA TIPO IP.

  
 Ing. [Illegible]  
 [Illegible]



# FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

**TESTO** : Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacanga, Moquegua - 2023

**SOLICITA** : Bach. Christian Jonathan Valdivia Cáceres DNI : 45278223

Bach. Maurizio Jesus Chipoco Díaz DNI : 71866602

**MUESTRAS 2 % CEMENTO**

## ENSAYO DE HUMEDECIMIENTO - SECADO

ASTM D-558, AASHTO T-145

Humedad óptima de diseño	10.80%	Humedad lograda	9.28%
Peso unitario máximo (gr/cm <sup>3</sup> )	0.87	Peso unitario logrado (gr/cm <sup>3</sup> )	0.68
Humedad	1.52%	Peso unitario (kg/cm <sup>3</sup> )	0.00068
Contenido de cemento de diseño	2%	Contenido de cemento obtenido	2%
Máximo cambio de volumen	0.18	Contenido máximo de humedad	1.52%
Pérdida del suelo-cemento	10.04%		

Briqueta -01 (2% de cemento )	Masa Saturada luego de la inmersión (gr)	Peso seco inicial (gr)	Humedad (%)	Masa seca luego del cepillado	Pérdidas
Ciclo 1	3117	2922.00	10.80	2862	5.51%
Ciclo 2	3061	2844.00	10.18	2841	0.73%
Ciclo 3	3049	2794.00	10.91	2817	0.84%
Ciclo 4	3018	2758.00	10.28	2799	0.64%
Ciclo 5	3014	2718.00	11.10	2785	0.50%
Ciclo 6	2980	2687.00	10.00	2773	0.43%
Ciclo 7	2981	2657.00	10.93	2763	0.36%
Ciclo 8	2949	2632.00	9.69	2754	0.33%
Ciclo 9	2938	2596.00	9.59	2748	0.22%
Ciclo 10	2931	2555.00	9.49	2744	0.15%
Ciclo 11	2924	2510.00	9.38	2739	0.18%
Ciclo 12	2918	2460.00	9.28	2735	0.15%
		<b>Total</b>			<b>10.04%</b>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL  
Calle Comercio 100 - Moquegua - Perú

RUC 20447454379 Av Industrial N° 712 AQP fpaucar@eirl.com.pe #172380 950882385



# FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

**TESIS** : Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Angeles - Yacanga, Moquegua, 2023

**SOLICITA** : Bach. Christian Jonathan Valdivia Cáceres. DNI : 45278223

Bach. Maurilio Jesús Chipaco Díaz. DNI : 71 856602

**MUESTRAS 2 % CEMENTO**

## ENSAYO DE HUMEDECIMIENTO - SECADO

ASTM D-155, AASHTO T-135

Humedad óptima de diseño	10.80%	Humedad lograda	9.40%
Peso unitario máximo (gr/cm <sup>3</sup> )	0.86	Peso unitario logrado (gr/cm <sup>3</sup> )	0.72
Humedad	1.40%	Peso unitario (kg/cm <sup>3</sup> )	0.00072
Contenido de cemento de diseño	2%	Contenido de cemento obtenido	2%
Máximo cambio de volumen	0.14	Contenido máximo de humedad	1.40%
Pérdida del suelo-cemento	9.07%		

Briqueta -02 (2% de cemento)	Masa Saturada luego de la inmersión (gr)	Peso seco inicial (gr)	Humedad (%)	Masa seca luego del cepillado	Pérdidas
Ciclo 1	3094	2899.00	10.80	2839	4.76%
Ciclo 2	3038	2819.00	10.20	2818	0.74%
Ciclo 3	3026	2779.00	10.90	2801	0.60%
Ciclo 4	2995	2759.00	10.30	2783	0.64%
Ciclo 5	2991	2734.00	11.10	2769	0.50%
Ciclo 6	2957	2714.00	10.10	2757	0.43%
Ciclo 7	2958	2690.00	11.00	2747	0.36%
Ciclo 8	2926	2672.00	9.80	2738	0.33%
Ciclo 9	2915	2652.00	9.70	2732	0.22%
Ciclo 10	2908	2630.00	9.60	2728	0.15%
Ciclo 11	2901	2615.00	9.50	2723	0.18%
Ciclo 12	2895	2605.00	9.40	2719	0.15%
		<b>Total</b>			<b>9.07%</b>

INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL  
CALLE LOS ANGELES Nº 1145  
MOQUEGUA - PERÚ

RUC 20447454379. Asesorías de Ingeniería y Construcción S.R.L. (Calle Los Angeles Nº 1145) Moquegua - Perú



# FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

**TESIS** : Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacanga, Moquegua, 2023.

**SOLICITA** : Bach. Christian Jonathan Valdivia Coceres DNI : 45278223

Bach. Maublio Jesus Chipoco Diaz DNI : 71886602

**MUESTRAS 4 % CEMENTO**

## ENSAYO DE HUMEDECIMIENTO - SECADO

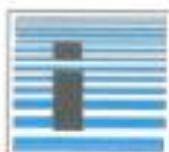
ASTM D-558, AASHTO T-115

Humedad óptima de diseño	8.90%	Humedad lograda	7.36%
Peso unitario máximo (gr/cm <sup>3</sup> )	0.83	Peso unitario logrado (gr/cm <sup>3</sup> )	0.73
Humedad	1.44%	Peso unitario (kg/cm <sup>3</sup> )	0.00073
Contenido de cemento de diseño	4%	Contenido de cemento obtenido	4%
Máximo cambio de volumen	0.10	Contenido máximo de humedad	1.44%
Pérdida del suelo-cemento	6.60%		

Briqueta -01 (4% de cemento)	Masa Saturada luego de la inmersión (gr)	Peso seco inicial (gr)	Humedad (%)	Masa seca luego del cepillado	Pérdidas
Ciclo 1	3016	2821.00	8.80	2761	2.13%
Ciclo 2	2960	2780.50	8.18	2740	0.76%
Ciclo 3	2948	2757.90	8.91	2723	0.62%
Ciclo 4	2917	2739.60	8.29	2705	0.66%
Ciclo 5	2913	2722.80	9.11	2691	0.52%
Ciclo 6	2879	2708.00	8.08	2679	0.45%
Ciclo 7	2880	2695.30	9.01	2669	0.37%
Ciclo 8	2848	2684.50	7.77	2660	0.34%
Ciclo 9	2837	2676.40	7.67	2654	0.23%
Ciclo 10	2830	2671.50	7.57	2650	0.15%
Ciclo 11	2823	2667.30	7.46	2645	0.19%
Ciclo 12	2817	2662.60	7.36	2640	0.19%
		<b>Total</b>			<b>6.60%</b>

INSTITUCIÓN EDUCATIVA "FEDERICO PAUCAR TITO"  
CALLE 100 N° 1000  
MOQUEGUA, PERÚ  
TEL: 084 222 1111

RUC 20467454379 - Av. Industrial N° 712 ACP fpaucar@gmail.com - gpo #172863 952692363



# FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

**TESE** : Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacanga, Moquegua, 2023

**SOLICITA** : Bach. Cristian Jonathan Valdivia Caceres DNI : 48278223

Bach. Maurizio Jesus Chipoco Diaz DNI : 71884602

**MUESTRAS** 4 % CEMENTO

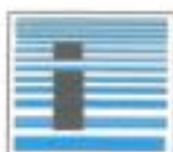
## ENSAYO DE HUMEDECIMIENTO - SECADO

ASTM D-155, AASHTO T-155

Humedad óptima de diseño	8.80%	Humedad lograda	7.11%
Peso unitario máximo (gr/cm <sup>3</sup> )	0.09	Peso unitario logrado (gr/cm <sup>3</sup> )	0.08
Humedad	1.69%	Peso unitario (kg/cm <sup>3</sup> )	0.00008
Contenido de cemento de diseño	4%	Contenido de cemento obtenido	4%
Máximo cambio de volumen	0.01	Contenido máximo de humedad	1.69%
Pérdida del suelo-cemento	6.31%		

Briqueta -02 (4% de cemento)	Masa saturada luego de la inmersión (gr)	Peso seco inicial (gr)	Humedad (%)	Masa seca luego del cepillado	Pérdidas
Ciclo 1	3126	2941	8.8	2871	2.05%
Ciclo 2	3070.2	2890	8.17	2850	0.73%
Ciclo 3	3058	2867	8.97	2833	0.60%
Ciclo 4	3027	2848	8.31	2816	0.60%
Ciclo 5	3022.6	2831	9.07	2801	0.53%
Ciclo 6	2991.6	2817	8.06	2789	0.43%
Ciclo 7	2993.1	2805	8.97	2779	0.36%
Ciclo 8	2961.5	2794	7.7	2770	0.32%
Ciclo 9	2950.8	2785	7.55	2764	0.22%
Ciclo 10	2945.7	2779	7.42	2760	0.14%
Ciclo 11	2937.2	2774	7.26	2755	0.18%
Ciclo 12	2930.5	2770	7.11	2751	0.15%
		<b>Total</b>			<b>6.31%</b>

RUC 20467454379 Av Industrial Nº 712 AQP paucar@gmail.com qps #177383 003602363



## FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

**TESEO** : Verificación de Efectividad de Impregnación Artificial para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacanga, Moquegua, 2023

**SOLICITA** : Bach. Christian Jonathan Valdivia Coceres DNI : 45278223

Bach. Maurilio Jesus Chpoco Diaz DNI : 71886602

**MUESTRAS 6 % CEMENTO**

### ENSAYO DE HUMEDECIMIENTO - SECADO

ASTM D-558, AASHTO T-145

Humedad óptima de diseño	6.80%	Humedad lograda	4.79%
Peso unitario máximo (gr/cm <sup>3</sup> )	0.90	Peso unitario logrado (gr/cm <sup>3</sup> )	0.80
Humedad	2.01%	Peso unitario (kg/cm <sup>3</sup> )	0.00080
Contenido de cemento de diseño	6%	Contenido de cemento obtenido	6%
Máximo cambio de volumen	0.10	Contenido máximo de humedad	2.01%
Pérdida del suelo-cemento	5.43%		

Briqueta - 01 (6% de cemento)	Masa Saturada luego de la inmersión (gr)	Peso seco inicial (gr)	Humedad (%)	Masa seca luego del cepillado	Pérdidas
Ciclo 1	3269	3074	6.8	3046	0.91%
Ciclo 2	3214	3033	6.19	3028	0.59%
Ciclo 3	3203	3010	6.89	3012	0.53%
Ciclo 4	3173	2992	6.3	2998	0.46%
Ciclo 5	3170	2975	7.16	2955	1.43%
Ciclo 6	3135	2960	5.86	2943	0.41%
Ciclo 7	3136.0	2947	6.77	2933	0.34%
Ciclo 8	3103.0	2936	5.5	2924	0.31%
Ciclo 9	3092.0	2928	5.4	2919	0.17%
Ciclo 10	3085.0	2924	5.2	2917	0.07%
Ciclo 11	3077.0	2919	5.09	2912	0.17%
Ciclo 12	3070.0	2915	4.79	2911	0.03%
		<b>Total</b>			<b>5.43%</b>

INSTITUTO TECNOLÓGICO  
DE MOQUEGUA  
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL  
Calle Los Angeles 1000  
Moquegua - 05000

RUC 2047454170 As Industrial N° 710 AQP fpaucar@gmail.com qm #172583 953802383



## FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

**TEMA** : Verificación de efectividad de imprimación Asfáltica para la impermeabilización de bases Estabilizadas con Cemento. Carretera Los Angeles - Yacanga, Moquegua, 2023

**SOLICITA** : Bach. Christian Jonathan Vadivla Cáceres DNI : 48278223

Bach. Mauricio Jesús Chipoco Díaz DNI : 71886402

**MUESTRAS 6 % CEMENTO**

### ENSAYO DE HUMEDECIMIENTO - SECADO

ASTM D-558, AASHTO T-133

Humedad óptima de diseño	6.80%	Humedad lograda	4.88%
Peso unitario máximo (gr/cm <sup>3</sup> )	0.88	Peso unitario logrado (gr/cm <sup>3</sup> )	0.78
Humedad	1.92%	Peso unitario (kg/cm <sup>3</sup> )	0.00078
Contenido de cemento de diseño	6%	Contenido de cemento obtenido	6%
Máximo cambio de volumen	0.09	Contenido máximo de humedad	1.92%
Pérdida del suelo-cemento	4.94%		

Briqueta - 02 (6% de cemento)	Masa Saturada luego de la inmersión (gr)	Peso seco inicial (gr)	Humedad (%)	Masa seca luego del cepillado	Pérdidas
Ciclo 1	3235	3040	6.8	3010	0.99%
Ciclo 2	3179.2	3000	6.19	2989	0.70%
Ciclo 3	3167	2979	6.89	2971	0.60%
Ciclo 4	3136	2960	6.26	2955	0.56%
Ciclo 5	3131.6	2945	7.08	2943	0.41%
Ciclo 6	3097.6	2931	5.97	2932	0.37%
Ciclo 7	3099.4	2919	6.85	2922	0.34%
Ciclo 8	3066.6	2909	5.55	2913	0.32%
Ciclo 9	3055.9	2900	5.36	2908	0.17%
Ciclo 10	3048.8	2885	5.13	2904	0.14%
Ciclo 11	3042.9	2891	5.02	2899	0.17%
Ciclo 12	3035.6	2885	4.88	2893	0.21%
		<b>Total</b>			<b>4.94%</b>

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIAS  
CONCRETAS S.R.L.  
Federico Paucar Tito EIRL  
Moquegua - Perú

RUC 20447454279 Av Industrial N° 712 AQP feucar@gnail.com qpn #172383 95382393





**TÍTULO** : Verificación de Efectividad de Impregnación Adhesiva para la Injerencia de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacanga, Moquegua, 2023

**BOQUITA** : Bach. Christian Jonathan Valdivia Caceres DNI : 45176023

Bach. Mauricio Jesus Chipaca Diaz DNI : 71886402

**MUESTRA** : Todas las muestras

**ENSAYO DE PENETRACION EN CAPA GRANULAR**

MUESTRA	% CEMENTO	% HUMEDAD	TEMPERATURA DE LA BASE GRANULAR (°C)	PENETRACION (mm)
M1	2%	6.0	31	2.0
M2	2%	6.0	31	2.2
M3	2%	6.0	31	2.1
M4	2%	6.0	27	2.0
M5	2%	8.0	31	2.0
M6	2%	8.0	31	2.1
M7	2%	8.0	20	1.8
M8	2%	8.0	26	1.8
M9	2%	10.0	31	2.2
M10	2%	10.0	31	2.4
M11	2%	10.0	31	2.5
M12	2%	10.0	21	2.7
M13	4%	6.0	31	2.7
M14	4%	6.0	31	2.8
M15	4%	6.0	21	2.9
M16	4%	6.0	27	2.8
M17	4%	8.0	31	2.7
M18	4%	8.0	22	2.9
M19	4%	8.0	20	2.6
M20	4%	8.0	31	2.5
M21	4%	10.0	31	2.8
M22	4%	10.0	31	2.1
M23	4%	10.0	31	2.7
M24	4%	10.0	31	2.8
M25	6%	6.0	31	0.7
M26	6%	6.0	31	0.7
M27	6%	6.0	27	0.5
M28	6%	6.0	27	0.8
M29	6%	6.0	31	0.7
M30	6%	6.0	31	0.8
M31	6%	6.0	27	0.6
M32	6%	6.0	27	0.8
M33	6%	10.0	31	0.9
M34	6%	10.0	31	1.1
M35	6%	10.0	27	0.7
M36	6%	10.0	27	1.2

MTC 2023000196. Av. Industrial 710. N°P. 80000000@peru.com.pe 0177081 00000000



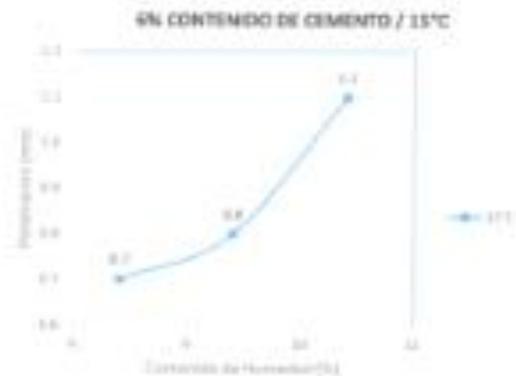
**TÍTULO** | Verificación de Efectividad de Impregnación Autógena para la Impermeabilización de Bases Estratificadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Tacango, Moquegua, 2023

**SOLICITA** | Bach. Christian Jonathan Valdivia Cuevas OIR: 41279223  
 Bach. Mauricio Jesús Chilpeco Díaz OIR: 71996602

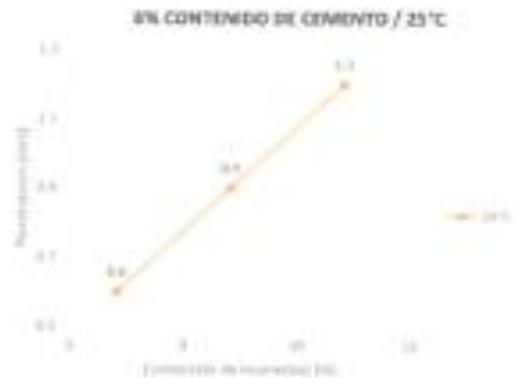
**MUESTRA** | MUESTRAS DE 4S DE CEMENTO

**ENSAYO DE PENETRACION EN CAPA GRANULAR**

5% Contenido de Cemento			
Temperatura de base granular 15°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-26	0.7	6.8	-20P
M-33	0.8	6.8	0P
M-36	1.1	10.8	+20P



5% Contenido de Cemento			
Temperatura de base granular 25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-26	0.6	6.8	-20P
M-33	0.5	6.8	0P
M-36	1.2	10.8	+20P





**TÍTULO** : Verificación de Efectividad de Inyección Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacanga, Moravia, 2023

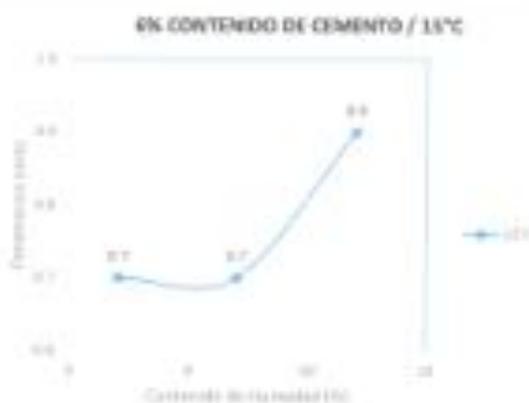
**SOLICITA** : Bach. Christian Jonathan Yaldiza Coocres DNI: 41076023

Bach. Anselmo Jesús Chiquero Díaz DNI: 71284602

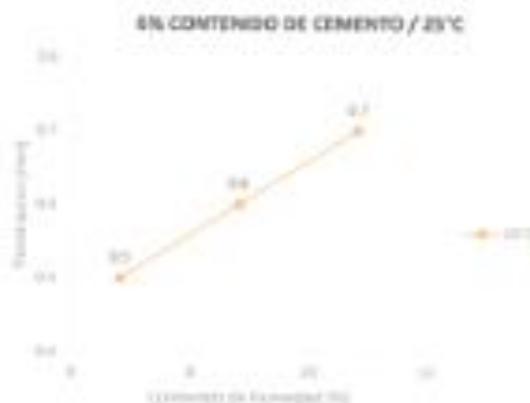
**MUESTRA** : MUESTRAS DE AS DE CEMENTO

### ENSAYO DE PENETRACION EN CAPA GRANULAR

5% Contenido de Cemento			
Temperatura de base granular 15°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-25	0.7	8.8	-20P
M-29	0.7	8.8	0P
M-33	8.8	10.8	+20P



5% Contenido de Cemento			
Temperatura de base granular 25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-27	0.5	8.8	-20P
M-31	0.6	8.8	0P
M-35	0.7	10.8	+20P





**TÍTULO** : Verificación de Efectividad de Impresación Relativa para la Impresionabilización de Berms Estabilizados con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yarengo, Moquegua, 2022

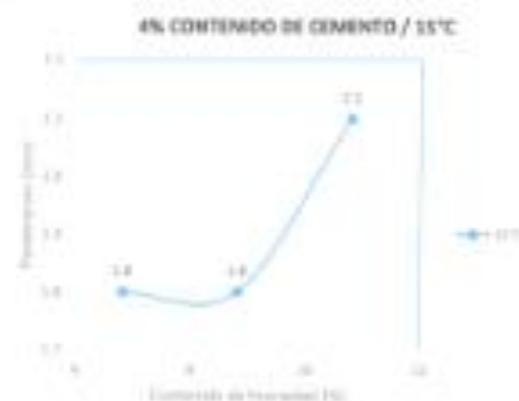
**SOlicita** : Bach. Christian Jonathan Valdivia Caceres OIR : 40275025

Bach. Mauricio Jesús Chirco Diaz OIR : 77886502

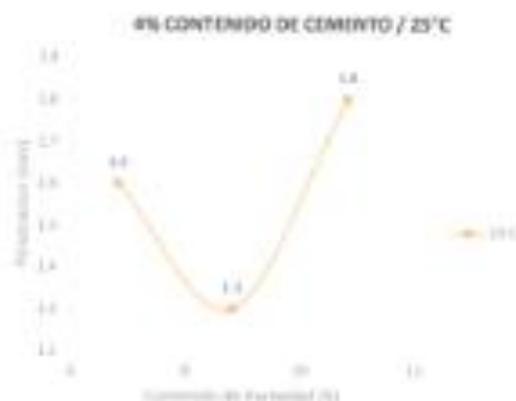
**MUESTRA** : MUESTRAS DE 4% DE CEMENTO

**ENSAYO DE PENETRACION EN CAPA GRANULAR**

4% Contenido de Cemento			
Temperatura de base granular			
25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-14	1.8	9.8	-30P
M-16	1.8	8.8	OP
M-22	2.1	16.6	+30P



4% Contenido de Cemento			
Temperatura de base granular			
25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-16	1.6	9.8	-30P
M-20	1.1	8.6	OP
M-24	1.6	10.8	+30P



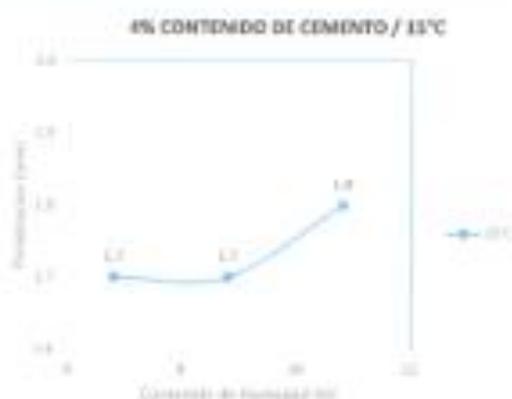
*Federico Paucar Tito EIRL*  
Mauricio Jesús Chirco Díaz  
Christian Jonathan Valdivia Caceres



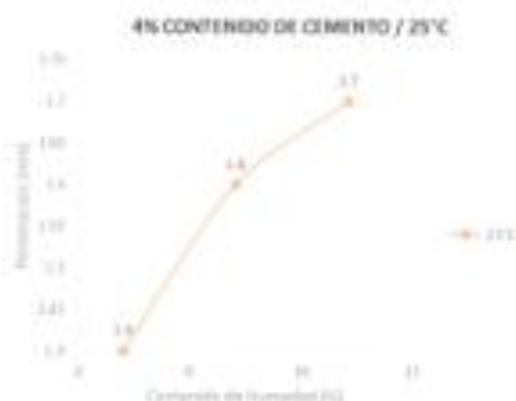
- TÍTULO** : Verificación de Efectividad de Ingeniería de Arriba para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Angeles - Yauanga, Moquegua, 2023
- SOLICITA** : Koch, Christian Jonathan Yodiva Coceres. OIR : 45279029  
Bocil, Mauro Jesús Chipocho Díaz. OIR : 71884602
- MUESTRA** : MUESTRAS DE 4% DE CEMENTO

**ENSAYO DE PENETRACION EN CAPA GRANULAR**

4% Contenido de Cemento			
Temperatura de base granular			
15°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-15	1.7	6.8	-DOP
M-17	1.7	6.8	OP
M-21	1.8	16.8	+DOP



4% Contenido de Cemento			
Temperatura de base granular			
25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-15	1.4	6.8	-DOP
M-19	1.6	6.8	OP
M-23	1.7	16.8	+DOP



FEDERICO PAUCAR TITO EIRL  
CALLE 1000 N° 1000  
MOQUEGUA - PERU



**TÍTULO** : Verificación de Efectividad de Inyección Asfáltica para la impermeabilización de Bases Escalfadas con Cemento, Carretera Loo-Ángelica-  
Yacanga, Moquegua, 2023.

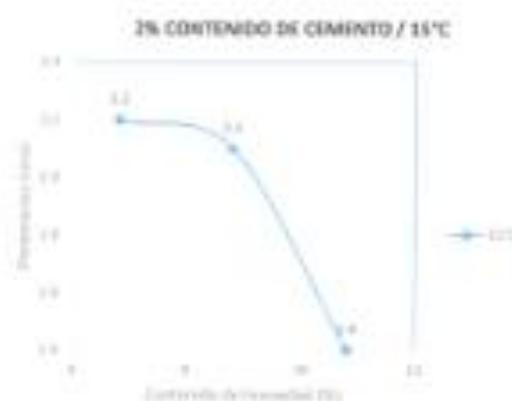
**AUTORA** : Bach. Christian Jonathan Inalberto Cáceres (DNI : 40278223)

Bach. Maurilio Jesús Chipoyán Díaz (DNI : 71866402)

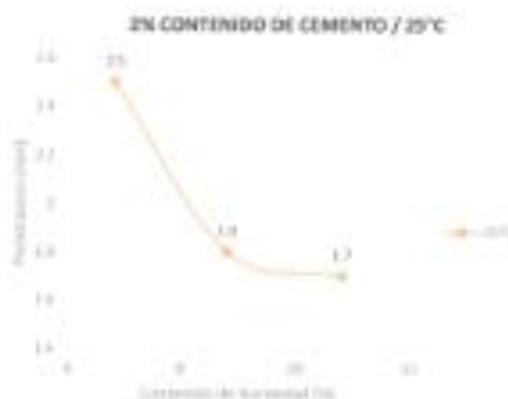
**MUESTRA** : MUESTRAS DE DE DE CEMENTO

### ENSAYO DE PENETRACION EN CAPA GRANULAR

2% Contenido de Cemento			
Temperatura de base granular 25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-2	2.2	6.8	-2OP
M-6	2.1	6.8	OP
M-10	1.8	10.8	+2OP



2% Contenido de Cemento			
Temperatura de base granular 25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-4	2.5	6.8	-2OP
M-8	1.8	6.8	OP
M-12	1.7	10.8	+2OP



*Federico Paucar Tito EIRL*  
Ingeniería Civil  
Moquegua, Perú 2023



**TÍTULO** : Verificación de Efectividad de Infiltración Estática para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacanga, Moquegua, 2021

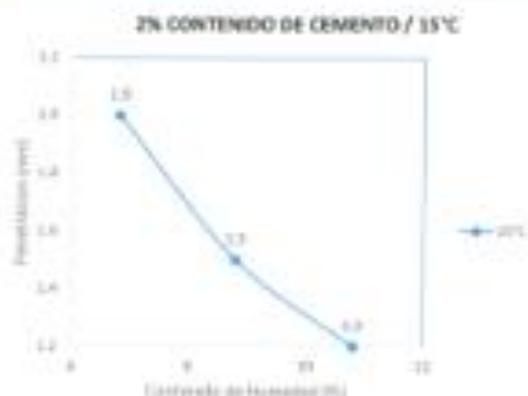
**ELABORA** : Koch, Christian Jonathan Valdivia Caceres DNI : 43278223

Koch, Anibal Jesús Cháves Diaz DNI : 71884400

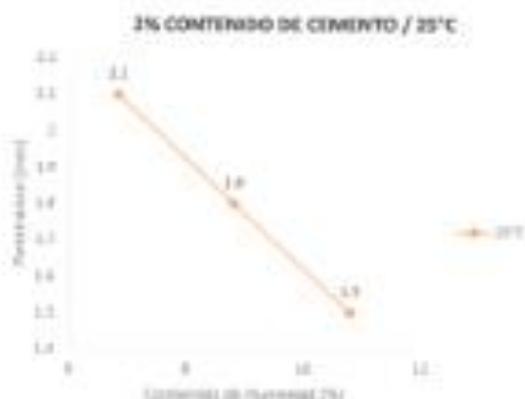
**MUESTRA** : MUESTRAS DE 2% DE CEMENTO

**ENSAYO DE PENETRACION EN CAPA GRANULAR**

2% Contenido de Cemento			
Temperatura de base granular			
25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-1	1.8	6.8	-20P
M-5	1.3	5.8	OP
M-7	1.2	10.8	+20P



2% Contenido de Cemento			
Temperatura de base granular			
25°C			
MUESTRA	PENETRACION mm	HUMEDAD %	
M-2	2.1	5.8	-20P
M-7	1.8	5.8	OP
M-11	1.5	10.8	+20P



*[Handwritten signature]*



## FICHA TECNICA

### Emulsión Asfáltica Catiónica Super Estable CSS-1H

Código : **B-CSS-1H** Revisión : Mayo 2021 Rvdo. por : Lab. Central Página : 1

Emulsión Catiónica de Rotura Lenta CSS-1H, que tiene muy buena habilidad para mezclar con un agregado, es decir el asfalto demora un buen tiempo en sufrir coalescencia. Esta emulsión esta dentro de la clasificación de las LENTAS, permitiendo alcanzar una buena trabajabilidad. Estas emulsiones están diseñadas para reaccionar lentamente con el agregado y revertir del estado de emulsión al de asfalto.

#### Aplicaciones

Slurry Seal, mezclas densas, estabilizaciones, riegos de liga, etc. (previa recomendación del proveedor)

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

Composición	:	Asfalto y agua
Color	:	Marrón oscuro
Aspecto	:	Líquido viscoso
Gravedad específica a 20 °C	:	0.95

#### ESPECIFICACIONES ASTM D 2397

Viscosidad Saybolt Furol a 25 °C, s	20 – 100
Sedimentación, 5 días, %	5.0 % máx.
Estabilidad almacenamiento 24 hrs., %	1.0 % máx.
Tamizado, %	0.1 % máx.
Residuo asfáltico, %	57 % mín.
Prueba sobre el residuo de ensayo de destilación:	
Penetración, 25 °C, 100 mg, 5 s (1)	40 - 90
Ductilidad, 25 °C, 5 cm./min., cm.	40 mín.

(1) La penetración cambia al variar el tipo de PEN

#### ALMACENAMIENTO

Se almacena en cisternas o cilindros metálicos a una temperatura de 10 °C a 60 °C

---

#### BITUMEX PERU S.A.C.

Oficina: Mo U Lote 05 Industrial las Pireas Lima-33- Perú – Telef: (51) 017520233  
[www.bitumexperu.com](http://www.bitumexperu.com) - e-mail: ventas@bitumexperu.com

## ANEXO 7. Certificados de calibración



### METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela Nº 2040 Lima 05- Lima - Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-6666 / 969 046 181  
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 969 403 296  
Atención al Cliente: 975 193 739  
E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1ACD-0403-2022



Expediente : 2A00159  
Página 1 de 2

Fecha de emisión : 2022-05-02

1. Solicitante : FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
2. Dirección : Calle Miguel Grau Nº 127 Interior 1 - Mariscal Nieto - Moquegua
3. Instrumento : TAMIZ

• Marca / Fabricante	: FORNEY	• Abertura nominal	: 12,5 mm
• N° de Malla	: 1/2"	• Diámetro del bastidor	: 8 pulgadas / 203,2 mm
• Número de serie	: 1/2"B58F637139	• Procedencia	: No indica
• Código de identificación	: No indica	• Ubicación	: No indica

4. Lugar de calibración : Laboratorio de Longitud y Ángulo de METROIL S.A.C.

5. Fecha de calibración : 2022-05-02

#### 6. Método de calibración

La calibración se efectuó por medición directa, tomando como referencia el PC-ML-005 Rev. 10 : "Procedimiento de Calibración de Tamices" de METROIL S.A.C.

#### 7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales de METROIL S.A.C., en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Instrumento patrón	Certificado de calibración
IL-106	Proyector de Perfiles	LLA-439-2021 / INACAL-DM

#### 8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental	: Inicial : 20,5 °C	Final : 20,3 °C
Humedad relativa	: Inicial : 53,7 %H.R.	Final : 54,6 %H.R.

#### 9. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" y con identificación N° 1AMA-04712-22.
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

  
  
JORGE L. GUTIÉRREZ VILLAGÓMEZ  
Laboratorio de Calibración

**10. RESULTADOS**

Datos técnicos del tamiz según ASTM E11-20	
Abertura nominal del tamiz	12.500 mm
Variación de apertura promedio : $\pm Y$	0.346 mm
Máxima variación de apertura : +X	0.750 mm
Diámetro nominal del alambre	2.500 mm
Diámetro mínimo del alambre	2.100 mm
Diámetro máximo del alambre	2.900 mm

**Abertura en dirección x**

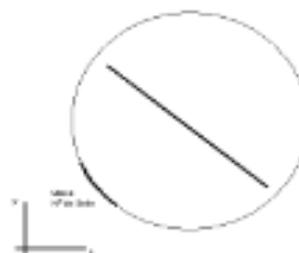
Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Desviación estándar ( mm )	Error ( mm )	Según ASTM E11-20			
				Variación de la apertura promedio		Máxima Variación de la apertura ( mm )	Máxima desviación estandar ( mm )
				Mínimo ( mm )	Máximo ( mm )		
12.400	0,023	0,062	0,100	12,154	12,846	13,250	0,268

**Abertura en dirección y**

Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Desviación estándar ( mm )	Error ( mm )	Según ASTM E11-20			
				Variación de la apertura promedio		Máxima Variación de la apertura ( mm )	Máxima desviación estandar ( mm )
				Mínimo ( mm )	Máximo ( mm )		
12.344	0,031	0,086	0,156	12,154	12,846	13,250	0,268

**Diámetro del alambre**

Diámetro en dirección x			Diámetro en dirección y			Según ASTM E11-20	
Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Error ( mm )	Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Error ( mm )	Diámetro del alambre	
						Mínimo ( mm )	Máximo ( mm )
2,769	0,013	-0,269	2,776	0,012	-0,278	2,100	2,900

**Gráfico referencial del tamiz**


FIN DEL DOCUMENTO



## METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01- Lima - Perú Central Telefónica: (511) 713-9000 / (511) 713-5656 / 999 048 181  
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 296  
Atención al Cliente: 975 193 739  
E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1ACD-0402-2022



Expediente : 2A00159  
Página 1 de 2

Fecha de emisión : 2022-05-02

1. **Solicitante** : FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
2. **Dirección** : Calle Miguel Grau N° 127 Interior 1 - Mariscal Nieto - Moquegua
3. **Instrumento** : TAMIZ
  - **Marca / Fabricante** : FORNEY
  - **N° de Malla** : 1"
  - **Número de serie** : 1"B58F723303
  - **Código de identificación** : No indica
4. **Lugar de calibración** : Laboratorio de Longitud y Ángulo de METROIL S.A.C.
5. **Fecha de calibración** : 2022-05-02

- **Abertura nominal** : 25 mm
- **Diámetro del bastidor** : 8 pulgadas / 203,2 mm
- **Procedencia** : No indica
- **Ubicación** : No indica

#### 6. Método de calibración

La calibración se efectuó por medición directa, tomando como referencia el PC-ML-005 Rev. 10 : "Procedimiento de Calibración de Tamices" de METROIL S.A.C.

#### 7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales de METROIL S.A.C., en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Instrumento patrón	Certificado de calibración
E-196	Proyector de Perfiles	LLA-439-2021 / INACAL-DM.

#### 8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental : Inicial : 20,4 °C Final : 20,5 °C  
Humedad relativa : Inicial : 53,7 %H.R. Final : 54,6 %H.R.

#### 9. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" y con identificación N° 1AMA-04711-22.
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

  
  
JORGE L. GUTIÉRREZ VILLAGÓMEZ  
Laboratorio de Calibración

**10. RESULTADOS**

Datos técnicos del tamiz según ASTM E11-20	
Abertura nominal del tamiz	25.000 mm
Variación de apertura promedio : ± Y	0.682 mm
Máxima variación de apertura : +X	1.240 mm
Diámetro nominal del alambre	3.550 mm
Diámetro mínimo del alambre	3.000 mm
Diámetro máximo del alambre	4.100 mm

**Abertura en dirección x**

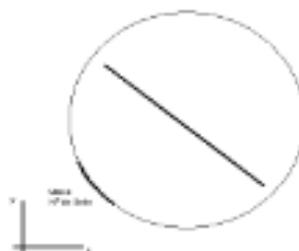
Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Desviación estándar ( mm )	Error ( mm )	Según ASTM E11-20			
				Variación de la apertura promedio		Máxima Variación de la apertura ( mm )	Máxima desviación estándar ( mm )
				Mínimo ( mm )	Máximo ( mm )		
24.982	0.049	0.117	0.018	24.318	25.682	26.240	—

**Abertura en dirección y**

Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Desviación estándar ( mm )	Error ( mm )	Según ASTM E11-20			
				Variación de la apertura promedio		Máxima Variación de la apertura ( mm )	Máxima desviación estándar ( mm )
				Mínimo ( mm )	Máximo ( mm )		
24.990	0.064	0.152	0.010	24.318	25.682	26.240	—

**Diámetro del alambre**

Diámetro en dirección x			Diámetro en dirección y			Según ASTM E11-20	
Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Error ( mm )	Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Error ( mm )	Diámetro del alambre	
						Mínimo ( mm )	Máximo ( mm )
3.783	0.012	-0.233	3.783	0.010	-0.233	3.000	4.100

**Gráfico referencial del tamiz**


FIN DEL DOCUMENTO



## METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01- Lima - Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-6656 / 999 048 181  
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256  
Atención al Cliente: 975 193 739  
E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1ACD-0401-2022



Expediente : 2A00159  
Página 1 de 2

Fecha de emisión : 2022-05-02

1. Solicitante : FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.  
2. Dirección : Calle Miguel Grau N° 127 Interior 1 - Mariscal Nieto - Moquegua  
3. Instrumento : TAMIZ

• Marca / Fabricante	: FORNEY	• Abertura nominal	: 9,5 mm
• N° de Malla	: 3/8"	• Diámetro del bastidor	: 8 pulgadas / 203,2 mm
• Número de serie	: 3/8"BS8F640219	• Procedencia	: U.S.A.
• Código de identificación	: No indica	• Ubicación	: No indica

4. Lugar de calibración : Laboratorio de Longitud y Ángulo de METROIL S.A.C.  
5. Fecha de calibración : 2022-05-02

#### 6. Método de calibración

La calibración se efectuó por medición directa, tomando como referencia el PC-ML-005 Rev. 10 : "Procedimiento de Calibración de Tamices" de METROIL S.A.C.

#### 7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales de METROIL S.A.C., en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Instrumento patrón	Certificado de calibración
IL-195	Proyector de Perfiles	LLA-439-2021 / INACAL-DM

#### 8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental	: Inicial : 20,2 °C	Final : 20,3 °C
Humedad relativa	: Inicial : 54,1 %H.R.	Final : 54,1 %H.R.

#### 9. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" y con identificación N° 1AMA-04710-22.
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

  
JORGE L. GUTIÉRREZ VILLAGÓMEZ  
Laboratorio de Calibración



## METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01- Lima - Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-6666 / 999 048 181  
 Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256  
 Atención al Cliente: 975 193 739  
 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

Certificado de Calibración N° 1ACD-0401-2022  
 Página 2 de 2

### 10. RESULTADOS

Datos técnicos del tamiz según ASTM E11-20	
Abertura nominal del tamiz	9.500 mm
Variación de apertura promedio : $\pm Y$	0.265 mm
Máxima variación de apertura : $+X$	0.610 mm
Diámetro nominal del alambre	2.240 mm
Diámetro mínimo del alambre	1.900 mm
Diámetro máximo del alambre	2.600 mm

#### Abertura en dirección x

Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Desviación estándar ( mm )	Error ( mm )	Según ASTM E11-20			
				Variación de la apertura promedio		Máxima Variación de la apertura ( mm )	Máxima desviación estándar ( mm )
				Mínimo ( mm )	Máximo ( mm )		
9.557	0.012	0.030	-0.057	9.235	9.765	10.110	0.211

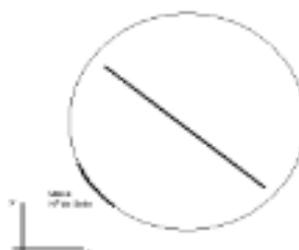
#### Abertura en dirección y

Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Desviación estándar ( mm )	Error ( mm )	Según ASTM E11-20			
				Variación de la apertura promedio		Máxima Variación de la apertura ( mm )	Máxima desviación estándar ( mm )
				Mínimo ( mm )	Máximo ( mm )		
9.542	0.012	0.030	-0.042	9.235	9.765	10.110	0.211

#### Diámetro del alambre

Diámetro en dirección x			Diámetro en dirección y			Según ASTM E11-20	
Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Error ( mm )	Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Error ( mm )	Mínimo ( mm )	Máximo ( mm )
2.334	0.012	-0.094	2.327	0.009	-0.067	1.900	2.600

#### Gráfico referencial del tamiz



FIN DEL DOCUMENTO



## METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela Nº 2040 Lima 01- Lima - Perú Central Telefónica: (511) 713-8080 / (511) 713-8656 / 969 048 181  
Consulta Técnica: (511) 713-9610 / 975 432 445 / 965 403 258  
Atención al Cliente: 975 193 739  
E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1ACD-0400-2022



Expediente : 2A00159  
Página 1 de 2

Fecha de emisión : 2022-05-02

- Solicitante** : FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
- Dirección** : Calle Miguel Grau Nº 127 Interior 1 - Mariscal Nieto - Moquegua
- Instrumento** : **TAMIZ**
  - **Marca / Fabricante** : FORNEY
  - **N° de Malla** : N° 4
  - **Número de serie** : 4BS5F841744
  - **Código de identificación** : No indica
- Lugar de calibración** : Laboratorio de Longitud y Ángulo de METROIL S.A.C.
- Fecha de calibración** : 2022-05-02

- **Abertura nominal** : 4,75 mm
- **Diámetro del bastidor** : 8 pulgadas / 203,2 mm
- **Procedencia** : No indica
- **Ubicación** : No indica

#### 6. Método de calibración

La calibración se efectuó por medición directa, tomando como referencia el PC-ML-005 Rev. 10 : "Procedimiento de Calibración de Tamices" de METROIL S.A.C.

#### 7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales de METROIL S.A.C., en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Instrumento patrón	Certificado de calibración
IL-196	Proyector de Perfiles	LLA-439-2021 / INACAL-DM.

#### 8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental : Inicial : 20,3 °C Final : 20,5 °C  
Humedad relativa : Inicial : 55,5 %H.R. Final : 54,8 %H.R.

#### 9. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" y con identificación N° 1AMA-04709-22.
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

  
**JORGE L. GUTIÉRREZ VILLAGÓMEZ**  
Laboratorio de Calibración

**10. RESULTADOS**

Datos técnicos del tamiz según ASTM E11-20	
Abertura nominal del tamiz	4.750 mm
Variación de abertura promedio : $\pm Y$	0.135 mm
Máxima variación de abertura : +X	0.370 mm
Diámetro nominal del alambre	1.600 mm
Diámetro mínimo del alambre	1.300 mm
Diámetro máximo del alambre	1.900 mm

**Abertura en dirección x**

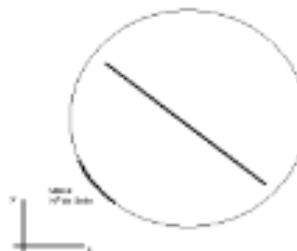
Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Desviación estándar ( mm )	Error ( mm )	Según ASTM E11-20			
				Variación de la abertura promedio		Máxima Variación de la abertura ( mm )	Máxima desviación estándar ( mm )
				Mínimo ( mm )	Máximo ( mm )		
4.750	0.005	0.009	-0.010	4.615	4.885	5.120	0.118

**Abertura en dirección y**

Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Desviación estándar ( mm )	Error ( mm )	Según ASTM E11-20			
				Variación de la abertura promedio		Máxima Variación de la abertura ( mm )	Máxima desviación estándar ( mm )
				Mínimo ( mm )	Máximo ( mm )		
4.772	0.007	0.016	-0.022	4.615	4.885	5.120	0.118

**Diámetro del alambre**

Diámetro en dirección x			Diámetro en dirección y			Según ASTM E11-20	
Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Error ( mm )	Promedio ( mm )	Incertidumbre ( mm )	Error ( mm )	Diámetro del alambre	
						Mínimo ( mm )	Máximo ( mm )
1.641	0.014	-0.041	1.629	0.007	-0.029	1.300	1.900

**Gráfico referencial del tamiz**


FIN DEL DOCUMENTO





## METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela Nº 2040 Lima 01- Lima - Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 048 181  
 Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256  
 Atención al Cliente: 975 193 739  
 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

Certificado de Calibración N° 1ACD-0399-2022  
 Página 2 de 2

### 9. RESULTADOS

Datos técnicos del tamiz según ASTM E11-20	
Abertura nominal del tamiz	150,00 $\mu\text{m}$
Variación de apertura promedio: $\pm Y$	6,00 $\mu\text{m}$
Máxima variación de apertura: $+X$	38,00 $\mu\text{m}$
Diámetro nominal del alambre	100,00 $\mu\text{m}$
Diámetro mínimo del alambre	85,00 $\mu\text{m}$
Diámetro máximo del alambre	115,00 $\mu\text{m}$

#### Abertura en dirección x

Promedio ( $\mu\text{m}$ )	Incertidumbre ( $\mu\text{m}$ )	Desviación estándar ( $\mu\text{m}$ )	Error ( $\mu\text{m}$ )	Según ASTM E11-20			
				Variación de la apertura promedio		Máxima Variación de la apertura ( $\mu\text{m}$ )	Máxima desviación estandar ( $\mu\text{m}$ )
				Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	Máximo ( $\mu\text{m}$ )		
143,62	7	2,85	6,38	144,00	156,00	188,00	11,86

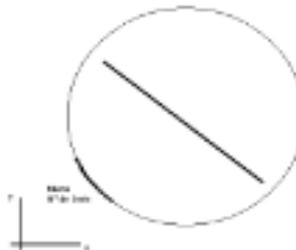
#### Abertura en dirección y

Promedio ( $\mu\text{m}$ )	Incertidumbre ( $\mu\text{m}$ )	Desviación estándar ( $\mu\text{m}$ )	Error ( $\mu\text{m}$ )	Según ASTM E11-20			
				Variación de la apertura promedio		Máxima Variación de la apertura ( $\mu\text{m}$ )	Máxima desviación estandar ( $\mu\text{m}$ )
				Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	Máximo ( $\mu\text{m}$ )		
146,96	7	2,37	3,04	144,00	156,00	188,00	11,86

#### Diámetro del alambre

Diámetro en dirección x			Diámetro en dirección y			Según ASTM E11-20	
Promedio ( $\mu\text{m}$ )	Incertidumbre ( $\mu\text{m}$ )	Error ( $\mu\text{m}$ )	Promedio ( $\mu\text{m}$ )	Incertidumbre ( $\mu\text{m}$ )	Error ( $\mu\text{m}$ )	Diámetro del alambre	
						Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	Máximo ( $\mu\text{m}$ )
103,30	7	-3,30	104,15	7	-4,15	85,00	115,00

#### Gráfico referencial del tamiz



FIN DEL DOCUMENTO



## METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01- Lima - Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 069 048 181  
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 405 256  
Atención al Cliente: 975 193 739  
E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1ACD-0398-2022



Expediente : 2A00159  
Fecha de emisión : 2022-05-02  
Página 1 de 2

- SOLICITANTE** : FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
- DIRECCIÓN** : Calle Miguel Grau N° 127 Interior 1 - Mariscal Nieto - Moquegua
- INSTRUMENTO** : TAMIZ  
Marca : FORNEY Abertura nominal : 75 µm  
N° de Malla : N° 200 Diámetro de bastidor : 8 pulgadas / 203,2 mm  
N° de serie : 200BS8F875297 Procedencia : No indica  
Código de ident. : No indica  
Ubicación : No indica
- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Calibrado el 2022-05-02 en el laboratorio de Longitud y Ángulo de METROIL S.A.C.
- MÉTODO DE CALIBRACIÓN**  
La calibración se efectuó por medición directa, tomando como referencia el PC-ML-005 Rev. 10 : "Procedimiento de Calibración de Tamices" de METROIL S.A.C.
- TRAZABILIDAD**  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales de METROIL S.A.C., en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)  
Proyector de Perfiles IL-196 con Certificado de Calibración N° LLA-439-2021 de INACAL-DM.
- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN:**  
Temperatura ambiental : Inicial : 20,4 °C Final : 20,6 °C  
Humedad relativa : Inicial : 53,7 %H.R. Final : 55,5 %H.R.
- OBSERVACIONES**
  - Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" y con identificación N° 1AMA-04707-22.
  - La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
  - La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

  
  
JORGE L. GUTIÉRREZ VILLAGÓMEZ  
Laboratorio de Calibración



## METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela Nº 2040 Lima 01- Lima - Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-6656 / 999 048 181  
 Consulta Técnica: (511) 713-9610 / 975 432 445 / 965 403 256  
 Atención al Cliente: 975 193 739  
 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

Certificado de Calibración N° 1ACD-0398-2022  
 Página 2 de 2

### 9. RESULTADOS

Datos técnicos del tamiz según ASTM E11-20	
Abertura nominal del tamiz	75,00 $\mu\text{m}$
Variación de apertura promedio: $\pm Y$	3,70 $\mu\text{m}$
Máxima variación de apertura: $+X$	26,00 $\mu\text{m}$
Diámetro nominal del alambre	50,00 $\mu\text{m}$
Diámetro mínimo del alambre	43,00 $\mu\text{m}$
Diámetro máximo del alambre	58,00 $\mu\text{m}$

#### Abertura en dirección x

Promedio ( $\mu\text{m}$ )	Incertidumbre ( $\mu\text{m}$ )	Desviación estándar ( $\mu\text{m}$ )	Error ( $\mu\text{m}$ )	Según ASTM E11-20			
				Variación de la apertura promedio		Máxima Variación de la apertura ( $\mu\text{m}$ )	Máxima desviación estandar ( $\mu\text{m}$ )
				Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	Máximo ( $\mu\text{m}$ )		
74,39	5	1,80	0,61	71,30	78,70	101,00	8,04

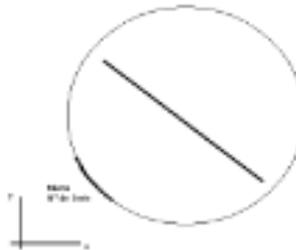
#### Abertura en dirección y

Promedio ( $\mu\text{m}$ )	Incertidumbre ( $\mu\text{m}$ )	Desviación estándar ( $\mu\text{m}$ )	Error ( $\mu\text{m}$ )	Según ASTM E11-20			
				Variación de la apertura promedio		Máxima Variación de la apertura ( $\mu\text{m}$ )	Máxima desviación estandar ( $\mu\text{m}$ )
				Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	Máximo ( $\mu\text{m}$ )		
74,00	5	1,11	1,00	71,30	78,70	101,00	8,04

#### Diámetro del alambre

Diámetro en dirección x			Diámetro en dirección y			Según ASTM E11-20	
Promedio ( $\mu\text{m}$ )	Incertidumbre ( $\mu\text{m}$ )	Error ( $\mu\text{m}$ )	Promedio ( $\mu\text{m}$ )	Incertidumbre ( $\mu\text{m}$ )	Error ( $\mu\text{m}$ )	Diámetro del alambre	
						Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	Máximo ( $\mu\text{m}$ )
53,10	5	-3,10	52,30	5	-2,30	43,00	58,00

#### Gráfico referencial del tamiz



FIN DEL DOCUMENTO

## Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

<b>Laboratorio</b>	<b>Longitud</b>	<b>Código N°</b>	<b>E058-0115A-2022-2</b>
Laboratory	length	Code N°	

ISO / IEC 17025

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí descrito o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado, por favor escribir a: [consultacertificados@lojusto.com](mailto:consultacertificados@lojusto.com) (se imprescindible adjuntar una imagen del certificado). [This certificate is issued electronically. If there is any doubt, in the veracity of this certificate, please write to: [consultacertificados@lojusto.com](mailto:consultacertificados@lojusto.com) (it is essential to attach an image of the certificate).]

<b>a. Solicitante:</b> <i>Applicant</i>	<b>FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.</b>
<b>b. Dirección solicitante:</b> <i>Applicant address</i>	<b>Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1, Mariscal Nieto - Moquegua.</b>
<b>c. Instrumento de medida:</b> <i>Measuring instrument</i>	<b>COPA CASAGRANDE</b>
<b>d. Marca:</b> <i>Manufacturer / Brand</i>	<b>HUMBOLDT MPG. CO.</b>
<b>e. Modelo:</b> <i>Model</i>	<b>H-4226</b>
<b>f. Número de serie:</b> <i>Serial Number</i>	<b>166</b>
<b>g. Identificación:</b> <i>Internal code</i>	<b>No indica</b>
<b>h. Lugar de calibración:</b> <i>Calibration Place</i>	<b>Laboratorio de LO JUSTO S.A.C.</b>
<b>i. Fecha de calibración:</b> <i>Calibration Date</i>	<b>2022-01-11</b>
<b>j. Supervisor de Laboratorio:</b> <i>Laboratory Supervisor</i>	<b>Fuentes Velasquez Alexander R. Supervisor de Laboratorio Laboratory Supervisor</b>
<b>k. Signatario a:</b> <i>Authorized signatory</i>	<b>Sign Here</b>

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.  
Certificados sin firma digital carecen de validez.

PT00-INRE-Edición digital 00

Laboratorio \_\_\_\_\_ Longitud \_\_\_\_\_  
 Laboratory \_\_\_\_\_ length \_\_\_\_\_

Código N° \_\_\_\_\_ E068-0115A-2022-2  
 Code N° \_\_\_\_\_

**1 Información del instrumento:**

Instrument information:

Intervalo de medición : No aplica Procedencia : USA

Etiqueta de Calibración N° : 55277

**2 Trazabilidad Metrológica :**

Metrological Traceability:

Vernier digital con resolución de 0,01 mm, con certificado de calibración MLP-001-2021.

Cinta métrica Clase I de 1 mm, con certificado de calibración LLA-441-2020.

Balanza Mettler Toledo 5G32001 con certificado de calibración INTERNO-2021-51-6.

**3 Instrumentos auxiliares :**

Instruments auxiliary :

Termohigrómetro marca ETI Ltd., con certificado de calibración TE-301-2021.

**4 Método de calibración:**

Calibration method:

Se utilizó el procedimiento de calibración PC – LJ – 028. Y se tomó la Norma Técnica ASTM D-4318-17 como referencia.

**5 Condiciones Ambientales:**

Environmental conditions:

Temperatura Ambiente promedio : 20,6 °C ± 0 °C

Humedad Relativa promedio : 47,5 % ± 0,5 %

**6 Resultados de Calibración:**

Results of Calibration:

- Base

Medida	Valor Nominal	Valor Medido	Incertidumbre	Tolerancia ±
Largo ( mm )	150,0	150,43	0,03	2,0
Ancho ( mm )	125,0	125,11	0,04	2,0
Altura ( mm )	50,0	50,39	0,05	2,0

- Taza

Medida	Valor Nominal	Valor Medido	Incertidumbre	Tolerancia ±
Masa ( g )	200,0	194,4	0,1	15,0
Diámetro ( mm )	108,0	108,52	0,05	0,5
Profundidad ( mm )	27,0	27,20	0,05	0,5
Espesor ( mm )	2,0	2,04	0,04	0,1
Deja Caer ( mm )	10,0	10,00	0,01	---
Diámetro huella ( mm )	< 10	7,36	0,34	---

**Diagrama del Instrumento:**  
Instrument Diagram:



**7 Notas y aclaraciones:**  
Notes and clarifications:

La incertidumbre combinada se calcula considerando las contribuciones de los estándares, el procedimiento de calibración y la calibración del propio instrumento. El valor de incertidumbre corresponde a la incertidumbre combinada multiplicada por un factor de cobertura  $k = 2$  para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. La incertidumbre de la medición típica ha sido determinada por el documento: Guía de expresión de la incertidumbre de la medición, primera edición septiembre 2008.

The combined uncertainty is calculated by considering the contributions the standards, the calibration procedure and calibration of the instrument itself. The uncertainty value corresponds to the combined uncertainty multiplied by a coverage factor  $k = 2$  for a confidence level of approximately 95%. The uncertainty of the typical measurement has been determined by Guide to the expression of uncertainty in measurement, First edition September 2008.

Este Certificado de calibración cumple con los requisitos establecidos en la Norma ISO/IEC 17025: Requisitos Generales para la competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayo.

Se colocó una etiqueta de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. en el equipo y está identificada con el N° 88277 .

**8 Observaciones y comentarios:**  
Observations and comments:

“ FIN DEL DOCUMENTO ”

## Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

Laboratorio Longitud Código N° E068-0115A-2022-4  
 Laboratory length Code N°

ISO / IEC 17025

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO SAC, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí descrito o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado, por favor escribir a:

consultacertificados@lojusto.com (es imprescindible adjuntar una imagen del certificado).

[This certificate is issued electronically. If there is any doubt, in the veracity of this certificate, please write to: consultacertificados@lojusto.com (it is essential to attach an image of the certificate).]

<b>a. Solicitante:</b> Applicant:	<b>FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.</b>
<b>b. Dirección solicitante:</b> Applicant address:	<b>Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1, Mariscal Nieto - Moquegua.</b>
<b>c. Instrumento de medida:</b> Measuring instrument:	<b>Vernier Digital</b>
<b>d. Marca:</b> Manufacturer / Brand:	<b>ACCUD</b>
<b>e. Modelo:</b> Model:	<b>111-012-12</b>
<b>f. Número de serie:</b> Serial Number:	<b>170331157</b>
<b>g. Identificación:</b> Internal code:	<b>No indica</b>
<b>h. Lugar de calibración:</b> Calibration Place:	<b>Laboratorio de Longitud de LO JUSTO S.A.C.</b>
<b>i. Fecha de calibración:</b> Calibration Date:	<b>2022-01-11</b>
<b>j. Supervisor de Laboratorio:</b> Laboratory Supervisor:	<b>Fuentes Velásquez Alexander R. Supervisor de Laboratorio Laboratory Supervisor</b>
<b>k. Signatario autorizado:</b> Authorized signatory:	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.  
 Certificados sin firma digital carecen de validez.

F700-INTD-Edición digital 00

<b>Laboratorio</b>	<b>Longitud</b>	<b>Código N°</b>	<b>ED66-0115A-2022-4</b>
Laboratory	length	Code N°	

### 1 Información del instrumento:

Instrument information:

Intervalo de indicación : 0 mm a 300 mm      Procedencia : No indica  
 Resolución : 0,01 mm

Bloques de Calibración N°: 86276

### 2 Trazabilidad Metroológica :

Metrological Traceability:

Bloques planoparalelos, con certificado de calibración LLA-151-2020 y LLA-266-2020 emitido por el DM - INACAL.  
 Micrómetro de exteriores digital, con certificado de calibración L-0967-2020.

### 3 Instrumentos auxiliares :

Instrument auxiliary :

Mesa de planitud, con certificado de calibración LLA-022-2021, emitido por el DM - INACAL.  
 Termohigrómetro marca ETL con certificado de calibración emitido por LO JUSTO S.A.C., código del certificado de calibración TE-301-2021.  
 Termómetro digital con sensor para superficies, con certificado de calibración TE-486-2021.

### 4 Procedimiento de calibración:

Calibration procedure:

PC-012 Procedimiento de Calibración de Pie de Rey, Edición: 5

### 5 Condiciones Ambientales:

Environmental conditions:

Temperatura Ambiente promedio : 20,3 °C ± 0,1 °C  
 Humedad Relativa promedio : 42,5 % ± 0,5 %

### 6 Resultados de Calibración:

Results of Calibration:

Valor Patrón mm	Indicación del instrumento de medición			Máx. Error abs. encontrado mm
	Exterior mm	Interior mm	Profundidad mm	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50,00	50,00	50,00	50,00	0,00
100,00	100,00	100,00	100,00	0,00
200,00	200,00	200,00	200,00	0,00
300,00	300,00	300,00	300,00	0,00

La incertidumbre expandida es  $U = 20 \mu\text{m}$

**7 Notas y aclaraciones:**

*Notes and clarifications:*

La incertidumbre combinada se calcula considerando las contribuciones de los estándares, el procedimiento de calibración y la calibración del propio instrumento. El valor de incertidumbre corresponde a la incertidumbre combinada multiplicada por un factor de cobertura  $k = 2$  para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. La incertidumbre de la medición típica ha sido determinada por el documento: Guía de expresión de la incertidumbre de la medición, primera edición septiembre 2008.

*The combined uncertainty is calculated by considering the contributions the standards, the calibration procedure and calibration of the instrument itself. The uncertainty value corresponds to the combined uncertainty multiplied by a coverage factor  $k = 2$  for a confidence level of approximately 95%. The uncertainty of the typical measurement has been determined by Guide to the expression of uncertainty in measurement, First edition September 2008*

Este Certificado de calibración cumple con los requisitos establecidos en la Norma ISO/IEC 17025: Requisitos Generales para la competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayo.

Se colocó una etiqueta de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. en el equipo y está identificada con el N° 83276 .

**8 Observaciones y comentarios:**

*Observations and comments*

Sin comentarios.

\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*

ISO / IEC 17025



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1ACF-0066-2022



Exp.: 2A06474  
 Fecha Emisión: 2022-10-10  
 Página: 1 de 3

1. SOLICITANTE : FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
2. DIRECCIÓN : Calle Miguel Grau N° 127 Interior 1 - Moquegua - Merical Nieto - Moquegua
3. EQUIPO DE MEDICIÓN : PRENSA HIDRÁULICA
- |                          |               |                    |              |
|--------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Marca                    | : MAV®        | Tipo de Ensayo     | : Compresión |
| Modelo                   | : No indica   | Tipo Indicación    | : Digital    |
| N° de Serie              | : HD2400201   | Capacidad          | : 5 000 kgf  |
| Código de identificación | : No indica   | Reestación         | : 1 kgf      |
| Procedencia              | : No indica   | Clase de Exactitud | : No indica  |
| Ubicación                | : Laboratorio |                    |              |
4. FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-10-04
5. LUGAR DE CALIBRACIÓN : En las instalaciones de FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.

### 6. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Por comparación directa, tomando como referencia la norma ISO 7500-1: 2018 Materiales metálicos. Calibración y verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción-compresión. Calibración y verificación del sistema de medida de fuerza.

### 7. TRAZABILIDAD

Los resultados son trazables a la unidad de medida del Sistema Internacional de Unidades (SI).  
 Se utilizaron los siguientes patrones:

Trazabilidad Patrón utilizado	Patrón utilizado	
	Tipo de Patrón	Certificado de calibración
HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania	Celda de carga 40 t	INF-LE 268-21 B / P.U.C.P.

### 8. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" con identificación N° 2AMG-00320-22.
- La periodicidad de las calibraciones está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo de medición.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- Utilizar el Newton como unidad de medida de fuerza del Sistema Internacional de Unidades.
- No se realizó medición de reversibilidad  $\gamma$  (%).
- Se calibró el equipo hasta 4 000 kgf en coordinación con el cliente.
- Se utilizó como factor de conversión: 1 kgf = 9,80665 N.
- ( \* ) Correspondiente al promedio de tres series de mediciones en ascenso.

Este documento es válido en el ámbito de su emisión, no es vinculante para el resto de la actividad otorgada por INACOLDA. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROIL S.A.C.




**JORGE A. YTUSA PACHECO**  
 Laboratorio de Calibración

**3. RESULTADOS**

Condiciones Ambientales		
	Inicial	Final
Temperatura	20.3 °C	20.6 °C
H. Relativa	57 % hr	58 % hr

Equipo a Calibrar (kgf)	Equipo Patrón Promedio (°)	Error (kgf)
521	501	20
1 036	1 013	23
1 535	1 504	31
2 036	2 019	20
2 526	2 508	20
3 037	3 020	17
3 536	3 511	25
4 046	4 030	16
4 446	4 421	25
4 956	4 935	12

Tabla de resultados convertidos a unidades del Sistema Internacional (N)

Equipo a Calibrar (N)	Equipo Patrón Promedio (N)	Error (N)
5 109	4 913	196
10 360	9 934	226
15 553	14 749	304
19 966	19 770	196
24 791	24 595	196
29 783	29 616	167
34 676	34 431	245
39 678	39 521	157
43 600	43 355	245
49 014	48 895	118

Equipo a Calibrar (kgf)	Errores Relativos				Incertid. Expandida U (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resolución Relativa a (%)	
521	4.00	0.20	---	0.19	2.52
1 036	2.26	0.10	---	0.10	1.25
1 535	2.06	0.07	---	0.07	0.84
2 036	0.99	0.10	---	0.05	0.63
2 526	0.79	0.04	---	0.04	0.50
3 037	0.58	0.36	---	0.03	0.48
3 536	0.69	0.03	---	0.03	0.36
4 046	0.39	0.05	---	0.02	0.31
4 446	0.57	0.00	---	0.02	0.29
4 956	0.23	0.02	---	0.02	0.25

Retorno a Cero $f_0$	0.00 %
----------------------	--------

Este documento es válido en el ámbito de acreditación, no es vinculante dentro del marco de la acreditación otorgada por INACOLDA. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROIL S.A.C.



Error relativo máximo permitido según la Clase de escala de la máquina de ensayo (ISO 7500-1)

Clase de la escala de la máquina	Errores Relativos				
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resolución Relativa a (%)	Cero f <sub>0</sub> (%)
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	0,25	± 0,05
1	± 1,0	1,0	± 1,5	0,5	± 0,1
2	± 2,0	2,0	± 3,0	1,0	± 0,2
3	± 3,0	3,0	± 4,5	1,5	± 0,3

FIN DEL DOCUMENTO

Este documento es válido en el ámbito de acreditación, no es válido dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL/DIA. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROIL S.A.C.

# Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

Laboratorio  
Laboratory

Masa  
Mass

Código N°  
Code N°

ED68-01 15A-2022-5

ISO / IEC 17025

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí descrito o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado, por favor escribir a:

consultas@lojusto.com (es imprescindible adjuntar una imagen del certificado).

[This certificate is issued electronically. If there is any doubt, in the veracity of this certificate, please write to: consultas@lojusto.com (it is essential to attach an image of the certificate).]

**a. Solicitante:** FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.  
Applicant

**b. Dirección solicitante:** Cal. Miguel Grau N° 127 Int. 1 Moquegua,  
Applicant address Mariscal Nieto - Moquegua

**c. Instrumento de medida:** Instrumento de pesaje de  
Measuring instrument funcionamiento no automático

**d. Marca:** Valtro  
Manufacturer / Brand

**e. Modelo:** No indica  
Model

**f. Numero de serie:** LDC30N2  
Serial Number

**g. Identificación:** No indica  
Internal code

**h. Lugar de calibración:** Laboratorio de masa de LO JUSTO  
Calibration Place S.A.C.

**i. Fecha de calibración:** 2022-01-11  
Calibration Date

**j. Supervisor de Laboratorio:** Gian Carlos, Maica Correa  
Laboratory Supervisor Supervisor de Laboratorio  
Laboratory Supervisor

**k. Signatario autorizado:**  
Authorized signatory

Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.  
Certificados sin firma digital carecen de validez.

FT00-INRE-Edición digital 03









## Certificado de Calibración

### LLA - 439 - 2021

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 1 de 6

Expediente	1042904	<p>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).</p> <p>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, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.	
Dirección	Av. Venezuela N° 2040 - Cercado De Lima - Lima	
Instrumento de Medición	PROYECTOR DE PERFILES	
Intervalo de Indicaciones	0,0000 mm a 150,0000 mm ( Eje X ) 0,0000 mm a 50,0000 mm ( Eje Y ) 0° a 360° ( Angular )	
Resolución del Dispositivo Visualizador	0,0005 mm ( Eje X ) 0,0005 mm ( Eje Y ) 1" ( ANGULAR )	
Marca	INSIZE	
Modelo	ISP-A1000	
Número de Serie	0507139861	
Error Máximo Permitido	( 4+L/25 ) µm ( ° )	
Fecha de Calibración	2021-11-08	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

	Responsable del área	Responsable del laboratorio
		
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Ángulo

## Certificado de Calibración LLA – 439 – 2021

Página 2 de 6

### Método de Calibración

Determinación del error de medición del proyector de perfiles en el eje de desplazamiento horizontal, en el eje de desplazamiento transversal y en el desplazamiento angular; se utilizó una regla de vidrio y bloques angulares.

### Lugar de Calibración

Laboratorio de Longitud y Ángulo  
Av. Venezuela N° 2040 - Cercado de Lima

### Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	20,8 °C

### Patrones de referencia

Trazabilidad metrológica	Patrón de medición	Documento de calibración
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología - INACAL	Regla de vidrio LA 04 004 con incertidumbre del orden de 0,9 µm	INACAL DM / LLA-060-2021 2021-11-05
Patrones de Referencia del Centro Español de Metrología - CEM	Bloques patrón angular LA 02 001 Con incertidumbre del orden de 03"	201676001 2021-05-22

### Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.

( \*\* ) El magnificador de 10X tiene el siguiente número de serie WDE00078.

( \*\*\* ) El magnificador de 100X tiene el siguiente número de serie WDE00053.



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

## Certificado de Calibración LLA – 439 – 2021

Página 3 de 6

### Resultados

DESPLAZAMIENTO EJE X CON MAGNIFICACION DE 10X ( \*\* )

VALOR PATRÓN ( μm )	LECTURA DEL PROYECTOR DE PERFILES ( μm )	ERROR DE MEDICIÓN ( μm )	ERROR MÁXIMO PERMITIDO ( * ) ( μm )
0.000	0.000	0.0	0.0
4.000	4.006	-0.6	0.2
8.000	8.004	-0.4	0.4
12.000	12.002	-0.2	0.6
16.000	16.001	-0.1	0.8
20.000	20.000	0.0	1.0
24.000	24.001	-0.1	1.2
28.000	28.002	-0.2	1.4
32.000	32.001	-0.1	1.6
36.000	36.000	0.0	1.8
40.000	40.001	-0.1	2.0
44.000	44.002	-0.2	2.2
48.000	48.001	-0.1	2.4
52.000	52.000	0.0	2.6
56.000	56.001	-0.1	2.8
60.000	60.000	0.0	3.0

Incertidumbre de medición : 2.1 μm

DESPLAZAMIENTO  
EN X

DESPLAZAMIENTO EJE Y CON MAGNIFICACION DE 10X ( \*\* )

VALOR PATRÓN ( μm )	LECTURA DEL PROYECTOR DE PERFILES ( μm )	ERROR DE MEDICIÓN ( μm )	ERROR MÁXIMO PERMITIDO ( * ) ( μm )
0.000	0.000	0.0	0.0
4.000	4.002	-0.2	0.2
8.000	8.000	0.0	0.4
12.000	12.001	-0.1	0.6
16.000	16.003	-0.3	0.8
20.000	20.000	0.0	1.0
24.000	24.001	-0.1	1.2
28.000	28.002	-0.2	1.4
32.000	32.001	-0.1	1.6
36.000	36.000	0.0	1.8
40.000	40.001	-0.1	2.0
44.000	44.002	-0.2	2.2
48.000	48.000	0.0	2.4
52.000	52.001	-0.1	2.6
56.000	56.000	0.0	2.8
60.000	60.000	0.0	3.0

Incertidumbre de medición : 1.6 μm

DESPLAZAMIENTO  
EN Y



INACAL  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

## Certificado de Calibración LLA – 439 – 2021

Página 4 de 6

DESPLAZAMIENTO EJE X CON MAGNIFICACION DE 100X (  $\mu\text{m}$  )

VALOR REAL ( $\mu\text{m}$ )	INDICACION DEL PROYECTOR DE PERFILES ( $\mu\text{m}$ )	ERROR DE MEDICIÓN ( $\mu\text{m}$ )	ERROR MÁXIMO PERMITIDO ( $\mu\text{m}$ )
0.000	0.000	0.0	0.0
1.000	1.000	-0.1	0.2
10.000	10.002	-0.2	0.8
100.000	100.005	-0.1	0.0

Incertidumbre de medición : 1.0  $\mu\text{m}$

DESPLAZAMIENTO  
EJE X  
←

DESPLAZAMIENTO EJE Y CON MAGNIFICACION DE 100X (  $\mu\text{m}$  )

VALOR REAL ( $\mu\text{m}$ )	INDICACION DEL PROYECTOR DE PERFILES ( $\mu\text{m}$ )	ERROR DE MEDICIÓN ( $\mu\text{m}$ )	ERROR MÁXIMO PERMITIDO ( $\mu\text{m}$ )
0.000	0.000	0.0	0.0
1.000	1.000	-0.1	0.2
10.000	10.000	0.0	0.0
100.000	100.002	-0.1	0.0

Incertidumbre de medición : 1.0  $\mu\text{m}$

DESPLAZAMIENTO  
EJE Y  
↑



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

**Laboratorio de Longitud y Angulo**

## Certificado de Calibración LLA – 439 – 2021

Página 5 de 6

### DESPLAZAMIENTO ANGULAR CON MAGNIFICACION DE 10X

VALOR PATRON	INDICACION DEL PROYECTOR DE PERFILES	ERROR DE MEDICION
00° 00' 01"	00° 00' 20"	00° 00' 19"
30° 00' 02"	29° 59' 49"	-00° 00' 13"
59° 59' 56"	60° 01' 43"	00° 01' 47"
89° 59' 58"	89° 59' 26"	-00° 00' 32"
120° 00' 02"	120° 01' 32"	00° 01' 30"
149° 59' 58"	150° 01' 00"	00° 01' 02"
180° 00' 01"	180° 00' 54"	00° 00' 53"
210° 00' 02"	210° 00' 17"	00° 00' 15"
239° 59' 58"	240° 02' 39"	00° 02' 41"
269° 59' 58"	270° 00' 42"	00° 00' 44"
300° 00' 02"	299° 58' 57"	-00° 01' 05"
329° 59' 57"	329° 59' 50"	-00° 00' 07"
360° 00' 01"	359° 59' 50"	- 00° 00' 11"

Incertidumbre de medición : 14"

Nota 1: Sentido de desplazamiento de derecha a izquierda para el eje x y de afuera para adentro para el eje y.

Nota 2: La medición angular se realizó utilizando la función ángulo del proyector de perfiles.

Nota 3: La calibración se realizó sólo utilizando la luz con la indicación CONTOUR.

( \* ) El error máximo permitido para los ejes X - Y dato dado por el fabricante, donde L es la medición de longitud en milímetros ( mm ) ; para las mediciones angulares no tiene especificaciones del error máximo permitido.

( \*\*\*\* ) El error de medición es mayor al error máximo permitido.



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

## Certificado de Calibración LLA – 439 – 2021

Página 6 de 6

### Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

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

### Recalibración

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

### DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23980 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPi mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y es responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metroológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

### SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDINET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

# Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

<b>Laboratorio</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Código N°</b>	<b>ED68-0115A-2022-6</b>
Laboratory	Temperature	Code N°	

ISO / IEC 17025

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO SAC, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí descrito o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado, por favor escribir a: [consultas@lojusto.com](mailto:consultas@lojusto.com) (es imprescindible adjuntar una imagen del certificado). [This certificate is issued electronically. If there is any doubt, in the veracity of this certificate, please write to: [consultas@lojusto.com](mailto:consultas@lojusto.com) (it is essential to attach an image of the certificate).]

- |   |   |
|---|---|
| <b>a. Solicitante:</b><br>Applicant                           | <b>FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.</b>  |
| <b>b. Dirección solicitante:</b><br>Applicant address         | <b>Caf. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1<br/>Moquegua - Mariscal Nieto - Moquegua</b>              |
| <b>c. Instrumento de medida:</b><br>Measuring instrument      | <b>Horno</b>  |
| <b>d. Marca:</b><br>Manufacturer / Brand                      | <b>Thermo Scientific</b>  |
| <b>e. Modelo:</b><br>Model                                    | <b>UT 6</b>   |
| <b>f. Número de serie:</b><br>Serial Number                   | <b>41132848</b>   |
| <b>g. Identificación:</b><br>Internal code                    | <b>No indica</b>  |
| <b>h. Lugar de calibración:</b><br>Calibration Place          | <b>Laboratorio de Temperatura de<br/>LO JUSTO SAC</b>   |
| <b>i. Fecha de calibración:</b><br>Calibration Date           | <b>2022-01-20</b>   |
| <b>j. Supervisor de Laboratorio:</b><br>Laboratory Supervisor | <b>Fuentes Velasquez Alexander R.<br/>Supervisor de Laboratorio<br/>Laboratory Supervisor</b> |
| <b>k. Signatario autorizado:</b><br>Authorized signatory      |   |

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.  
Certificados sin firma digital carecen de validez.

PT03-INPE-Edición digital 00

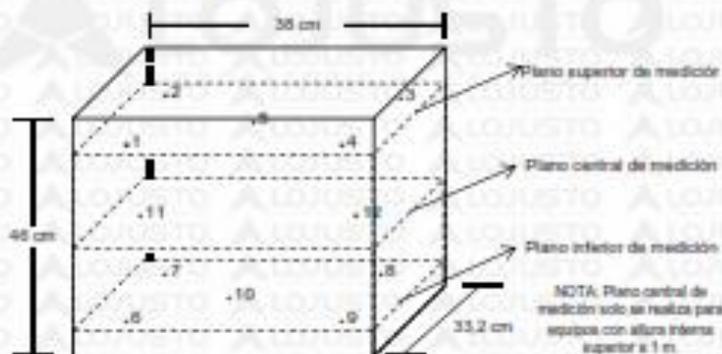
Laboratorio	Temperatura	Código N°	E066-0115A-2022-6
Laboratory	Temperature	Code N°	

**1 Información del instrumento**  
Instrument Information

1.1 Alcance del Selector:	0 °C a 250 °C
1.2 Resolución del Selector:	1 °C
1.3 Instrumento de Verificación de Temperatura:	Termómetro Propio
1.4 Ventilación:	Ventilación Forzada
1.5 Temperatura de Trabajo:	110 °C
1.6 Número de Parrillas:	2
Posición Parrilla N°1 desde base interna:	12 cm
Posición Parrilla N°2 desde base interna:	30 cm
1.7 Material de Ensayo:	Fuertes de metal
1.8 Porcentaje de Carga:	50%
1.9 Set Trampilla:	No aplica
1.10 Set Ventilador:	No aplica
1.11 Tiempo de Calentamiento y/o Enfriamiento y Estabilización:	2 horas
1.12 Etiqueta de Calibración:	88888

ISO / IEC 17025

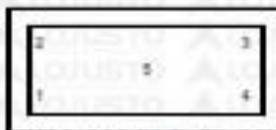
Distribución de los sensores de temperatura en el equipo durante la medición.



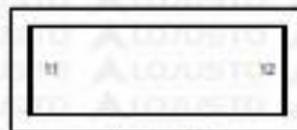
Plano superior de medición

Plano central de medición

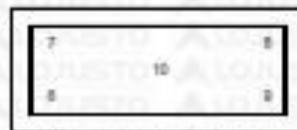
Plano inferior de medición



Ubicado a 41 cm de la base interna



No se realizó



Ubicado a 4,8 cm de la base interna

Los sensores 1; 2; 3; 4; 6; 7; 8 y 9 se ubicaron a 6 cm de la puerta y fondo, y a 6 cm de las paredes laterales.  
Los sensores 5 y 10 se ubicaron en la parte central de cada plano.

Laboratorio Temperatura Código N° ED55-0115A-2022-6  
 Laboratory Temperature Code N°

**2 Trazabilidad :**

Traceability:

Trazabilidad	Patrón empleado	Certificado de Calibración
LO JUSTO S.A.C.	Termómetro digital	INTERNO-2021-18-A

**3 Instrumentos auxiliares :**

Instruments auxiliary:

- Cinta Métrica código LLT-I-017.
- Cronómetro código LE-4-056.
- Medidor de Condiciones Ambientales código LT-I-152.

**4 Procedimiento de calibración:**

Calibration procedure:

Método de comparación directa "PC-018 Procedimiento para calibración de medidores (termómetros) con aire como medio termostático (SNM-INDECOPI) Edición 2", Lima - Perú.

**5 Condiciones Ambientales**

Environmental conditions

Temperatura Ambiente	22.9 °C
Humedad Relativa	45.0 %RH

ISO / IEC 17025

Laboratorio Temperatura Código N° E065-0115A-2022-E  
 Laboratory Temperature Code N°

6 Resultados de Calibración  
 Results of Calibration

TABLA DE RESULTADOS  
 110 °C

Tiempo (min)	T. Ind. °C	Temperatura en los Puntos de Medición (°C)												T. Pres. °C	Max. Tem. °C
		Plano Superior				Plano Inferior				Plano Central					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
0	110	108,7	110,5	110,4	110,5	110,6	109,6	109,3	110,6	110,3	110,3	-	-	110,2	1,3
2	110	108,9	110,7	110,5	110,7	110,7	109,6	109,5	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	1,2
4	110	108,9	110,7	110,5	110,6	110,7	109,6	109,4	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	1,3
6	110	108,9	110,6	110,5	110,6	110,7	109,6	109,4	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	1,3
8	110	108,8	110,6	110,4	110,7	110,7	109,7	109,4	110,6	110,2	110,3	-	-	110,3	1,3
10	110	108,9	110,7	110,5	110,7	110,7	109,6	109,5	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	1,3
12	110	108,8	110,6	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	1,3
14	110	108,9	110,7	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,7	110,3	110,5	-	-	110,3	1,3
16	110	108,9	110,6	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,6	110,3	110,5	-	-	110,4	1,3
18	110	108,8	110,6	110,4	110,6	110,7	109,6	109,5	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	1,2
20	110	108,9	110,6	110,5	110,6	110,7	109,6	109,4	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	1,3
22	110	108,8	110,6	110,4	110,6	110,7	109,6	109,3	110,7	110,1	110,3	-	-	110,2	1,4
24	110	108,9	110,7	110,5	110,7	110,7	110,0	109,5	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	1,3
26	110	108,9	110,6	110,4	110,6	110,7	109,6	109,4	110,7	110,2	110,3	-	-	110,3	1,3
28	110	108,9	110,7	110,5	110,7	110,8	109,6	109,5	110,7	110,3	110,4	-	-	110,3	1,3
30	110	108,8	110,6	110,4	110,6	110,7	109,6	109,4	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	1,3
32	110	110,0	110,7	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,8	110,3	110,4	-	-	110,3	1,3
34	110	108,8	110,6	110,4	110,5	110,7	109,7	109,4	110,7	110,2	110,4	-	-	110,2	1,3
36	110	108,9	110,7	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	1,3
38	110	108,9	110,6	110,5	110,7	110,8	110,0	109,5	110,8	110,3	110,5	-	-	110,4	1,3
40	110	110,0	110,6	110,6	110,6	110,9	110,0	109,5	110,8	110,3	110,5	-	-	110,4	1,4
42	110	108,9	110,7	110,6	110,6	110,9	109,9	109,5	110,8	110,3	110,5	-	-	110,4	1,3
44	110	110,0	110,6	110,6	110,7	110,8	109,9	109,6	110,8	110,3	110,5	-	-	110,4	1,3
46	110	108,9	110,7	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,8	110,2	110,5	-	-	110,3	1,3
48	110	108,9	110,6	110,4	110,6	110,7	109,9	109,4	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	1,3
50	110	108,9	110,6	110,4	110,6	110,7	109,5	109,5	110,6	110,1	110,4	-	-	110,2	1,2
52	110	108,9	110,6	110,5	110,7	110,7	109,6	109,4	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	1,4
54	110	108,9	110,7	110,5	110,6	110,8	109,9	109,4	110,8	110,3	110,5	-	-	110,4	1,4
56	110	108,9	110,7	110,6	110,7	110,8	109,9	109,5	110,8	110,4	110,5	-	-	110,4	1,3
58	110	110,0	110,7	110,5	110,7	110,8	109,9	109,5	110,8	110,3	110,5	-	-	110,4	1,4
60	110	108,8	110,6	110,4	110,6	110,7	109,9	109,5	110,7	110,1	110,3	-	-	110,3	1,2
T. Pres.	110	108,9	110,7	110,5	110,7	110,7	109,6	109,5	110,7	110,2	110,4	-	-	110,3	
T. Max	110	110,0	110,9	110,6	110,6	110,9	110,0	109,6	110,8	110,4	110,5	-	-		
T. Min	110	108,7	110,5	110,4	110,5	110,6	109,5	109,3	110,6	110,1	110,3	-	-		
DTT	0	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	-	-		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	110,9	0,2
Mínima Temperatura Medida	108,3	0,2
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,5	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	1,3	0,2
Estabilidad Medida (s)	0,25	0,10
Uniformidad Medida	1,4	0,2
Selector del equipo	118	

Laboratorio: Temperatura      Código N°: ED58-0115A-2022-6  
 Laboratory: Temperature      Code N°:

**DIAGRAMA DE CALIBRACIÓN  
110 °C**



ISO / IEC 17025

Foto de distribución de los sensores de temperatura y carga durante la calibración



Laboratorio	Temperatura	Código N°	E058-0115A-2022-6
Laboratory	Temperature	Code N°	

**7. Notas y aclaraciones:**

Notes and clarifications:

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

**T. PROM** Promedio de la temperatura en un solo punto de medición durante el tiempo de calibración.

**T. prom** Promedio de las temperaturas en los puntos de medición evaluados para un instante dado.

**T. MAX** Temperatura máxima.

**T. MIN** Temperatura mínima.

**DTT** Desviación de la temperatura en el tiempo.

**8. Observaciones y comentarios:** \*\*\* Sin observaciones \*\*\*

Observations and comments

\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*

ISO / IEC 17025

## INFORME TÉCNICO AL CERTIFICADO E068-0115A-2022-6

<b>1 SOLICITANTE</b>	: FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
<b>2 DIRECCIÓN</b>	: Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1 Mosqueña - Mariscal Nieto - Mosqueña
<b>3 INSTRUMENTO DE MEDIDA</b>	: Horno
<b>Identificación</b>	: No indica
<b>4 TOLERANCIAS</b>	: $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

ISO / IEC 17025

### 5 ANTECEDENTES

- » El solicitante requiere se indique el cumplimiento con las tolerancias correspondientes a sus métodos de ensayo y/o procedimientos.
- » La directriz de INACAL DA-003-06D en referencia a Opiniones e Interpretaciones, indica "Cuando el Laboratorio de Ensayo o Calibración le sean solicitadas opiniones, interpretaciones, sugerencias o recomendaciones a partir de los resultados del ensayo o calibración, estas deben hacerse en un documento que no forme parte del informe de ensayo o certificado de calibración" es por ello que las tolerancias de temperatura y el cumplimiento deben hacerse en un documento que no forme parte del certificado acreditado.
- » En relación a los resultados del certificado de calibración se estima la probabilidad de cumplimiento del instrumento con la tolerancia indicada por el solicitante.

### 6 CONCLUSIONES

- » La probabilidad de cumplimiento, según regla de decisión establecida en JCGM 100 Evaluación de datos de medición – El papel de la incertidumbre de medida en la evaluación de la conformidad, se declara sobre:

#### $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Valor Máximo:	110,9 °C	Probabilidad de cumplimiento mayor a	99,87%
Valor Mínimo:	109,3 °C	Probabilidad de cumplimiento mayor a	99,87%

**Supervisor de Laboratorio:**  
Laboratory Supervisor

**Fuentes Velazquez, Alexander R.**

## ANEXO 8. Cotización de ensayos de laboratorio



**FEDERICO PAUCAR TITO EIRL**  
Calle Miguel Grau 127 - 1, Moquegua, Prov. Mariscal Nieto-Moquegua  
[fpaucart@gmail.com](mailto:fpaucart@gmail.com)  
953692383

**PRESUPUESTO  
SOLICITADO:**  
PS2022-078

**TECIS:** Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento,  
Carretera Los Ángeles - Yacango, Moquegua, 2023

**UBICACIÓN:** ----

**ATENCIÓN:** Christian Jonathan Valdivia Caceres, Mauricio  
Jesus Chigoco Diaz

**DNI:** 43278223, 71886602

**DIRECCIÓN:** ----

**ASUNTO:** Ensayos de laboratorio

**FECHA:** 02/12/2022

**REF:** PS2022-078

ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANT.	P.U. SIN IGV	PARCIAL S/. SIN IGV
1.00	<b>ENSAYOS DE LABORATORIO</b>				
	Análisis granulométrico por tamizado	UND	1	42.00	42.00
	Límite atterberg	UND	1	70.00	70.00
	Proctor	UND	1	84.00	84.00
	CBR	UND	1	224.00	224.00
	Diseño incluye moldeado	UND	9	100.00	900.00
	Rotura briquetas Suelo - Cemento	UND	36	6.00	216.00
				<b>COSTO DIRECTO S/</b>	<b>1536.00</b>

**Comentarios o instrucciones especiales:**  
El presupuesto PS2022-078, está sujeto a las nuevas políticas de la empresa para un mejor desarrollo

**Nota:**

**Condiciones Comerciales:**

- Se le recuerda a nuestra querida clientela que nuestra empresa emite Recibo por Honorario a nombre de FEDERICO PAUCAR TITO, R.U.C.: 10044116745. Se le pide facilitar como a donde enviar el Recibo por Honorario
- Los precios indicados están expresados en soles y  incluye IGV
- Condiciones de pago: Contado
- Operación sujeta al Sistema de Pagos de Obligaciones Tributarias con el Gobierno Central. SPOT 16.00%.
- Fecha de entrega: Sujeto a las condiciones de lugar

**Cuentas Bancarias:**

BANCO	MONEDA	N° CUENTA	CCI
BCP	Sol	430-15815543-0-08	002 430 115815543008 70

**Para aceptar esta propuesta económica:**

Llenar los siguientes datos o en tal caso presentar la Orden de Servicio

Nombre y Apellidos: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Sello y firma: \_\_\_\_\_

**Acreditación:**

Federico Paucar Tito

Celular: 953692383

Si tiene alguna duda sobre esta propuesta económica, póngase en contacto al: 953692383 / 991270678 / 953930084

Y/o a el siguiente correo: [fpaucart@gmail.com](mailto:fpaucart@gmail.com)

LABORATORIO DE ENSAYOS Y CONSULTORÍA  
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

REGISTRO DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS  
FEDERICO PAUCAR TITO  
RUC: 010116745 Reg. 07 16710

Gracias por su confianza.

INGENIERO RESPONSABLE	
CALLE MIGUEL GRAU 127 - 1, MOQUEGUA Av. INDUSTRIAL N° 127 ARQUIPA REG CONSULTOR C2506	
ASOCIADO A LA SOCIEDAD PERSONAL DE GERENCIA 082953692383 fpaucart@gmail.com	



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, JORGE RICHARD OLARTE PINARES, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Verificación de Efectividad de Imprimación Asfáltica para la Impermeabilización de Bases Estabilizadas con Cemento, Carretera Los Ángeles - Yacango, Moquegua, 2023", cuyos autores son VALDIVIA CACERES CHRISTIAN JONATHAN, CHIPOCO DIAZ MAURIZIO JESUS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 29 de Marzo del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
JORGE RICHARD OLARTE PINARES <b>DNI:</b> 40752422 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5699-1323	Firmado electrónicamente por: JOLARTEP el 29-03- 2023 11:08:08

Código documento Trilce: TRI - 0539247