



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS
APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN
EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA
CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN
IGNACIO-CAJAMARCA.
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) CIVIL**

Autor:

Bach. Delgado Bravo Carlos Cesar
<https://orcid.org/0000-0002-0583-0148>
Bach. Renilla Lau Paula Alejandra
<https://orcid.org/0000-0002-4522-9955>

Asesor:

Mg. Idrogo Perez Cesar Antonio
<https://orcid.org/0000-0003-4232-0144>

Línea de Investigación:

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la
Industria en un contexto de Sostenibilidad**

Sublínea de Investigación:

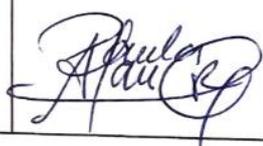
**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e
Infraestructura
Pimentel - Perú**

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos egresados del Programa de Estudios de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Delgado Bravo, Carlos Cesar	DNI: 71873991	
Renilla Lau, Paula Alejandra	DNI: 73827239	

Pimentel, 14 de noviembre de 2024.

20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

**APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL
TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE
SAN IGNACIO- CAJAMARCA.**

Aprobación del jurado

**Dr. Coronado Zuloeta Omar
Presidente del Jurado de Tesis**

**Dr. Salinas Vasquez Nestor Raul
Secretario del Jurado de Tesis**

**Mg. Villegas Granados Luis Mariano
Vocal del Jurado de Tesis**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	10
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. MATERIALES Y MÉTODO	23
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
3.1 Resultados.....	28
3.2 Discusión	38
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
4.1 Conclusiones.....	41
4.2 Recomendación:.....	42
REFERENCIAS	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Ensayos y conjunto de normas que determinan la caracterización física	25
Tabla II. Ensayos y conjunto de normas que determinan la caracterización de propiedades mecánicas	25
Tabla III. Ensayos y conjunto de normas que determinan la caracterización químicos	25
Tabla IV.	28
Tabla V. Análisis de varianza	35
Tabla VI. Prueba de comparaciones múltiples HSD TUKEY	35
Tabla VII. Análisis de costos sin estabilizador	36
Tabla VIII. Análisis de costo con estabilizador	36
Tabla IX. Presupuesto para las muestras	37
Tabla X. Matriz de Consistencia	52
Tabla XI. Operacionalización de variables. Variable independiente.	53
Tabla XII. Operacionalización de variables. Variable dependiente.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1. Representación gráfica de enlace de moléculas de un polímero [36]	22
Fig 2. Tratamiento de experimental.....	24
Fig 3. Diagrama de Flujo de la Investigación	27
Fig 4. Muestra guía - C.B.R (Relación de Soporte de California).....	29
Fig 5. Muestra A - C.B.R (Relación de Soporte de California)	30
Fig 6. Muestra A (Curada) - C.B.R (Relación de Soporte de California)	31
Fig 7. Muestra B - C.B.R (Relación de Soporte de California)	31
Fig 8. Muestra B (Curada) - C.B.R (Relación de Soporte de California)	32
Fig 9. Muestra C - C.B.R (Relación de Soporte de California)	33
Fig 10. Muestra C (Curada) - C.B.R (Relación de Soporte de California).....	33

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 .Análisis Granulométrico (Cuarteo y pesaje).....	58
Fotografía 2. Análisis granulométrico.....	58
Fotografía 3. Análisis granulométrico (Taras).....	59
Fotografía 4. Contenido de Humedad.....	59
Fotografía 5. Limite Liquido, Plástico e Índice plástico.....	60
Fotografía 6. Sales Solubles.....	60
Fotografía 7. Ensayo Proctor / C.B.R (Elaboración de Tandas).....	61
Fotografía 8. Ensayo Proctor (Muestra Guía).....	61
Fotografía 9. Compactación para penetración.....	62
Fotografía 10. Saturación de la muestra.....	62
Fotografía 11. Penetración.....	63
Fotografía 12. Ensayo Proctor / C.B.R. Elaboración de tandas. (Aplicación del estabilizador Polycom – Distribución del estabilizante).....	63
Fotografía 13. Ensayo proctor. Compactación del afirmado con estabilizador Polycom.....	64
Fotografía 14. Ensayo Proctor / C.B.R (Compactación de afirmado con estabilizador Polycom).....	64
Fotografía 15.Saturación del afirmado con estabilizador Polycom.....	65
Fotografía 16.Penetración del afirmado con estabilizador Polycom.....	65
Fotografía 17. Compactación del afirmado con estabilizador Polycom – Curado a los 7 dias.	66
Fotografía 18. Penetración del afirmado con estabilizador Polycom – Curado a los 7 dias..	66

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ACTA DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN	49
ANEXO 2. ACTA DE APROBACIÓN DEL ASESOR.....	50
ANEXO 3. CORREO DE RECEPCIÓN DE MANUSCRITO POR PARTE DE LA REVISTA .	51
ANEXO 4. MATRIZ DE CONSISTENCIA	52
ANEXO 5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	53
ANEXO 6. ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO	55
ANEXO 7. PANEL FOTOGRÁFICO.....	58
ANEXO 8. FICHAS TÉCNICAS.....	67
ANEXO 9. INFORMES DE LABORATORIO.....	70
ANEXO 10. ANÁLISIS QUÍMICO DEL MATERIAL TIPO AFIRMADO DE SAN IGNACIO- CAJAMARCA.....	87
ANEXO 11. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE LABORATORIO	89

RESUMEN

En diversas regiones de nuestro país la durabilidad y estabilidad de las carreteras no pavimentadas representan un desafío debido a la erosión y bajo rendimiento de los materiales tradicionales. Este estudio buscó mejorar el material granular tipo afirmado utilizado en las carreteras no pavimentadas de San Ignacio- Cajamarca mediante la incorporación de Polycom, un aditivo polimérico estabilizador, y evaluó su efecto en las propiedades físico-mecánicas del material antes mencionado. La metodología se desarrolló con un enfoque experimental cuasi-experimental, mediante la evaluación de las propiedades físico-mecánicas iniciales del material granular y la variación de su capacidad de resistencia tras la aplicación de Polycom en tres diferentes dosificaciones, 0.01 g/kg, 0.02 g/kg y 0.03 g/kg. Los resultados indicaron que el Polycom incrementó en un 61% en el ensayo de C.B.R., determinando como óptima la dosificación de 0.02 g/kg, identificada como "muestra B". En conclusión, la dosificación seleccionada ofrece una alternativa viable y costo-efectiva para estabilizar afirmados en vías de bajo tráfico, optimizando la cohesión y resistencia.

Palabra claves: Polycom, Ingeniería, Propiedades físico-mecánicas, Suelo, Afirmado.

ABSTRACT

In various regions of our country, the durability and stability of unpaved roads represent a challenge due to erosion and the poor performance of traditional materials. This study sought to improve the surface layer in unpaved roads of San Ignacio-Cajamarca by incorporating Polycom, a stabilizing polymer additive, and evaluated its effect on the physical-mechanical properties of the aforementioned material. The methodology was developed with a quasi-experimental approach, by evaluating the initial physical-mechanical properties of the granular material and the variation of its resistance capacity after the application of Polycom in three different dosages, 0.01 g/kg, 0.02 g /kg and 0.03 g/kg. The results indicated that Polycom increased by 61% in the C.B.R. test, determining the optimal dosage of 0.02 g/kg, identified as "sample B". In conclusion, the selected dosage offers a viable and cost-effective alternative to stabilize road surfaces with low traffic, optimizing cohesion and resistance.

Keywords: Polycom, Engineering, Physical-mechanical properties, Soil, Granular soil.

I. INTRODUCCIÓN

La estabilización del suelo in situ es una técnica utilizada para mejorar las propiedades del terreno, especialmente en carreteras, mediante la incorporación de materiales alternativos provenientes de fuentes biológicas y productos como enzimas biodegradadas, microbios y polímeros. Estos aditivos pueden mitigar problemas como la dispersión, erosión y colapsabilidad del suelo, así como aumentar la resistencia de subrasantes débiles, lo que es esencial para evitar fallas en carreteras relacionadas con la penetración de agua o la erosión [1].

En Rusia, el uso de polímeros ha mostrado ser efectivo para la protección del suelo, mejorando sus propiedades hidrofísicas y ayudando en la retención de humedad. Polímeros como poliacrilamidas y polisacáridos han sido utilizados con éxito para estabilizar suelos y evitar su degradación [2]. En Irán y China, el transporte de contaminantes en la escorrentía agrícola son problemas graves que afectan la fertilidad del suelo, así como también diversas actividades humanas como la minería han exacerbado la erosión del suelo y el transporte de sedimentos contaminados a sistemas acuáticos [3] [4].

En Australia, los estabilizadores poliméricos se han utilizado para reducir la contaminación por polvo en áreas mineras, destacando su capacidad para mejorar la resistencia del suelo frente a la erosión [5]. Además, se ha evidenciado la necesidad de estabilizar suelos en carreteras no pavimentadas, donde el polvo y la erosión representan problemas ambientales y de salud. La adición de agentes como el cloruro de calcio ha sido evaluada para reducir estos impactos, aunque sus efectos a largo plazo sobre el material base deben estudiarse más a fondo [6].

La comparación de métodos tradicionales de estabilización, como el cemento y betún, con soluciones no convencionales, como sales, polímeros y productos orgánicos, muestra que no existe una solución universal pero algunas alternativas ofrecen beneficios tanto económicos como ambientales [7]. En Canberra, el tratamiento del suelo con biopolímeros

(BPST) ha mostrado ser prometedor, aunque aún se requiere validación en términos de durabilidad y viabilidad económica [8]. Por otro lado, el uso de estabilizadores en suelos arenosos de baja cohesión ha mostrado ser esencial para evitar fallas estructurales catastróficas [9].

En varios países, la baja capacidad portante de los suelos, como los suelos arcillosos en las subrasantes de carreteras, es una preocupación constante, lo que ha llevado a evaluar diferentes estabilizadores para mejorar su capacidad de carga y reducir los costos de mantenimiento. Por ejemplo, el estabilizador Z en suelos arenosos y Maxxseal 200 en suelos arcillosos han demostrado incrementar significativamente el Índice de Soporte de California (CBR) [10] [11] [12].

Las cargas repetidas y condiciones climáticas adversas propias de la zona, también son perjudiciales para carreteras que presentan baja resistencia y estabilidad de subrasantes arcillosas, como lo son las carreteras de Utcubamba. Las características intrínsecas de estos suelos limitan su capacidad para soportar el tránsito, causando deformaciones y fallas estructurales. Para mejorar su desempeño, es necesario incorporar estabilizantes que incrementen la máxima densidad seca (MDS) y el Índice de Soporte California (CBR) [13].

En Chiclayo, la mejora de suelos con capacidad portante deficiente es fundamental para cumplir con los estándares del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), empleándose técnicas que incluyen cal, cemento, escoria y productos asfálticos para estabilizar las subrasantes [14].

La insuficiente capacidad portante de la carretera entre Acos Vinchos y Colpa, en Ayacucho, debido a las características físicas y mecánicas de los suelos locales hacen que las bases y subrasantes actuales no cumplan con los estándares de resistencia requeridos, lo que compromete su durabilidad y seguridad para el tránsito [15].

Como antecedentes internacionales tenemos el estudio realizado por G. Fijałkowska et al., titulado “Comparison of lead (II) ions accumulation and bioavailability on the montmorillonite and kaolinite surfaces in the presence of polyacrylamide soil flocculant”, se presentó como objetivo principal, comparar la eficacia de la inmovilización de iones de plomo (II) en superficies de aluminio silicato en presencia de poliacrilamida aniónica. La metodología consistió en evaluar la adsorción de Pb (II) de acuerdo a la concentración de cationes metálicos, contenido de grupos disociables en el floculante y la estructura interna de la arcilla. Los resultados demostraron que la presencia de poliacrilamida influyó en la cantidad de Pb (II) adsorbido y su inmovilización. La conclusión fue que la estructura del aluminio silicato y el floculante añadidos mejoraron significativamente la eficacia de la inmovilización de los cationes Pb (II) [16].

Bualuang et al, en su investigación titulada “Enhancing lateritic soil for sustainable pavement subbase with polymer-modified cement: A comparative study of styrene butadiene rubber and styrene acrylic latex applications” detalla que el uso de polímeros SBR (styrene butadiene rubber) y SA (styrene acrylic latex) como modificadores en materiales tratados con cemento (CTSB), optimizando la resistencia y reduciendo el uso de cemento. La metodología incluyó pruebas de compresión y modulación. Los resultados mostraron que 10% SA y 15% SBR mejoraron la capacidad portante y elasticidad, mientras que 1.6% SA y 2.4% SBR fueron los contenidos óptimos, reduciendo la necesidad de cemento. La conclusión destaca que los CTSB modificados con polímeros ofrecen una solución más sostenible, mejorando la durabilidad y reduciendo las emisiones de CO₂ en la construcción de pavimentos [17].

Irbid, Jordania: En la investigación titulada “Improving aggregate stability and hydraulic properties of Sandy loam soil by applying polyacrylamide polymer”, el objetivo fue evaluar el efecto de aplicar polímeros aniónicos de poliacrilamida (PAM) en suelos arenosos. La metodología involucró la aplicación de dos tipos de PAM en concentraciones de 0, 100, 250, 500 y 1000 mg/L, y la medición de la conductividad hidráulica y la tasa de infiltración. Los resultados mostraron que el PAM de bajo peso molecular tuvo efectos más pronunciados

sobre la tasa de infiltración, siendo la diferencia estadísticamente significativa ($\alpha = 0.05$). Se concluyó que el PAM de bajo peso molecular mejora considerablemente las propiedades hidráulicas del suelo [18].

Hyderabad, India: Se propuso evaluar los beneficios del uso de Polycom, un aditivo polimérico, para mejorar las propiedades de suelos arcillosos y arenas arcillosas. La metodología incluyó la estabilización mediante la aplicación húmeda de Polycom en tres tipos de suelos (arcilla de alta compresibilidad y dos arenas arcillosas), en las cuales se realizaron pruebas de densidad seca, resistencia a la compresión no confinada (UCS) y corte directo, obteniéndose como resultados que la resistencia de la arcilla aumentó en un 160% y la cohesión de las arenas arcillosas en un 150%. La conclusión fue que el uso de Polycom mejora significativamente la resistencia y estabilidad de los suelos para aplicaciones viales [19].

Nanjing, China: El estudio “Synergic effects of biochar and polyacrylamide amendments on the mechanical properties of silt loam soil under coastal reclamation in China” tuvo como objetivo investigar el efecto combinado de biochar y PAM en las propiedades mecánicas de un suelo franco limoso. La metodología incluyó la adición de biochar (0%, 2%, 5%) y PAM (0 ‰, 0.4 ‰, 1 ‰), evaluándose los límites de consistencia y la resistencia al corte. Los resultados mostraron mejoras significativas en el límite plástico y líquido con las adiciones de 5% de biochar y 1 ‰ de PAM. La conclusión fue que estas enmiendas mejoran la estabilidad del suelo en condiciones naturales [20].

Nur, Irán: El trabajo “Field measurement of effects of individual and combined application of biochar and polyacrylamide on erosion variables in loess and marl soils” tuvo como objetivo controlar la erosión en suelos de loess y margas usando biochar (BC) y PAM. Para el presente estudio se establecieron parcelas de prueba aplicando BC (800 g/m²), PAM (2 g/m²) y combinaciones BC + PAM. La metodología consistió en medir variables de erosión durante la escorrentía, obteniendo como resultados que el PAM incrementó

significativamente las variables de erosión por salpicadura ($p \leq 0.05$). Los autores concluyeron que el PAM es efectivo en el control de la erosión en los suelos estudiados [21].

Mashhad, Irán: En el estudio “Shear strength of an unsaturated loam soil as affected by vetiver and polyacrylamide”, el objetivo fue investigar cómo el vetiver y la poliacrilamida afectan la resistencia al corte de un suelo franco no saturado. En la metodología incluyeron ensayos de cizallamiento directo bajo diferentes esfuerzos normales y succiones métricas. Los resultados indicaron que el vetiver y el PAM disminuyeron el ángulo de fricción interna y aumentaron la cohesión y la resistencia al cizallamiento, concluyendo de esta forma que el sistema vetiver-PAM es una solución eficaz para mejorar la resistencia de suelos no saturados [22].

Wuhan, China: El estudio “Impact of raindrop diameter and polyacrylamide application on runoff, soil and nitrogen loss via raindrop splashing” tuvo como objetivo investigar cómo el diámetro de las gotas de lluvia y la aplicación de PAM afectan la pérdida de suelo y nitrógeno. Se aplicaron tres diámetros de gotas de lluvia y tres concentraciones de PAM en suelo de Kastanozem. Los resultados mostraron que la aplicación de PAM redujo significativamente la escorrentía, la pérdida de sedimentos y la pérdida de nitrógeno. Lo que concluyó que el PAM es efectivo para reducir la erosión y las pérdidas de nutrientes bajo diferentes condiciones de lluvia [4].

En el ámbito nacional, en nuestro país se han presentado tesis como la de C. J. Curitomay Najarro, titulada “Estabilización de suelos arcillosos con polímeros de tipo copolímero, aplicado a obras viales de mediano tránsito en la carretera Pucaloma - Yanayacu”. La cual presentó como objetivo, mejorar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos para carreteras mediante polímeros. Se tomaron muestras y se realizaron ensayos de contenido de humedad, granulometría y Proctor Modificado, obteniendo como resultados mejoras en la resistencia y una reducción de la permeabilidad del suelo. La conclusión fue que la aplicación de polímeros mejoró la estabilidad del suelo en obras

viales [23].

Tangay-Nuevo Chimbote, Perú: En la tesis “Estabilización de la superficie de rodadura mediante el uso de polímero en emulsión vinilo acrílico en la carretera no pavimentada al centro poblado Tangay”, se planteó como objetivo evaluar el uso del polímero Maxx-Seal 100 en la estabilización del suelo. La metodología incluyó ensayos de suelo inalterado y adiciones progresivas del polímero. Los resultados mostraron un aumento significativo en la capacidad de soporte del suelo (CBR), concluyendo que el polímero mejoró en un 300% la resistencia del suelo no tratado [24].

La Victoria, Perú: En la investigación “Evaluación de resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de La Victoria”, el objetivo fue analizar la capacidad de soporte de la subrasante utilizando polímeros reciclados de botellas PET. Se realizaron ensayos normados por el MTC para evaluar la resistencia del suelo. Los cuales mostraron en resultados que la adición de polímeros reciclados mejoró significativamente las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, lo que sugiere una aplicación viable en infraestructuras viales [14].

En la región de San Ignacio, Cajamarca, no existen antecedentes locales documentados sobre la aplicación del estabilizador Polycom en materiales tipo afirmado para mejorar las condiciones de carreteras no pavimentadas. La falta de investigaciones previas locales sobre Polycom resalta la importancia de esta tesis, que busca evaluar y documentar la efectividad del estabilizador para proporcionar una solución innovadora y potencialmente replicable en la región.

Por consiguiente, se justifica en el aspecto social que el uso del estabilizador Polycom en el material tipo afirmado para carreteras no pavimentadas de San Ignacio-Cajamarca mejora la calidad y seguridad de las vías, promoviendo de esta manera la conectividad y desarrollo de las comunidades. En el aspecto técnico, se justifica debido a que el Polycom ha demostrado optimizar las propiedades físico-mecánicas del afirmado, incrementando su

resistencia a la compresión y su capacidad de soporte, lo cual se confirma en los ensayos pertinentes. A su vez, la presente investigación manifiesta una justificación económica, pues alarga la vida útil de las carreteras, reduce costos de mantenimiento y hace que las inversiones en infraestructura sean más eficientes. Por último, pero no menos importante, se justifica ambientalmente, puesto que el uso de Polycom disminuye la erosión del suelo y la polución de polvo, así mismo, la implementación de dicho polímero hace que el material sea reciclable posterior a su vida útil, promoviendo una solución más sostenible y reduciendo el impacto ambiental negativo en la región.

Por lo anterior, se planteó el siguiente problema de investigación, ¿Cómo influye la aplicación del estabilizador Polycom en el material tipo afirmado para carreteras no pavimentadas de San Ignacio-Cajamarca?; ante la cual se plantea la siguiente hipótesis, si se aplica Polycom en el material tipo afirmado para carreteras no pavimentadas en San Ignacio- Cajamarca, entonces mejora las propiedades físico- mecánicas del afirmado.

Esta investigación presenta como objetivo general, aplicar el estabilizador Polycom en el material tipo afirmado para carreteras no pavimentadas de San Ignacio- Cajamarca. Acompañada de cuatro objetivos específicos empezando por evaluar las propiedades físico-mecánicas del afirmado para estabilización de carreteras no pavimentadas en San Ignacio- Cajamarca; analizar las propiedades físico-mecánicas del afirmado aplicando Polycom, en porcentajes de 0.001%, de 0.002% y de 0.003%, en relación al peso total de la muestra, para la estabilización de carreteras no pavimentadas en San Ignacio- Cajamarca; identificar el porcentaje óptimo de Polycom en gramos que se deberá aplicar por cada kilogramo de afirmado para mejorar su estabilización y sus propiedades físico-mecánicas; realizar el análisis de costos del afirmado con Polycom por metro cuadrado (m^2) para carreteras no pavimentadas.

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) define a una carretera no Pavimentada como una carretera o una vía proyectada de un camino que posteriormente se

construye para dar pase a un libre tráfico de vehículos motorizados de mínimo 2 ejes, y que presente características geométricas definidas acorde a la vigente normativa técnica. La necesidad social y económica que beneficie a una comunidad es la causa de un diseño de carretera, ya que esta deberá cubrir la respuesta eficaz a tales requerimientos [25].

Las carreteras no pavimentadas desde un punto de vista netamente estructural, se pueden definir como aquellas cuya superficie de rodadura es la conformación de materiales granulares y a las cuales se les practicó tratamientos superficiales, todo esto llevado a cabo con trazos de alineamiento previos, cuya sección transversal y longitudinal fue diseñada adecuadamente y además cuenta con un drenaje. Son también carreteras no pavimentadas las que no recibieron ningún tratamiento tales como las trochas o caminos de herradura que fueron abiertas por el exclusivo requerimiento de poder tener acceso a lugares alejados o remotos [24].

El MTC consideró que las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito podrán utilizar materiales estudiados y con esto lograr la tipología de superficie de rodadura definida y, según esto, se pueden clasificar en; carreteras a base de tierra y carreteras conformadas por material tipo grava; y carreteras afirmadas con material granular o con algún estabilizador [26].

Se denomina suelo a la capa delgada que cubre la corteza terrestre de material proveniente de tanto de la desintegración como de la alteración física y/o química de las rocas y de los desechos de las actividades cotidianas de las personas [27]. El suelo actúa como cualquier otra estructura ya que cuenta con características físicas propias como porosidad, densidad, talud de carácter natural, ángulo de fricción interna y cohesividad, lo que le hace comportarse con propiedades de resistencia frente a diversas sollicitaciones tales como compresión, cizalla, que a su vez se evidencian en magnitudes como los asentamientos máximos y diferenciales o la tensión admisible [28]. El suelo dentro de la ingeniería civil se puede contemplar como un todo, una obra final, o como parte de la misma. Siendo en el

primer caso una obra de tierra sometida a diversas acciones para las cuales previamente se diseñó, o en el segundo caso como el material que constituye las mismas obras a base de tierra, donde se debe evaluar si dicho material cumple con algunas especificaciones técnicas que aseguren el correcto comportamiento de esta [29]. El suelo presenta comportamiento estructural, con características físicas como módulo de balasto y talud natural, y mecánicas que responden a diferentes tipos de necesidades y solicitaciones como la tracción admisible [30].

Las propiedades físico-mecánicas del suelo permiten predecir el desempeño del suelo de fundación de una estructura, ya que conocer estas propiedades y su adecuada interpretación ayuda a prever posibles comportamientos no deseados. Las propiedades más importantes para los trabajos de estabilización incluyen la estabilidad volumétrica, permeabilidad, compresibilidad y resistencia. Antes de elegir un producto para mejorar las propiedades del suelo, es esencial determinar cuáles de estas propiedades son prioritarias para el proyecto. La elección del tratamiento dependerá de las características específicas que se busquen mejorar [31].

El principal factor de suelo y roca, que se tiene en cuenta para la construcción de subrasantes, presas y altos terraplenes es la resistencia mecánica, la cual está directamente relacionada a las características naturales del suelo, su relación de vacíos y su humedad. Para una correcta elección sobre el tipo de estabilización a utilizar, se deben prever mediante estudios cualquier efecto colateral que estas características puedan ocasionar en el material, debido a que si el suelo se desempeñará en su estado húmedo, la determinación de su resistencia en esta situación sería la correcta, sin embargo si el suelo será usado en su estado seco, sería preferible que las pruebas a realizar sean con cargas repetidas y así analizar efectos colaterales como disgregación y pulverización [32].

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, en su Manual denominado "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", en el apartado de Suelos y

pavimentos, se define a la estabilización de suelos como la acción de incrementar el desempeño de las propiedades físicas de un material, utilizando procesos mecánicos o también la adición de productos sintéticos, químicos o naturales [33].

La estabilización de suelos se refiere al proceso mediante el cual se someten los materiales de préstamo o los suelos naturales a una serie de tratamientos o procedimientos específicos que permiten corregir cualquier deficiencia y mejorar sus propiedades mecánicas, como la resistencia. Esta técnica resulta especialmente útil en situaciones donde la subrasante no presenta las condiciones adecuadas para soportar las cargas estructurales, cuando la humedad afecta negativamente la estabilidad del suelo, o cuando los materiales granulares que se emplean para la subbase o base no cumplen con las especificaciones técnicas requeridas. Además, es aplicable en condiciones adversas, como aquellas que presentan erosión, contaminación excesiva, formación de baches y otras situaciones desfavorables que afectan la integridad del suelo [34].

Al hablar de estabilización, podemos hablar de la estabilización tradicional, empleando asfalto o concreto, y la estabilización no tradicional, donde se agrega polímeros para mejorar las características de materiales tales como el afirmado. Se considera como afirmado a la capa de material granular o procesado, el cual presenta la capacidad de desempeñarse como superficie de rodadura, en carreteras y caminos no pavimentados. Al tener una gradación determinada con la capacidad de soportar directamente las cargas y esfuerzos ocasionados por el tránsito, se requiere que posea la cantidad necesaria de material fino con características cohesivas para mantener las partículas aglutinadas [33].

Los poliméricos, por su lado, se componen de moléculas unidas mediante enlaces covalentes y de la combinación de numerosas unidades simples llamadas monómeros. Estos monómeros son la base de materiales con características plásticas, y dependiendo de cómo se enlacen, pueden formar estructuras lineales o no lineales. Ejemplos de polímeros incluyen tanto sustancias naturales, como la resina, la madera, las proteínas, el caucho y la quitina,

como materiales sintéticos, tales como las fibras de nylon o rayón, los plásticos, el vidrio, los adhesivos y la porcelana [35]. En esencia, un polímero consiste en cadenas flexibles y extensas de átomos de carbono, formadas por miles de átomos, que pueden sintetizarse para cumplir con propiedades específicas como densidad, plasticidad y dureza, lo cual les confiere una amplia utilidad [36].

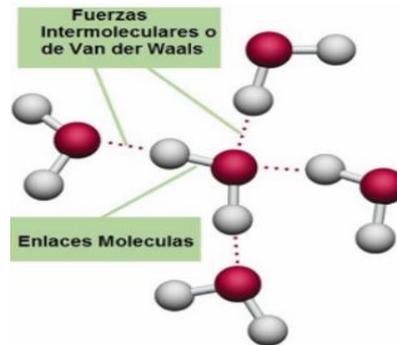


Fig 1. Representación gráfica de enlace de moléculas de un polímero [36]

La empresa AUSTLATIN Perú, nos brinda una ficha técnica del producto llamado “Polycom” que informa lo siguiente. Es un tipo de material clasificado como polímero del tipo acrilamida, con particularidades surfactantes y también ligantes que tienen la capacidad de convertirse en un agente estabilizador de suelos al mezclarse con el agua. Tiene como función principal, la de aumentar la resistencia del material a estabilizar, tanto en condiciones húmedas, así como secas. Al Aplicarse con la técnica apropiada, la adición de este estabilizador permite aumentar la densidad de una amplia gama de materiales, así como aumentar su flexibilidad y disminuir el grado de daño por interacción con agua [37].

II. MATERIALES Y MÉTODO

Carreteras no Pavimentadas: Estas carreteras, que son comunes en áreas rurales o remotas como San Ignacio, están diseñadas con un adecuado alineamiento, tanto en secciones transversales como longitudinales, y cuentan con sistemas de drenaje para manejar el agua de lluvia. Además, también incluyen trochas o caminos de herradura que se abren con el fin de proporcionar acceso a áreas alejadas. [26]

Suelo: El suelo de la región de San Ignacio, Cajamarca, presenta características diversas que varían según las áreas. Predominan los suelos arcillosos, que tienen una alta capacidad de retención de humedad y son beneficiosos para la agricultura. También se encuentran suelos franco, que ofrecen una buena mezcla de arena, limo y arcilla, favoreciendo la infiltración de agua y la aireación, así como suelos arenosos en algunas zonas que permiten un buen drenaje pero requieren un manejo adecuado para la retención de nutrientes. [38] [39] [40]

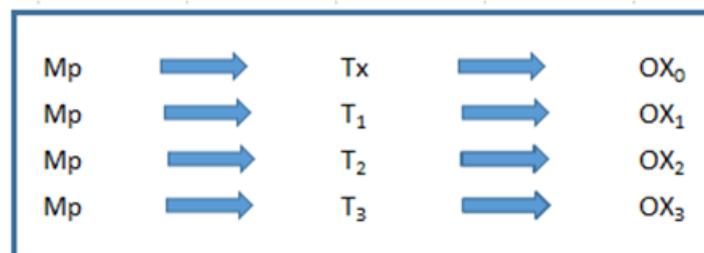
Afirmado: El material tipo afirmado proveniente de la cantera La Libertad de la ciudad de San Ignacio con potencial para ser utilizado como material conformante de la superficie de rodadura de caminos no pavimentados con bajo volumen de tránsito. [41]

Estabilizador: Para la toma de muestras del estabilizadas se tendrán: A = 0.01 g x Kg, B = 0.02 g x Kg, C = 0.03 g x Kg; además de las muestras curadas a los 7 días Ac = 0.01 g x Kg, Bc = 0.02 g x Kg, Cc = 0.03 g x Kg (Donde: Ac = Muestras "A" curada a los 7 días, Bc = Muestras "B" curada a los 7 días, Cc = Muestras "C" curada a los 7 días)

Se considera una Investigación de carácter aplicada-tecnológica, además tiene un enfoque cuantitativo, debido a que, el medio para obtener resultados fue el análisis numérico de los resultados obtenidos en laboratorio, y a su vez investigar un nuevo uso para un producto ya conocido como lo es el "Polycom", en este caso como agente estabilizador para

material tipo afirmado en carreteras no pavimentadas. [42]

Se utilizó un diseño experimental cuasi-experimental, donde se llevó a cabo ensayos de laboratorio para evaluar el efecto del estabilizador Polycom en el material tipo afirmado. Además de esto, pertenece dentro del marco de “experimentación pura” debido a que todos los parámetros que afectan al comportamiento de las variables serán controlados. [43]. Asimismo, este estudio de investigación realizó un análisis estadístico para apoyar o contradecir una hipótesis. Con el fin de analizar la variable dependiente e independiente (efecto y causa); es decir, cuando el uso de sujetos al azar no es una opción, se utilizaron cuasi-experimentos; estos implican una preselección de los sujetos, al igual que en los pre –experimentos. [44]. Se muestra un esquema organizacional del estudio para mejor comprensión:



Mp	Modelo de pruebas
Tx	Tratamiento Guía
T1	Tratamiento experimental 0.01 g x kg de PolyCom.
T2	Tratamiento experimental 0.02 g x kg de PolyCom.
T3	Tratamiento experimental 0.03 g x kg de PolyCom.
OX ₀₋₃	Observación de resultados experimentales.

Fig 2. Tratamiento de experimental

La variable dependiente que identificamos es “Material de Afirmado”. Por otro lado, la variable independiente “Polycom”.

La población vendría a ser el material granular de la cantera de San Ignacio que puede ser utilizado para el afirmado de la superficie de rodadura del camino no pavimentado. La muestra representada con el material de tipo afirmado de la cantera de San Ignacio, extracción del Punto C1 (E = 721598m, N = 9431038m, UTM = 17M)

El MTC, en el Manual de Ensayos de Materiales, indican los procedimientos estandarizados para cuantificar las características físico mecánicas del agregado, que se muestran a continuación en las tablas. [45]

Tabla I. Ensayos y conjunto de normas que determinan la caracterización física

Análisis Granulométrico	AASHTO T88	ASTM D422	MTC E 107
Límite Líquido	AASHTO T89	ASTM D4318	MTC E110
Límite Plástico	AASHTO T90	ASTM D4318	MTC E111
Índice de Plasticidad	AASHTO T90	ASTM D4318	MTC E111
Abrasión	AASHTO T96	ASTM C131	MTC E207

En [[33], Tabla I] presenta la lista de ensayos de caracterización física a realizar.

Tabla II. Ensayos y conjunto de normas que determinan la caracterización de propiedades mecánicas

Proctor Estándar	AASHTO T 180	ASTM D 1557	MTC E 116
C.B.R	AASHTO T 193	ASTM D 1883	MTC E 132

En [[33], Tabla II] presenta la lista de ensayos de caracterización mecánica a realizar.

Tabla III. Ensayos y conjunto de normas que determinan la caracterización químicos

Sales Solubles	AASHTO T 26	MTC E 219
----------------	-------------	-----------

En [[33], Tabla III] presenta la lista de ensayos de caracterización química a realizar.

Las técnicas de recolección de datos para evaluar el rendimiento del aditivo Polycom para una superficie de rodadura en carretera no pavimentada fue la de observación al final de cada ensayo realizado para determinar los datos extraídos. Validamos los procedimientos realizados por informes o entrevistas a profesionales relacionados a la ingeniería civil, cotejando datos de fuentes confiables. La confiabilidad se respalda con datos estadísticos descriptivos y herramientas de análisis de tendencias, ya sea con diagramas de barras, etc. La confiabilidad de este estudio se respaldó del laboratorio LEMS W&C E.I.R.L. El laboratorio consolidó la fiabilidad de los resultados mediante la obtención de varios avales técnicos. En

primer lugar, aseguró que todos los instrumentos empleados fueran calibrados con precisión y se encontraran en condiciones operativas óptimas.

Los principios éticos se encuentran alineados con los lineamientos del Artículo 5 del Código de Ética de Investigación de USS S.A.C [46], el cual establece que la investigación científica debe constituirse como un trabajo auténtico. En este sentido, garantiza que los estudios se realicen con integridad y rigor metodológico, respetando los estándares éticos que protegen tanto a los participantes como la validez de los resultados obtenidos.

Los criterios de inclusión abarcan todas las características necesarias que un sujeto u objeto de estudio debe poseer para ser considerado en la investigación. Por su parte, los criterios de exclusión se refieren a condiciones o particularidades de la población que podrían comprometer los resultados, determinando su no elegibilidad para el estudio [47].

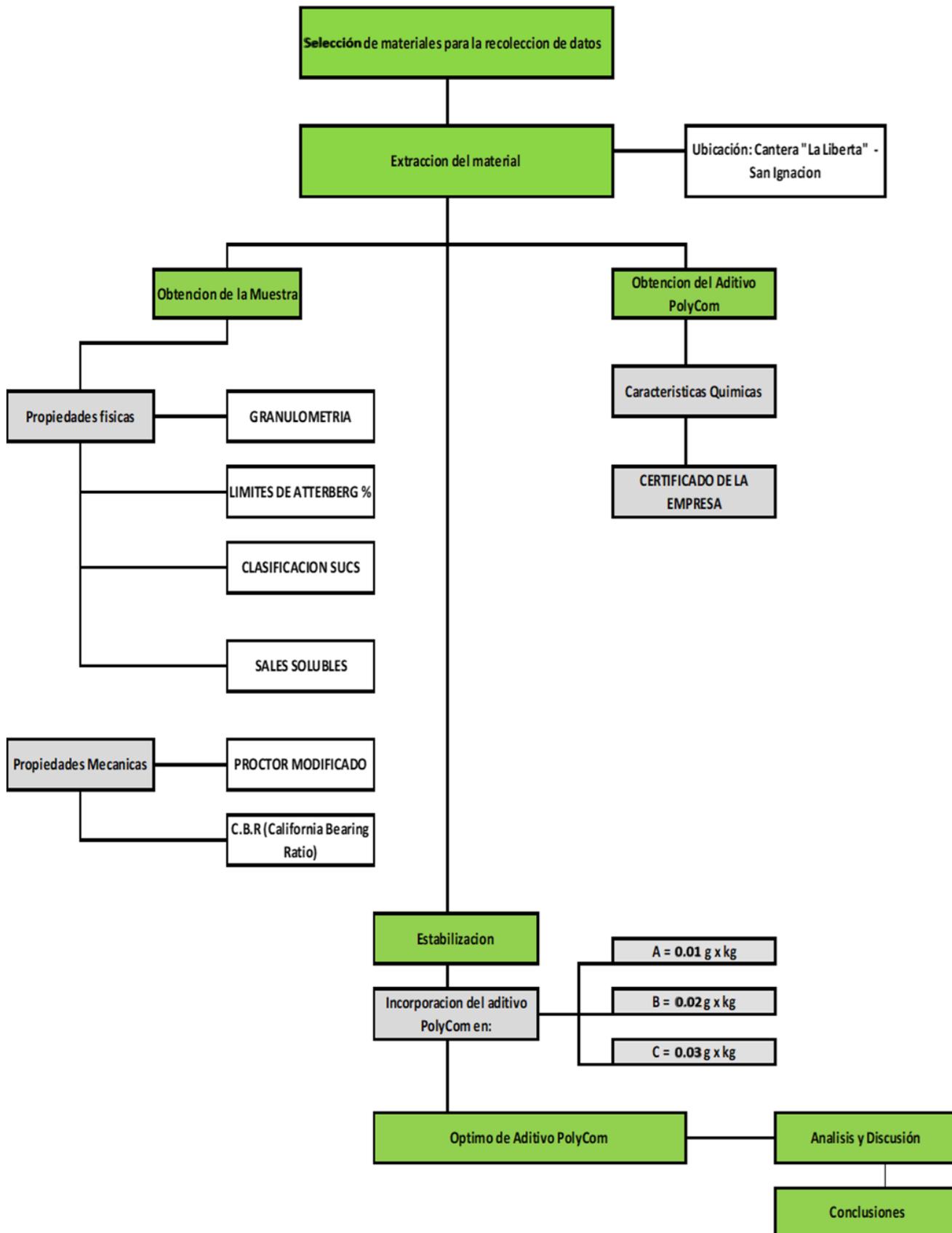


Fig 3. Diagrama de Flujo de la Investigación

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

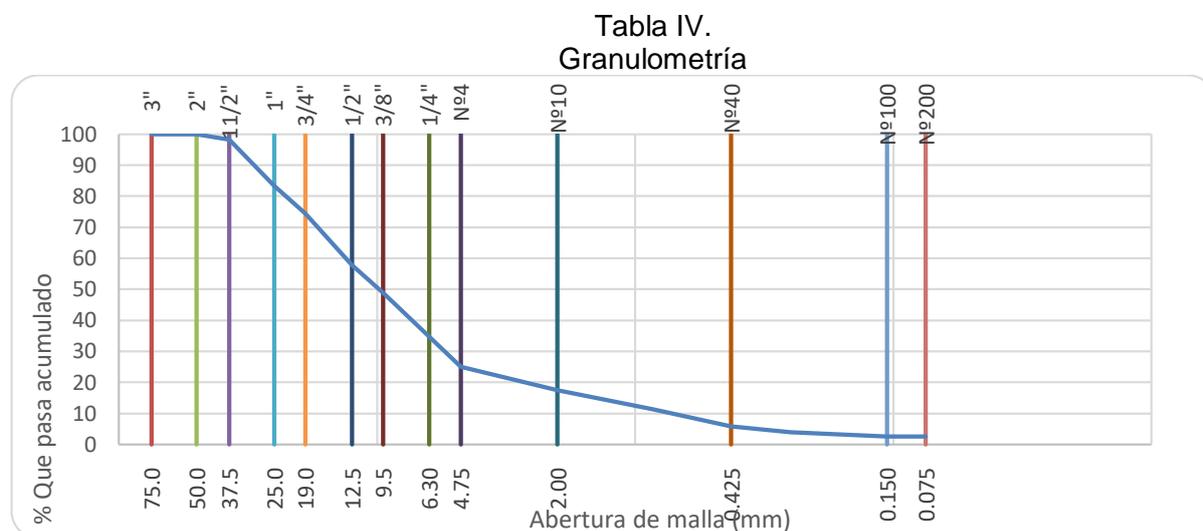
3.1 Resultados

Objetivo Específico 1 Evaluar las propiedades físico-mecánicas del afirmado para estabilización de carreteras no pavimentadas en San Ignacio - Cajamarca.

PROPIEDADES FÍSICAS:

Realización del ensayo del material de la Cantera San Ignacio, ubicada en San Ignacio, San Ignacio, Cajamarca.

GRANULOMETRÍA



Contando con los siguientes datos de la información de granulometría.

Módulo de fineza: 6.716, Coef. De Uniformidad: 18.4, Coef. De Curvatura 3.2

LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN DEL SUELO:

Límite Líquido: 25.44%, Límite Plástico: 17.07%, Índice de Plasticidad: 8.37%,
AASHTO: A-2-4(0), SUCS: GP (Grava pobremente gradada con arena)

ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ANGELES:

Método de ensayo estandarizado para evaluar la resistencia a la degradación de agregados gruesos de menores dimensiones mediante abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles. Donde se obtuvo como resultados:

Porcentaje de desgaste por abrasión: 13.75%

SALES SOLUBLES:

Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea. Donde se obtuvo los resultados de Constituyentes de Sales solubles totales ppm (partes por millón) 2000 lo cual es un 0.20%

PROPIEDADES MECÁNICAS:

ENSAYO DE PROCTOR:

Los datos obtenidos del ensayo Proctor especifican que nuestra muestra guía tiene como valor Óptimo Contenido de Humedad un 5.19%, con una Máxima Densidad Seca (MDS) de 2.311 g/cm^3

ENSAYO DE C.B.R:

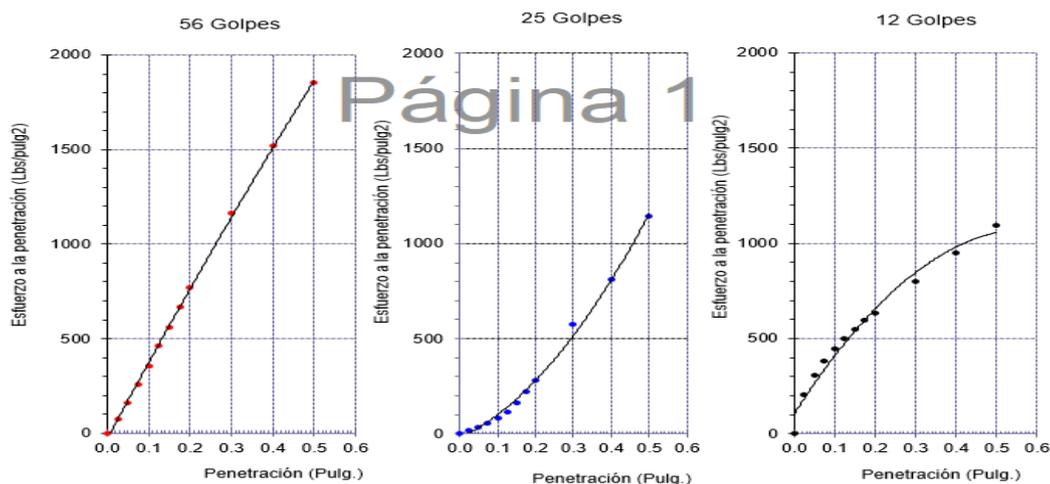


Fig 4. Muestra guía - C.B.R (Relación de Soporte de California)

Diagramas de penetración a los 12, 25, y 56 golpes de nuestra muestra guía, con un máximo Ezfuerzo en los 12 golpes de 1093 Lbs/pulg^2 , en los 25 golpes de 1142 Lbs/pulg^2 y a los 56 golpes de 1852 Lbs/pulg^2 .

Objetivo Específico 2: Analizar las propiedades físico-mecánicas del afirmado aplicando Polycom, en porcentajes de 0.001%, de 0.002% y de 0.003%, para la estabilización de carreteras no pavimentadas en San Ignacio- Cajamarca.

En este primer caso evaluaremos las propiedades de la muestra adicionada con

estabilizador Polycom, en un porcentaje $A = 0.001\%$ (Muestra A)

ENSAYO DE PROCTOR:

Los datos obtenidos del ensayo Proctor especifican que nuestra muestra A tiene como valor Óptimo Contenido de Humedad un 5.51% , con una MDS de 2.489 g/cm^3

ENSAYO DE C.B.R:

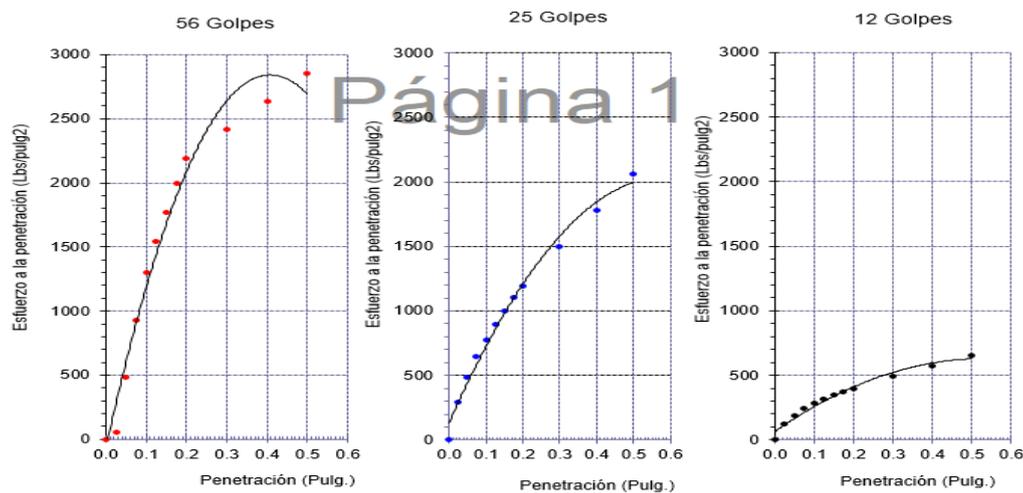


Fig 5. Muestra A - C.B.R (Relación de Soporte de California)

Diagramas de penetración a los 12, 25, y 56 golpes de la muestra A, con un máximo esfuerzo en los 12 golpes de 653 Lbs/pulg^2 , a los 25 golpes de 2060 Lbs/pulg^2 y a los 56 golpes de 2855 Lbs/pulg^2 .

En este segundo caso evaluaremos las propiedades de la muestra adicionada con estabilizador Polycom, en un porcentaje $A = 0.001\%$ (Muestra A), con un curado interno de 7 días.

ENSAYO DE PROCTOR:

Los datos obtenidos del ensayo Proctor especifican que nuestra muestra A (curada) tiene como valor Óptimo Contenido de Humedad un 5.51% , con una MDS de 2.489 g/cm^3 .

ENSAYO DE C.B.R:

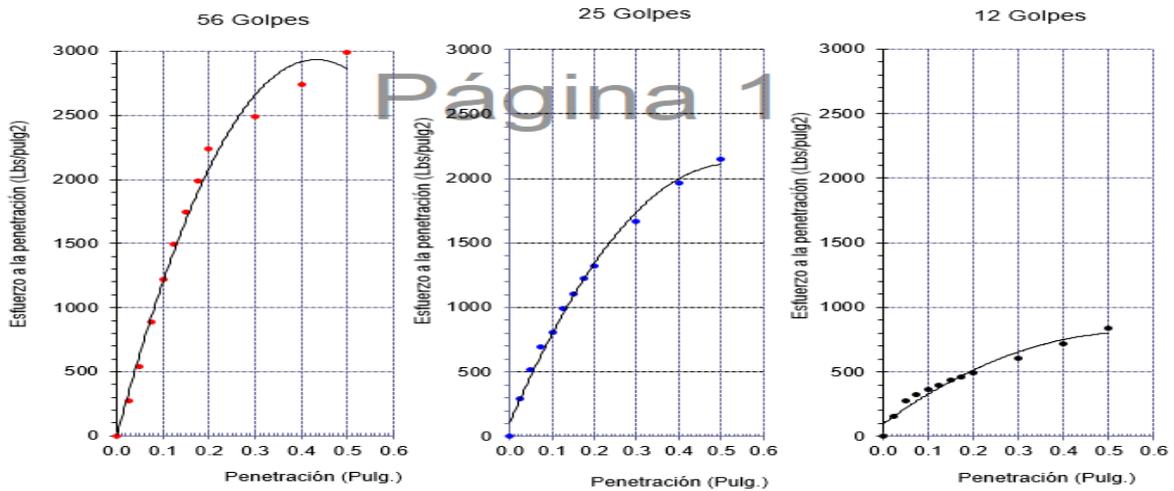


Fig 6. Muestra A (Curada) - C.B.R (Relación de Soporte de California)

Diagramas de penetración a los 12, 25, y 56 golpes de muestra A (Curada) con un máximo esfuerzo a los 12 golpes de 838 Lbs/pulg², a los 25 golpes de 2152 Lbs/pulg² y a los 56 golpes de 2993 Lbs/pulg².

En este tercer caso evaluaremos las propiedades de la muestra adicionada con estabilizador Polycom, en un porcentaje de B = 0.002% (Muestra B).

ENSAYO DE PROCTOR:

Los datos obtenidos del ensayo Proctor especifican que nuestra muestra B tiene como valor Óptimo Contenido de Humedad un 5.29%, con una MDS de 2.518 g/cm³.

ENSAYO DE C.B.R:

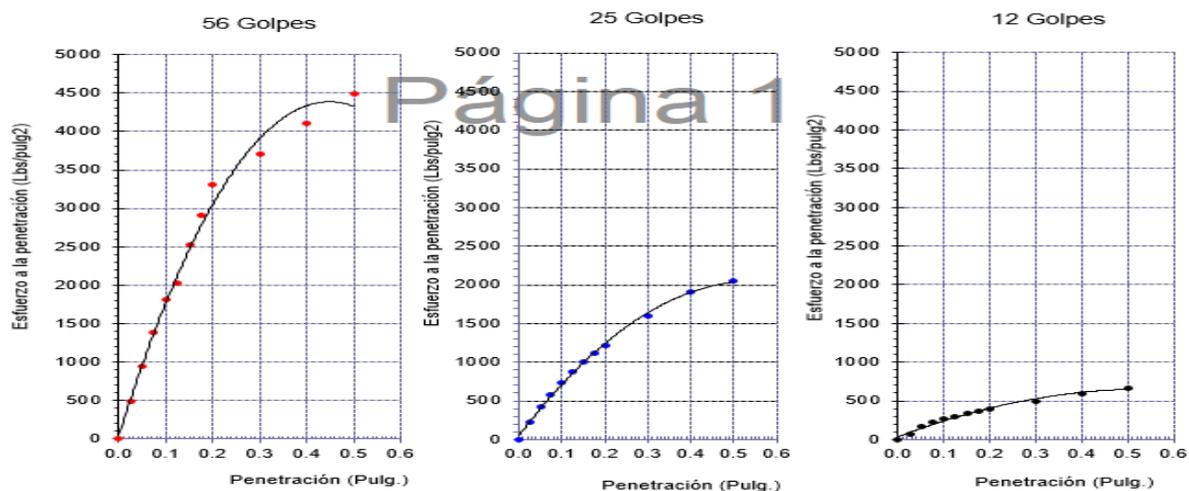


Fig 7. Muestra B - C.B.R (Relación de Soporte de California)

Diagramas de penetración a los 12, 25 y 56 golpes de muestra B con un máximo esfuerzo a los 12 golpes de 670 Lbs/pulg², a los 25 golpes de 2046 Lbs/pulg² y a los 56 golpes de 4496 Lbs/pulg².

En este cuarto caso evaluaremos las propiedades de la muestra adicionada con estabilizador Polycom, en un porcentaje B = 0.002% (Muestra B), con un curado interno de 7 días.

ENSAYO DE PROCTOR:

Los datos obtenidos del ensayo Proctor especifican que nuestra muestra B (Curada) tienes como valor Óptimo Contenido de Humedad un 5.29%, con una MDS de 2.518 g/cm³.

ENSAYO DE C.B.R:

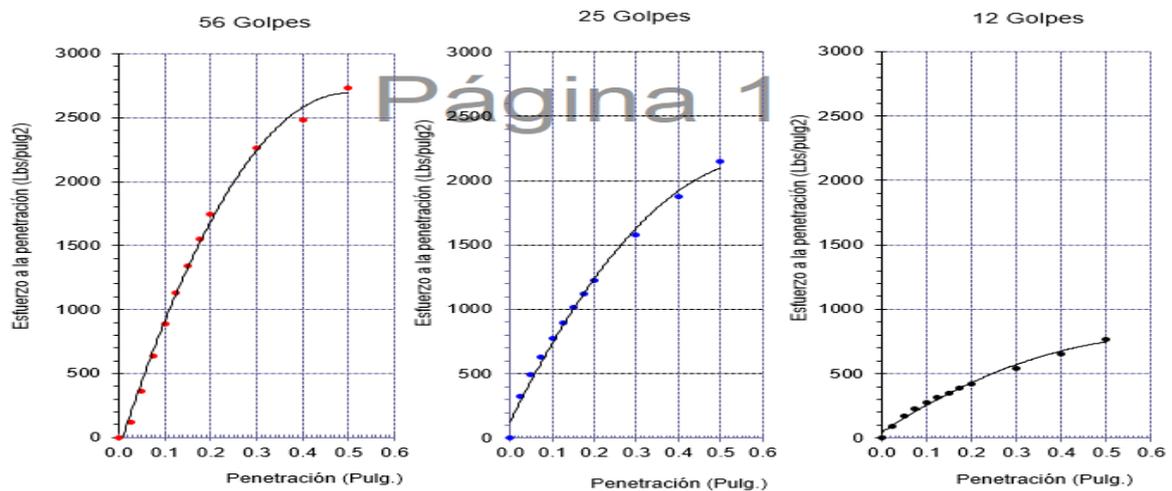


Fig 8. Muestra B (Curada) - C.B.R (Relación de Soporte de California)

Diagramas de penetración a los 12, 25, y 56 golpes de la muestra B (Curada), con un máximo esfuerzo en los 12 golpes de 770 Lbs/pulg², a los 25 golpes de 2146 Lbs/pulg² y a los 56 golpes de 2735 Lbs/pulg².

En este quinto caso evaluaremos las propiedades de la muestra adicionada con estabilizador Polycom, en un porcentaje C = 0.003% (Muestra C).

ENSAYO DE PROCTOR:

Los datos obtenidos del ensayo Proctor especifican que nuestra muestra C tiene como valor Óptimo Contenido de Humedad un 5.44%, con una MDS de 2.498 g/cm³.

ENSAYO DE C.B.R:

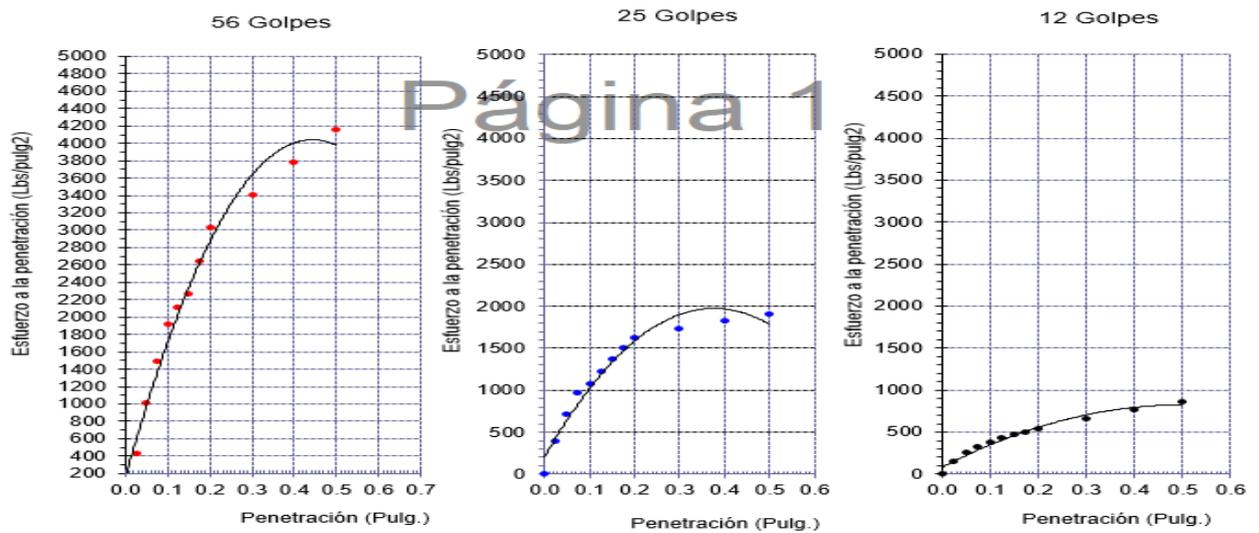


Fig 9. Muestra C - C.B.R (Relación de Soporte de California)

Diagramas de penetración a los 12, 25 y 56 golpes de nuestra muestra C, con un máximo esfuerzo a los 12 golpes de 859 Lbs/pulg², a los 25 golpes de 1914 Lbs/pulg² y a los 56 golpes de 4163 Lbs/pulg².

En este último caso evaluaremos las propiedades de la muestra adicionada con estabilizador Polycom, en un porcentaje C = 0.003% (Muestra C), con un curado interno de 7 días.

ENSAYO DE PROCTOR:

Los datos obtenidos del ensayo Proctor especifican que nuestra muestra C (Curada) tiene como valor Óptimo Contenido de Humedad un 5.44%, con una MDS de 2.498 g/cm³.

ENSAYO DE C.B.R:

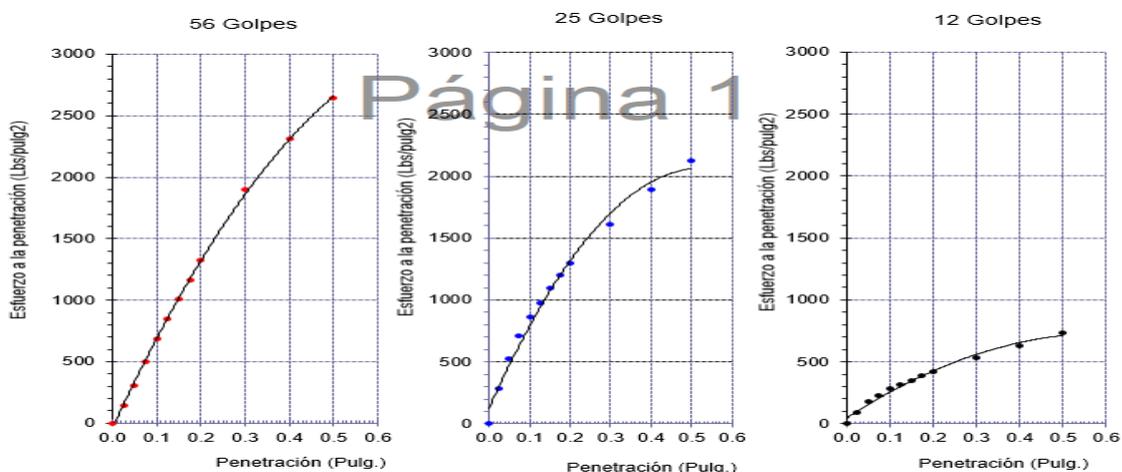


Fig 10. Muestra C (Curada) - C.B.R (Relación de Soporte de California)

Diagramas de penetración a los 12, 25 y 56 golpes de nuestra muestra C (Curada) con un máximo esfuerzo a los 12 golpes de 735 Lbs/pulg², a los 25 golpes de 2127 Lbs/pulg² y a los 56 golpes de 2643 Lbs/pulg².

Objetivo Específico 3 : Identificar el porcentaje óptimo de Polycom en gramos que se deberá aplicar por cada kilogramo de afirmado para mejorar su estabilización y sus propiedades físico-mecánicas

En relación con la muestra guía, tenemos que con el Aditivo Polycom el material tipo afirmado tuvo una considerable mejora en cuanto a sus propiedades mecánicas, identificando un 43.20% de aumento en el ensayo C.B.R, en promedio.

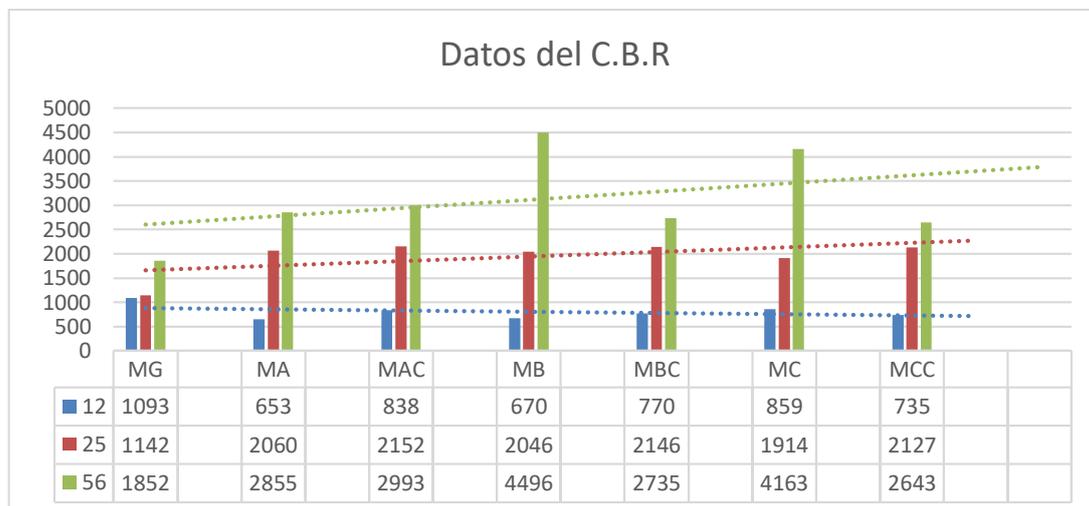


Fig. 1. Diagrama Resumen de C.B.R

Del diagrama podemos observar que los resultados realizados en el laboratorio ha sido en ascendencia en referencia a la muestra guía. Se identifica que la muestra B (0.02 g/kg) reaccionó por lo más alto entre todas las estudiadas, con un Diagrama de C.B.R más alto, donde obtuvo un 61% de aumento, en promedio, con la aplicación del estabilizador Polycom.

Tabla V. Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	127,750	6	21,292	2,501	,074
Dentro de grupos	119,173	14	8,512		
Total	246,923	20			

Tabla VI. Prueba de comparaciones múltiples HSD TUKEY

(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
M. Patrón	M.A	-1,7000	2,3822	,989
M. Patrón	M.A.C	-1,7000	2,3822	,989
M. Patrón	M.B	-8,4667*	2,3822	,039
M. Patrón	M.B.C	-3,0000	2,3822	,859
M. Patrón	M.C	-2,5333	2,3822	,929
M. Patrón	M.C.C	-3,3333	2,3822	,794

En la Tabla V, se visualiza el análisis de varianza (ANOVA), la cual evalúa la relación entre los siete tipos de muestras. Asimismo, en la tabla VI se presenta la prueba de comparación de medias (TUKEY) entre la muestra patrón y las diferentes concentraciones de Polycom (inicial y curado), la misma que identifica una diferencia significativa entre la muestra patrón y la muestra B (Polycom al 0.02g/kg), con un p valor menor al 5%. Además, la diferencia promedio es negativa, es decir, la muestra B presenta un mejor valor CBR (%) en comparación a la muestra patrón.

Objetivo Específico 4: Realizar el análisis de costos del afirmado con Polycom por metro cúbico (m3) para carreteras no pavimentadas.

Tabla VII. Análisis de costos sin estabilizador

Partida	01.01 MEJORAMIENTO DE CAPA DE AFIRMADO CON MATERIAL GRANULAR					
Rendimiento	500 M3/DIA		Costo unitario directo por : M3			23.04
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra						
OPERARIO	HH	1.0000	0.0160	23.44	0.38	
PEON	HH	2.0000	0.0320	16.76	0.54	
					0.91	
Materiales						
MATERIAL GRANULAR PARA BASE	M3		1.0000	12.00	12.00	
AGUA	M3		0.0460	1,000.00	46.00	
			0.1800	1.50	12.00	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.91	0.05	
RODILLO LISO VIBRADOR AUTOPROPU	HM	0.7500	0.0120	200.00	2.40	
RETROEXCAVADORA	HM	0.3500	0.0056	150.00	0.84	
TRACTOR DE ORUGAS CAT D6D	HM	0.5000	0.0080	220.00	1.76	
MOTONIVELADORA 130-135HP	HM	0.5000	0.0080	200.00	1.60	
CAMION VOLQUETE DE 15M3	HM	0.7500	0.0120	180.00	2.16	
CISTERNA EMULSION Y AGUA 3540GL	HM	0.7500	0.0120	110.00	1.32	
					10.13	

Tabla VIII. Análisis de costo con estabilizador

Partida	01.02 MEJORAMIENTO DE CAPA DE AFIRMADO CON ESTABILIZADOR POLYCOM					
Rendimiento	500 M3/DIA		Costo unitario directo por : M3			69.04
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra						
OFICIAL	HH	1.0000	0.0160	23.44	0.38	
PEON	HH	2.0000	0.0320	16.76	0.54	
					0.91	
Materiales						
MATERIAL GRANULAR PARA BASE	M3		1.0000	12.00	12.00	
ADITIVO POLYCOM	KG		0.0460	1,000.00	46.00	
AGUA	M3		0.0300	1.50	0.05	
					58.00	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.91	0.05	
RODILLO LISO VIBRADOR AUTOPROPU	HM	0.7500	0.0120	200.00	2.40	
RETROEXCAVADORA	HM	0.3500	0.0056	150.00	0.84	
TRACTOR DE ORUGAS CAT D6D	HM	0.5000	0.0080	220.00	1.76	
MOTONIVELADORA 130-135HP	HM	0.5000	0.0080	200.00	1.60	
CAMION VOLQUETE DE 15M3	HM	0.7500	0.0120	180.00	2.16	
CISTERNA EMULSION Y AGUA 3540GL	HM	0.7500	0.0120	110.00	1.32	
					10.13	

Tabla IX. Presupuesto para las muestras

ITEMS	DESCRIPCION	UND.	METRADO	PRECIO	PARCIAL
01	MEJORAMIENTO DE CAPA DE AFIRMADO				
01.01	MEJORAMIENTO DE CAPA DE AFIRMADO CON MATERIAL GRANULAR	m2	1.00	109.06	109.06
01.02	MEJORAMIENTO DE CAPA DE AFIRMADO CON ESTABILIZADOR POLYCOM	m2	1.00	72.63	72.63

Tras el análisis de costos se observó que al utilizar el aditivo Polycom aumenta el precio por metro cúbico respecto a la estabilización del afirmado de manera convencional, sin embargo, esto no es significativo debido a las mejoras en cuanto a las propiedades mecánicas que adquiere el material cuando es adicionado con este aditivo, además de volverlo reciclable para un próximo mantenimiento periódico.

3.2 Discusión

Respecto al primer objetivo específico de evaluar las propiedades físico-mecánicas del afirmado a utilizarse en la propuesta de estabilización de carreteras no pavimentadas, los resultados obtenidos en la presente investigación, según el Análisis Granulométrico, tenemos una Clasificación S.U.C.S: GP (grava pobremente gradada con arena), y según Clasificación AASHTO: A-2-4 (0) (bueno). En relación a estas propiedades, Guzmán concluyó que sus muestras son, según clasificación S.U.C.S: SM (arena limosa) y según clasificación AASHTO: A-2-4(O) (suelo bueno), y comenta que antes de mejorar un suelo natural cuyas características sea de materiales arcillosos o de grano fino, plasticidad baja, media y/o alta, se debe conocer sus características físicas y mecánicas a fin de poder caracterizarlo de una mejor manera; esto permitirá tomar una adecuada decisión respecto al mejoramiento de la subrasante [14]. Padmavathi y otros nos dice, estos parámetros son críticos para garantizar una adecuada compactación y estabilidad, lo cual se alinea con estudios previos que demuestran que un tamaño de partícula óptimo contribuye a mejorar la resistencia y durabilidad de los suelos [19].

Con respecto al segundo objetivo específico, analizar las propiedades físico-mecánicas del afirmado aplicado con Polycom, Padmavathi y otros redacta que la aplicación de Polycom en el afirmado ha mostrado un impacto positivo en sus propiedades físico-mecánicas, aumentando notoriamente sus valores de resistencia [19]. En la presente investigación, los diagramas de penetración reflejan un aumento significativo en el esfuerzo soportado en comparación con el material no tratado, además los datos indican que la máxima densidad seca de 2.518 g/cm^3 y un contenido óptimo de humedad del 5.29% son indicadores de un mejor comportamiento del suelo tratado. Esto se alinea con hallazgos previos donde se observa que la adición de polímeros mejora la cohesión y la resistencia a la compresión de suelos arcillosos, evidenciando la efectividad del Polycom en la estabilización del afirmado estudiado. Fijałkowska et al. (2021) demostraron la eficacia de un polímero similar en la inmovilización de metales, mejorando la retención de elementos

pesados en suelos arcillosos [16]. Otros estudios, como el de Albalasmeh et al. (2020) en Jordania y el de Padmavathi et al. (2021) en India, evidencian que la aplicación de polímeros incrementa notablemente la estabilidad estructural del suelo y su capacidad para soportar cargas en condiciones adversas. Estas investigaciones destacan la efectividad de los polímeros en mejorar la resistencia a la compresión y la cohesión del suelo [18] [19].

Respecto al tercer objetivo específico, identificar el porcentaje óptimo de Polycom en gramos que se deberá aplicar por cada kilogramo de afirmado para mejorar su estabilización y sus propiedades físico-mecánicas. En la presente investigación, se obtuvieron los siguientes resultados de CBR al 100%, en la muestra patrón sin estabilizador, se logró obtener 55%; para la dosificación A (0.01 g/kg) se obtuvo 74% y para A curado se obtuvo igualmente 74%; para la dosificación B (0.02 g/kg) se obtuvo 167% y para B curado se obtuvo 107%; y para la dosificación C (0.03 g/kg) se obtuvo 95% y para C curado se obtuvo 106%. Relacionado a estos resultados, Isla (2021) en Ayacucho, en su proyecto de investigación al añadir el aditivo químico PolyCom a la muestra patrón de afirmado se obtuvieron los siguientes resultados de CBR para la dosificación D0 (solo afirmado) se logró obtener 60%, para la dosificación D1 (0.01 g/kg) se obtuvo un 98%, para la dosificación D2 (0.02 g/kg) se obtuvo 161% y para la dosificación D3 (0.03 g/kg) se obtuvo 124% todos los resultados fueron obtenidos al realizar el ensayo de CBR al 100% [48]. Todas las dosificaciones de nuestra investigación propuestas mejoran el CBR del afirmado patrón, pero solo la “B” , “B curado” y “C curado” cumplen con la norma MTC E 115 y MTC E 132 que dice que al agregar un aditivo químico el CBR mínimo debe ser 100%.

En lo que respecta al cuarto objetivo específico, al analizar el costo de estabilización del afirmado con Polycom en comparación con el afirmado de manera tradicional, los resultados indican que el uso de Polycom resulta un poco más costoso en el mejoramiento de carreteras no pavimentadas, con un costo de 63.86 soles por metro cúbico frente a los 17.86 soles del afirmado convencional; sin embargo, esto no es significativo debido a las mejoras en cuanto a las propiedades mecánicas que adquiere el material cuando es

adicionado con este aditivo, además de volverlo reciclable para un próximo mantenimiento periódico. En relación a estos datos, se elaboró y comparó el análisis de unitarios de la estabilización de subrasante con polímero reciclado al 5% es de 85.75 soles/m³, mientras estabilizar con CAL al 15% el costo es de 233.89 soles/m³ y de 132.20 soles/m³ con cal al 8% (recomendación MTC) y para el caso de reemplazar el material de la subrasante con material granular de cantera el costo está dado por dos partidas estabilización de la subrasante con material granular cuyo costo unitario es de 63.02 y eliminación de material excedente hasta 5km siendo para su costo unitario 18.41; cuya suma es 81.43 soles/m³ [49]. De esta relación podemos ver que la estabilización con polímeros resulta favorable económicamente frente a otros estabilizadores como la cal.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Los ensayos demostraron que la aplicación de Polycom en suelos estabilizados puede mejorar sustancialmente sus propiedades físico-mecánicas. La muestra B, con una dosificación de 0.002%, respecto al peso del material tipo afirmado, la que equivale a 0.02g/kg de polycom sobre afirmado respectivamente, logra un aumento del 61% en el CBR a los 56 golpes, indicando que esta adición de Polycom es óptima para mejorar la resistencia y estabilidad del material tipo afirmado con fines de capa granular de rodadura.

La aplicación de Polycom resultó en una mejora significativa de aproximadamente un 43.20% en las propiedades mecánicas, en promedio de todas las dosificaciones, del material tipo afirmado en comparación con la muestra guía. Este incremento evidencia la efectividad de Polycom en la optimización de la resistencia, destacando su potencial como aditivo para mejorar la calidad de las vías.

La evaluación de las propiedades físico-mecánicas del afirmado, que presentó un módulo de fineza de 6.716, un coeficiente de uniformidad de 18.4 y un coeficiente de curvatura de 3.2, indica que el material tiene una adecuada distribución de tamaños de partículas. Estos parámetros sugieren que el afirmado cuenta con buenas características para la estabilidad y resistencia, lo que lo hace adecuado para su uso en la construcción de carreteras no pavimentadas.

El análisis comparativo de costos demuestra que la estabilización de afirmado con Polycom genera un mayor costo frente al material granular sin adiciones. Sin embargo, es una alternativa viable ya que al aplicarlo reduce los costos de mantenimiento y aumenta la vida útil de las carreteras no pavimentadas, además de volver reciclable el material granular estabilizado con Polycom, lo que lo vuelve ecoamigable y reducirá los futuros costos de cuando se realice un nuevo mantenimiento o una nueva construcción de capa de rodadura con material granular.

4.2 Recomendación:

Se recomienda utilizar el estabilizador Polycom no solo en la capa granular de rodadura con material tipo afirmado, sino también en la subrasante de una carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito, ya que esto incrementará la capacidad de carga y resistencia de toda la estructura en conjunto, debido a la cohesión y mejoras en las propiedades mecánicas que genera el aditivo mencionado líneas atrás.

Se recomienda realizar un análisis más exhaustivo de las propiedades físico-mecánicas del afirmado, incluyendo pruebas de compresión, cizallamiento y permeabilidad en diferentes condiciones de humedad. Esto permitirá obtener un perfil más detallado del material y su comportamiento bajo cargas vehiculares.

Se sugiere llevar a cabo estudios adicionales para evaluar los efectos de Polycom en diferentes proporciones y condiciones de aplicación. Esto ayudará a establecer un rango de efectividad del aditivo en diversas condiciones climáticas y de tráfico, permitiendo su optimización para casos específicos.

Se recomienda validar la dosificación de 0.02 g/Kg de Polycom sobre afirmado respectivamente, en proyectos piloto, monitoreando su desempeño en el tiempo y bajo diferentes condiciones climatológicas y de carga. Esto proporcionará un número mayor de datos empíricos que respalden la elección de esta dosificación como estándar en futuras aplicaciones para la localidad.

Se aconseja implementar un programa de capacitación para el personal de obra sobre la correcta aplicación de Polycom y el manejo de la mezcla con el afirmado. Además, se deben establecer procedimientos de control de calidad para asegurar la homogeneidad de la mezcla, optimizando así el rendimiento del aditivo y la durabilidad de las carreteras construidas. Evaluaciones periódicas del desempeño de la vía garantizarán la efectividad de la estabilización a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

- [1] V. Malapermal R., P. Mandree, M. Mgangira, S. Mukaratirwa, R. Lalloo and S Ramchuran, "Review of current and future bio-based stabilisation products (enzymatic and polymeric) for road construction materials.," *Transportation Geotechnics*, pp. 1-56, 2020.
- [2] I. Panova, L. Ilyasov, D. Khaidapova, A. Bashina, A. Smagin, K. Ogawa, Y. Adachi and A. Yaroslavov, "Soil conditioners based on anionic polymer and anionic micro-size hydrogel: A comparative study.," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, pp. 1-9, 2020.
- [3] M. Roshanizarmehri, A. Fotovat, H. Emami, M. Kehl, D. R. Hirmas, M. Hosseinalizadeh and N. Ramezani, "Combined effects of polyacrylamide and nanomagnetite amendment on soil and water quality, Khorasan Razavi, Iran.," *Journal of Environmental Management* pp. 1-10, 2018.
- [4] M. Zheng, Z. Huang, H. Ji, F. Qiu, D. Zhao, A. R. Bredar and B. H. Farnum, "Simultaneous control of soil erosion and arsenic leaching at disturbed land using polyacrylamide modified magnetite nanoparticles.," *Science of the Total Environment*, pp. 1-9, 2019.
- [5] X. Ding, G. Xu, W. V. Liu, L. Yang and B. Albijanic, "Effect of polymer stabilizer viscosity on red sand structure strength and dust pollution resistance.," *Powder Technology*, 2019.
- [6] W. Bargi, N. Khalifa, B. Daniel, M. Rohani and O. Odebiyi, "An Experimental Investigation on the Effect of Calcium Chloride As Dust Suppressant on the Strength of Unpaved Road," *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, vol. 14, pp. 121-130, 2023.
- [7] D. Barbieri, B. Lou, R. Dyke, H. Chen, F. Wang, B. Dongmo-Engeland, J. Tingle and J. Hoff, "Stabilization of Coarse Aggregates with Traditional and Nontraditional Additives," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 34, no. 04022207, 2022.
- [8] I. Chang, M. Lee, A. Thi Phuong Tran, S. Lee, Y.-M. Kwon, J. Im and G.-C. Cho, "Review on biopolymer-based soil treatment (BPST) technology in geotechnical engineering practices.," *Transportation Geotechnics*, pp. 1-80, 2020.

- [9] J. Liu, Y. Bai, Z. Song, D. P. Kanungo, Y. Wang, F. Bu, Z. Chen and X. Shi, "Stabilization of sand using different types of short fibers and organic polymer.," *Construction and Building Materials*, pp. 1-14, 2020.
- [10] G. Sagástegui V., "Influencia estabilizador Z con polímeros para mejorar propiedades mecánicas de subrasante en carretera playa El Alambre a playa El Brujo del Km 0.00 Al Km 8.00, Ascope, 2022," 2023.
- [11] A. Roncal R., J. Rodríguez P. and ---. ---, "Aplicación del estabilizador Z con polímeros nivel de subrasante en el sector de Yurac Yacu – Cruz Colorada 2022," 2022.
- [12] E. Mamani S., F. Salcedo T. and ---. ---, "Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso con la incorporación del 8%, 10% y 12% del estabilizador MaxxSeal 200," 2023.
- [13] B. Sanchez, «Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del suelo con incorporación de cloruro de calcio, y aditivo polycom para estabilización de subrasante arcillosos en carreteras,» 2023.
- [14] M. Guzmán M., «Evaluar el uso de polímeros reciclados para el mejoramiento de vías no pavimentadas del distrito de José Leonardo Ortiz - Chiclayo - 2021,» Chiclayo, 2019.
- [15] J. Santillán y F. Véliz, «Influencia del polímero POLYCOM en la capacidad portante de la base para la carretera de Acos Vinchos – Colpa en Ayacucho,» 2024.
- [16] G. Fijałkowska, M. Wiśniewska, K. Szewczuk-Karpisz, K. Jędruchniewicz and F. Oleszczuk, "Comparison of lead(II) ions accumulation and bioavailability on the montmorillonite and kaolinite surfaces in the presence of polyacrylamide soil flocculant.," *Chemosphere*, p. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130088>, 2021.
- [17] T. Bualuang, P. Jitsangiam, K. Nusit, U. Rattanasak y P. Chindapasirt, «Enhancing lateritic soil for sustainable pavement subbase with polymer-modified cement: a comparative study of styrene butadiene rubber and styrene acrylic latex applications,» *Cases Studies in Construction Materials*, n° 03760, 2024.
- [18] A. A. Albalasmeh, E. H. Hamdan, M. A. Gharaibeh and A. El Hanandeh, "Improving aggregate stability and hydraulic properties of Sandy loam soil by applying polyacrylamide polymer.," *Soil & Tillage Research*, pp. 1-10, 2020.

- [19] M. Padmavathi, V. Padmavathi and --.-. ---, "Stabilization of Clays and Clayey Soils Using Polycom-A Polyacrylamide Additive," *Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 136, no. 256869, pp. 805-813, 2021.
- [20] H. Wang, D. She, Y. Fei y S. Tang, «Synergic effects of biochar and polyacrylamid amendments on the mechanical properties of silt loam soil under coastal reclamation in China,» *Catena*, pp. 1-12, 2019.
- [21] S. H. Sadeghi, M. Kiani-Harchegani, Z. Hazbavi, P. Sadeghi, R. Angulo-Jaramillo, I. Lassabatere y H. Younesi, «Field measurement of effects of individual and combine application of biochar and polyacrylamide on erosion variables in loess and marl soils.,» *Science of the Total Environment*, pp. 1-8, 2020.
- [22] E. Amiri y H. Emami, «Shear strength of an unsaturated loam soil as affected by vetive and polyacrylamide,» *Soil & Tillage Research*, pp. 1-7, 2019.
- [23] C. J. Curitomay Najarro, «Estabilización de suelos arcillosos con polímeros de tipo copolímero, aplicado a obras viales de mediano tránsito en la carretera Pucallma Yanayacu, distrito de Socos.,» Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Ayacucho, 2018.
- [24] J. A. Lomparte Cabanillas y D. A. Sánchez Neglia, «Estabilización de la superficie de rodadura mediante el uso de polímero en emulsión vinilo acrílico en la carretera no pavimentada al centro poblado Tangay- Nuevo Chimbote- Santa.,» Universidad Nacional del Santa, Áncash, 2019.
- [25] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito., Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008.
- [26] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras : Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013., Lima: Diario Oficial El Peruano, 2013
- [27] C. Crespo Villalaz , *Mecánica de suelos y cimentaciones*, México: Limusa, 2004.
- [28] E. J. Badillo, *Mecánica de suelos*, México: Limusa, 2008.

- [29] P. J. Olmos, «El terreno como material constructivo en la ingeniería civil desde la perspectiva de la arquitectura de tierra.,» 2010. [En línea]. Available http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2010/2010_9788469345542_p267-280_olmos.pdf.
- [30] A. Rico Rodríguez, La ingeniería de suelos en las vías terrestres 2: carretera, ferrocarril y autopistas., México: Limusa, 2005.
- [31] M. A. Ravines Merino, «Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras,» Universidad de Piura, Piura, 2010.
- [32] B. S. George y F. S. George, Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones México: Limusa-Wiley S.A, 1976.
- [33] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras "Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos"- Sección Suelos y Pavimentos., Lima: Diario oficial El Peruano 2014.
- [34] D. Braja, Fundamentos de Ingeniería geotécnica, Cengage Learning Editores, 2013.
- [35] M. Beltrán Rico y A. Marcilla Gomis, Tecnología de Polímeros Procesado y Propiedades Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2012.
- [36] M. Beltrán Rico, «Tema1. Estructura y propiedades de los polímeros.,» Tecnología de los Polímeros, España, 2011.
- [37] AUSLATIN, «AUSLATIN. Paving the way to Latin America,» 10 Abril 2020. [En línea] Available: <https://austlatin.com.au/polycom/9-polycom/2-polycom.html>.
- [38] E. Picado, J. Amaya y O. Sandoval, «Análisis de calidad en la arena para concreto de los bancos de materiales Cerro Motastepe-cauce las Marías-caucerío Coco periodo Julio diciembre 2023,» 2022.
- [39] O. Sengul, «Mechanical properties of slurry infiltrated fiber concrete produced with waste steel fibers,» *Construction and Building Materials*, pp. 1082-1091, 9 Agosto 2020.

- [40] H. Soltani-Jigheh, M. Bagheri y A. R. Amani-Ghadim, «Use of hydrophilic polymer stabilizer to improve strength and durability of fine-grained soils.,» *Cold Regions Science and Technology*, pp. 1-25, 2019.
- [41] J. A. Feijó y L. Sanchez, «Características físico-mecánicas de los agregados con adición de policarboxilato para mejorar las propiedades del concreto,» 2020.
- [42] C. Mar O., A. Barbosa M. y J. Molar O., *Metodología de la Investigación*, Tlhuaca: Patri S.A., 2020.
- [43] M. Borja, *Metodología de la Investigación para ingenieros*, 2016.
- [44] J. L. Arias y M. Covinos, *Diseño y Metodología de la Investigación*, Arequipa ENFOQUES CONSULTING EIRL, 2021.
- [45] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, *Manual de Ensayos de Materiales*, Lima: Diario oficial El Peruano, 2016.
- [46] Universidad Señor de Sipán., «R. D. N° 053- 2023/PD-USS, Reglamento del Comité Institucional de Ética en Investigación.,» 2023.
- [47] S. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, S INTERAMERICANA EDITORES, Ed., MCGRAW-HILL , 2014, pp. 102-256.
- [48] W. G. Isla Cifuentes, «<https://repositorio.ucv.edu.pe/>,» 24 Setiembre 2021. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85636>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].
- [49] J. León Burga y D. J. C. Marín Vásquez, «<https://repositorio.ucv.edu.pe/>,» 23 Setiembre 2021. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/69544>. [Último acceso: 30 Agosto 2024].
- [50] A. Haack y O. Hagemeyer, «High-efficient cement manufacturing with POLYCOM® and SEPOL® PC - Machine and System Concept,» de *ZKG International*, 2012, pp. 44-53.
- [51] C. Curitomay N., «Estabilización de suelos arcillosos con polímeros de tipo copolímero aplicado a obras viales de mediano tránsito en la carretera Pucaloma - Yanayacu, distrito de Socos,» 2019.

- [52] S. H. Sadeghi, Z. Hazbavi, M. Kiani-Harchegani, H. Younesi, P. Sadeghi, R. Angulo Jaramillo y L. Lassabatere, «The hydrologic behavior of Loess and Marl soils in response to biochar and polyacrylamide mulching under laboratorial rainfall simulation conditions.,» *Journal of Hydrology*, pp. 1-14, 2020.
- [53] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Soluciones básicas en carreteras no pavimentadas., Lima: Diario Oficial El Peruano, 2015.
- [54] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de especificaciones técnicas generales para construcción de caminos de bajo volumen de tránsito., Lima: Diario oficial el Peruano., 2006.
- [55] D. Braja M., Principles of geotechnical engineering., vol. 4ta edición, España: ITP, 2008
- [56] D. Braja, Principles of geotechnical engineering., vol. 4ta edición, España: ITP, 1998.

ANEXO 1. ACTA DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN



ANEXO 01: ACTA DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN

Yo **Mg. Idrogo Perez Cesar Antonio** asesor designado mediante Resolución de Facultad N°0817-2024/FIAU-USS, del Programa de Estudios de **escuela de Ingeniería Civil** y revisor de la investigación del (los) estudiante(s), **Carlos Cesar Delgado Bravo, Paula Alejandra Renilla Lau**, titulada:

APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del 12%, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN. Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación en la Universidad Señor de Sipán S.A.C., aprobada mediante Resolución de Directorio N° 145-2022/PD-USS.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

Mg. Idrogo Perez, Cesar Antonio (Asesor)	DNI: 41554766	
--	---------------	--

Pimentel, 14 de noviembre de 2024.

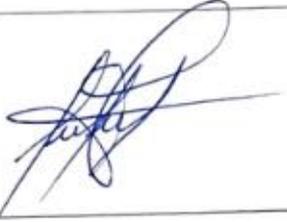
ANEXO 2. ACTA DE APROBACIÓN DEL ASESOR



ANEXO 02: ACTA DE APROBACIÓN DEL ASESOR

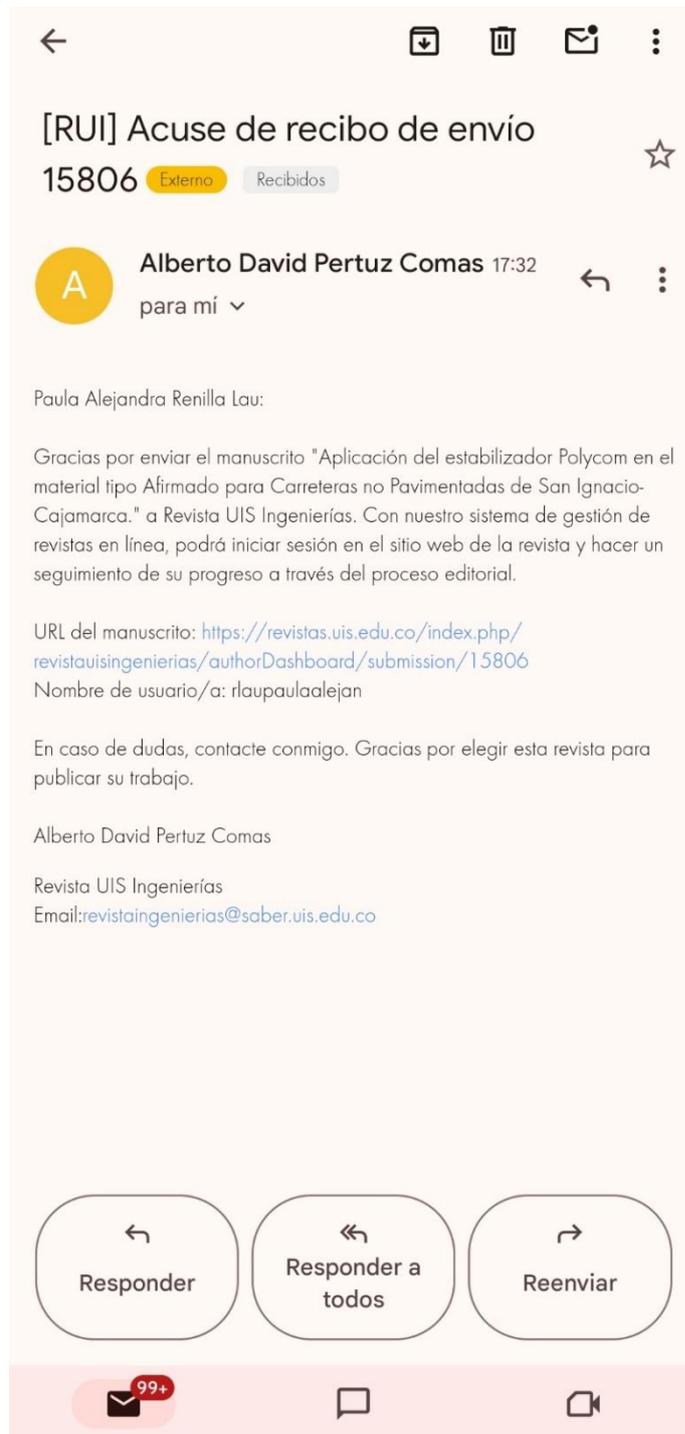
Yo **Mg. Idrogo Perez Cesar Antonio** quien suscribe como asesor designado mediante Resolución de Facultad N°0817-2024/FIAU-USS, del proyecto de investigación titulado **APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA**, desarrollado por los estudiantes: **Carlos Cesar Delgado Bravo, Paula Alejandra Renilla Lau** del programa de estudios de la **escuela de Ingeniería Civil**, acredito haber revisado, realizado observaciones y recomendaciones pertinentes, encontrándose expedito para su revisión por parte del docente del curso.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Mg. Idrogo Perez Cesar Antonio (Asesor)	DNI: 41554766	
--	---------------	--

Pimentel, 14 de noviembre de 2024.

ANEXO 3. CORREO DE RECEPCIÓN DE MANUSCRITO POR PARTE DE LA REVISTA



URL del manuscrito:

<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/authorDashboard/submission/15806>

ANEXO 4. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla X. Matriz de Consistencia

Problema	Hipótesis	Objetivos	Variables, Dimensiones e Indicadores	Metodología
¿Cómo influye la aplicación del estabilizador Polycom en el material tipo afirmado para carreteras no pavimentadas de San Ignacio-Cajamarca?	Si se aplica Polycom en el material tipo afirmado para carreteras no pavimentadas en San Ignacio-Cajamarca, entonces mejora las propiedades físico-mecánicas del afirmado	<p>Objetivo General Aplicar el estabilizador Polycom en el material tipo afirmado para carreteras no pavimentadas de San Ignacio-Cajamarca.</p> <p>Objetivos Específicos 1: Evaluar las propiedades físico-mecánicas del afirmado para estabilización de carreteras no pavimentadas en San Ignacio-Cajamarca. 2: Analizar las propiedades físico-mecánicas del afirmado aplicando Polycom, en porcentajes de 0.1% g/kg, de 0.2% g/kg y de 0.3% g/kg, para la estabilización de carreteras no pavimentadas en San Ignacio-Cajamarca. 3: Identificar el porcentaje óptimo de Polycom en gramos que se deberá aplicar por cada kilogramo de afirmado para mejorar su estabilización y sus propiedades físico-mecánicas. 4: Realizar el análisis de costos del afirmado con Polycom por metro cuadrado (m²) para carreteras no pavimentadas.</p>	<p>Variable Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polycom <p>Variable Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> –Material de Afirmado <p>Dimensiones Polycom</p> <ul style="list-style-type: none"> • A = 0.001% (0.01 g x Kg) • B = 0.002% (0.02 g x Kg) • C = 0.003% (0.03 g x Kg) 	<p>Tipos de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> – Aplicadas – Descriptivo – Cuasi-experimental <p>Nivel</p> <p>Diseño</p> <p>Población y Muestra Población vendría a ser el Material granular de la cantera de San Ignacio que puede ser utilizado para el afirmado de la superficie de rodadura del camino no pavimentado. La muestra representada con el material de tipo afirmado de la cantera de San Ignacio de los puntos de extracción del Punto C1 (E = 721598m, N = 9431038m, UTM = 17M)</p> <p>Técnica</p> <ul style="list-style-type: none"> –Experimentación –Observación

ANEXO 5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Tabla XI. Operacionalización de variables. Variable independiente.

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Técnica/Instrumento de recolección de datos
Independiente: Polycom	Polycom es un estabilizador polimérico utilizado en la construcción y mantenimiento de carreteras, especialmente aquellas pavimentadas.	Mejora las propiedades mecánicas del suelo, aumentando su resistencia, durabilidad y estabilidad.	Gramo por kilogramo	0.001% (0.01 g x Kg) ----- 0.002% (0.02 g x Kg) ----- 0.003% (0.03 g x Kg)	Peso	Ficha Técnica

Tabla XII. Operacionalización de variables. Variable dependiente.

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Técnica/Instrumento de recolección de datos
Variable dependiente: Material de Afirmado	Se considera como afirmado a la capa de material granular o procesado, que posee una gradación determinada con la capacidad de soportar directamente las cargas y esfuerzos ocasionados por el tránsito.	Tiene la capacidad de desempeñarse como superficie de rodadura, en carreteras y caminos no pavimentados.	Kg	<u>Análisis Granulométrico Límites de Atterberg</u> <u>Abrasión</u> <u>Proctor Modificado C.B.R</u>	Parámetros variables	Ficha de laboratorio
				Sales Solubles		

ANEXO 6. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswyc@i@gmail.com

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 10 junio del 2024

Quien suscribe:

Sra. Yessenia Herrera Vasquez

(e) Gerente General – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado "APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA".

Por el presente, el que suscribe, Yessenia Herrera Vasquez, (e) Gerente General de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** a los estudiantes Delgado Bravo Carlos Cesar identificado con DNI N° 71873991 y Renilla Lau Paula Alejandra identificada con el DNI N° 73827239, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN y autores del trabajo de investigación denominado "APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA." para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.


LEMS W&C E.I.R.L.
YESSENIA HERRERA VÁSQUEZ
GERENTE GENERAL



ANEXO 7. ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswycerl@gmail.com

DECLARACIÓN JURADA

Quien suscribe:

Sra. Yessenia Herrera Vasquez

**(e) Gerente General – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.**

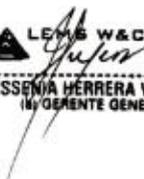
Por el presente, el que suscribe, Yessenia Herrera Vasquez, (e) Gerente General de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.

Declaro bajo juramento, que las pruebas y ensayos de laboratorio se han realizado en concordancia con las Normas Técnicas y Estándares establecidos para este tipo de trabajo.

Por lo que los ensayos realizados para la Tesis `` Aplicación del Estabilizador Polycom en el Material Tipo Afirmado para Carreteras no Pavimentadas de San Ignacio-Cajamarca `` a cargo de los bachilleres Delgado Bravo Carlos Cesar identificado con DNI N° 71873991 y Renilla Lau Paula Alejandra identificada con el DNI N° 73827239, este proyecto de tesis fue realizado en nuestra empresa LEMS W & C E.I.R.L.

En señal de veracidad, firmo la presente declaración.

Chiclayo, 21 noviembre del 2024


LEMS W&C E.I.R.L.
YESSENIA HERRERA VÁSQUEZ
INGENIERA GENERAL





PERU

Presidencia del Consejo de Ministros

INDECOPI

Registro Electrónico de
Censos Nacionales
PAU 2018 (CEN 2018)
Fecha: 20/03/2022 14:27:04:000

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00137704

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 008139-2022/DSD - INDECOPI de fecha 25 de marzo de 2022, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

- Signo : La denominación LEMS W&C y logotipo, conforme al modelo
- Distingue : Servicios de estudio de mecánica de suelos, estudio de evaluación de estructuras, ensayos y control de calidad del concreto, mezclas asfálticas, emulsiones asfálticas, suelos y materiales.
- Clase : 42 de la Clasificación Internacional.
- Solicitud : 0935718-2022
- Titular : LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.
- País : Perú
- Vigencia : 25 de marzo de 2032



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 076-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento: **w1enwa22bp**

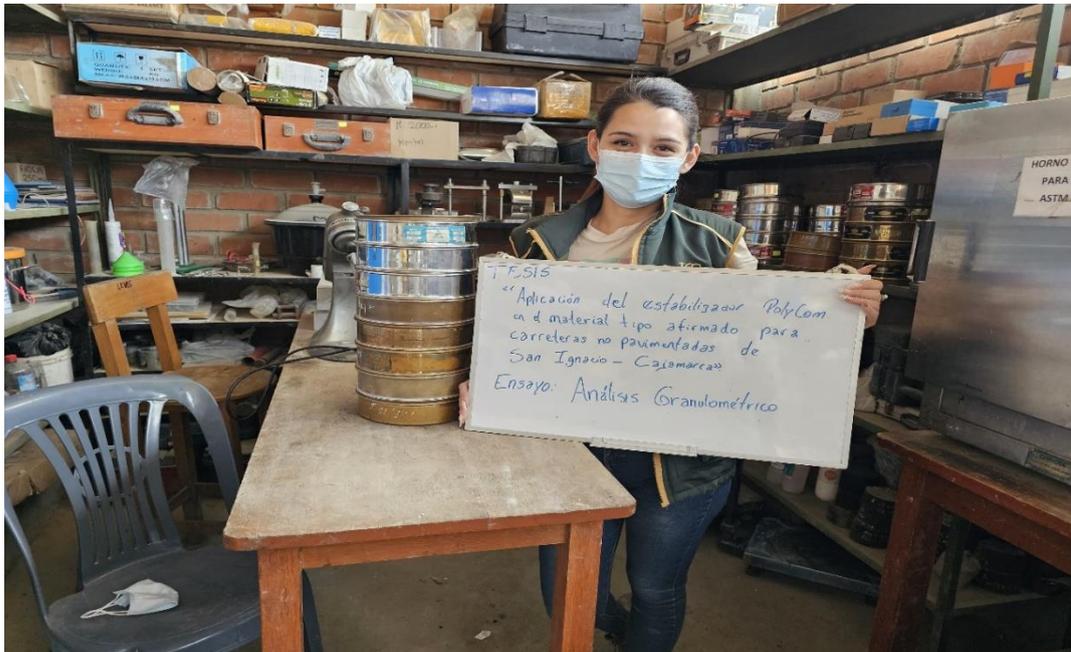
ANEXO 8. PANEL FOTOGRÁFICO

Análisis Granulométrico

Fotografía 1 .Análisis Granulométrico (Cuarteo y pesaje).



Fotografía 2. Análisis granulométrico



Fotografía 3. Análisis granulométrico (Taras).



Contenido de Humedad

Fotografía 4. Contenido de Humedad.

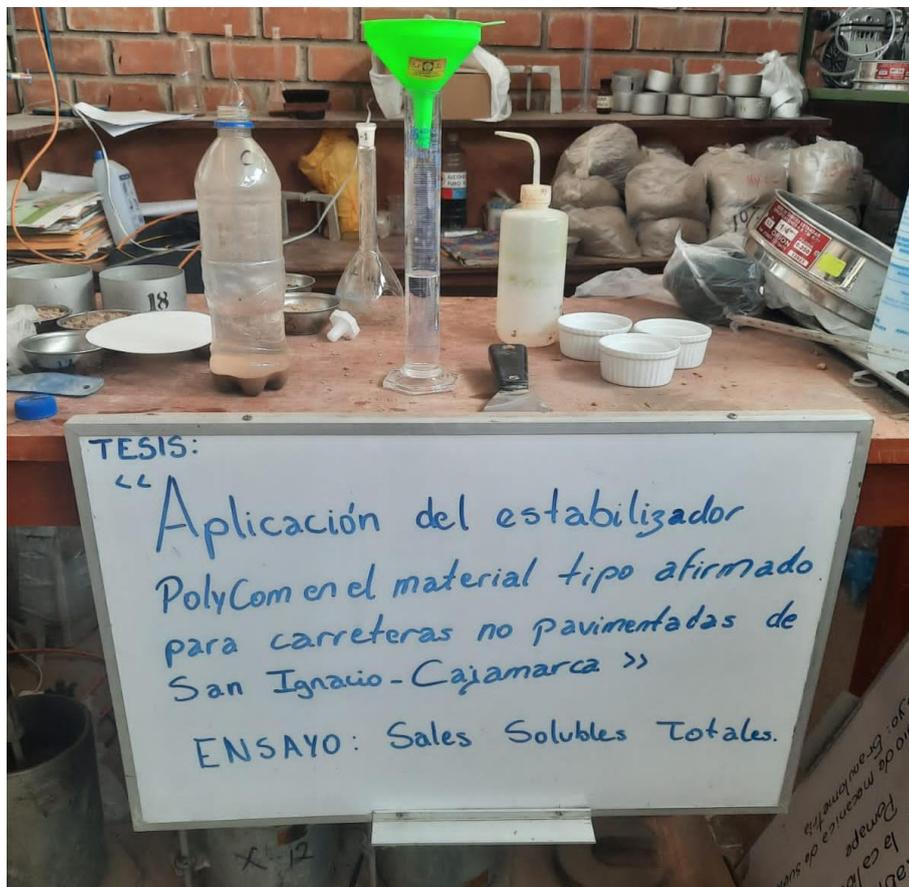


Fotografía 5. Limite Liquido, Plástico e Índice plástico.



Sales Solubles Totales

Fotografía 6. Sales Solubles.



Ensayo de CBR- Muestra Guía

Fotografía 7. Ensayo Proctor / C.B.R (Elaboración de Tandas)



Fotografía 8. Ensayo Proctor (Muestra Guía).



Fotografía 9. Compactación para penetración.



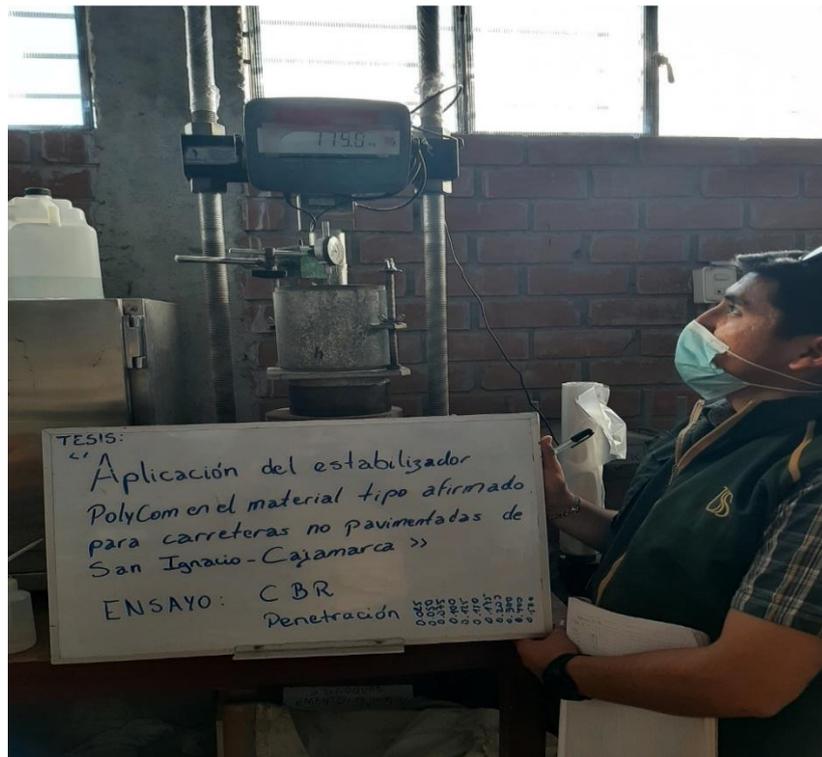
TEMA
"Aplicación del estabilizador
PolyCom en el material tipo
afirmado para carreteras
no pavimentadas de
San Ignacio - Cajamarca"
Ensayo: C.B.R
Compactador para penetración

Fotografía 10. Saturación de la muestra.



TEMA
"Aplicación del estabilizador PolyCom
en el material tipo afirmado para
carreteras no pavimentadas de
San Ignacio - Cajamarca"
Ensayo: C.B.R
Saturación

Fotografía 11. Penetración.



Ensayo de CBR- Muestra con Estabilizador

Fotografía 12. Ensayo Proctor / C.B.R. Elaboración de tandas. (Aplicación del estabilizador Polycom – Distribución del estabilizante).



Fotografía 13. Ensayo proctor. Compactación del afirmado con estabilizador Polycom.



Fotografía 14. Ensayo Proctor / C.B.R (Compactación de afirmado con estabilizador Polycom).



Fotografía 15. Saturación del afirmado con estabilizador Polycom.



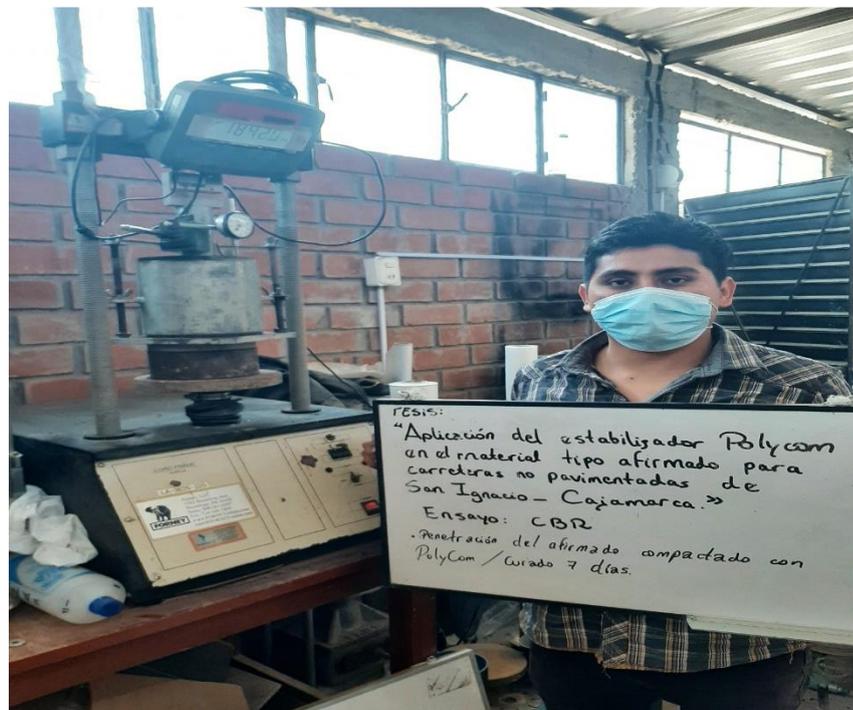
Fotografía 16. Penetración del afirmado con estabilizador Polycom.



Fotografía 17. Compactación del afirmado con estabilizador Polycom – Curado a los 7 días.



Fotografía 18. Penetración del afirmado con estabilizador Polycom – Curado a los 7 días.



ANEXO 9. FICHAS TÉCNICAS



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ITEM	DESCRIPCION	U.M.
1	POLIMERO EN POLVO SECO SOLUBLE EN AGUA (WDPP) X 2 KG	BOTELLA

I. DESCRIPCION

1.1. Características técnicas:

- ✓ Aplicable en suelos de muy baja calidad.
- ✓ Presenta un rendimiento de 50 m³ de suelo a tratar por cada botella de 2 kilos c/u.
- ✓ Aplicable para sub-rasantes, sub-base y base granular como también para caminos en afirmado
- ✓ Tiene un rango de usos para carreteras de penetración de bajo volumen de tránsito, carreteras nacionales de tráfico intenso, accesos de tránsito pesado y calles y avenidas
- ✓ Mejora los subsuelos de baja resistencia <4 CBR
- ✓ Incrementa la densidad del suelo.
- ✓ Incrementa la capacidad de soporte del suelo.
- ✓ El suelo se densifica a un menor contenido de humedad.
- ✓ Incrementa la resistencia al agua
- ✓ Aumento de CBR.

1.2. Comportamiento

- ✓ Ligante Aniónico que produce una alta densidad y que se mantiene estable a través de ciclos húmedos y secos
- ✓ Reducción de la deterioración de la plataforma y la base de rodadura de los caminos.

1.3. Consistencia

- ✓ Polvo granulado concentrado.

1.4. Rango

- ✓ Rango de tipos de suelos naturales desde suelos compuestos por gravas limpias hasta suelos orgánicos altamente expansivos, buen desempeño con diferentes rangos de plasticidad. Suelos de tipo A1, A2, A3, A4, A5, A6 y A7

1.5. Características Ambientales

- ✓ Ecológico
- ✓ No tóxico
- ✓ Biodegradable.
- ✓ No inflamable.
- ✓ Es químicamente inerte
- ✓ Producto no peligroso

1.6. Propiedades a 25 °C

- ✓ PH = 6.9 (5000 : 1) no es ácido ni alcalino
- ✓ Gravedad Específica = 0.8
- ✓ Olor = Olor Leve

II. VENTAJAS

- ✓ La estabilización con PolyCom ofrece mayor resistencia (mayor CBR).
- ✓ Una mayor resistencia y flexibilidad - Alto grado de resistencia al agua - saneamiento y/o remediación de suelos dispersivos y arcillas reactivas - mejora la manejabilidad de los suelos.
- ✓ El material tratado puede ser almacenado por periodos prolongados.
- ✓ Ninguna planta o equipo especial es requerido.
- ✓ La instalación del producto es hecha competentemente con equipos estandarizados de estabilización.
- ✓ Aumenta la densidad del terreno, evitando los vacíos dentro de la estructura estabilizada.
- ✓ Buen comportamiento estructural con los ligantes si se plantean recubrimientos con capas asfálticas.
- ✓ Mínimo costo de transporte
- ✓ Es reciclable una vez que la vida útil de la carretera estabilizada termina.
- ✓ 30%-50% ahorro de agua
- ✓ No existe agrietamiento por fatiga ni por ahuellamiento en la subrasante.

III. NORMATIVIDAD

- ✓ Cumple con las Normas Técnicas MTC E1109-2004 acerca de Estabilizadores Químicos de suelos.
- ✓ Presenta Certificado de no toxicidad del producto.
- ✓ Aumento de CBR que se logrará con el producto, se puede comprobar en Obra o laboratorio.
- ✓ El costo de traslado de los bienes generalmente son asumidos íntegramente por el proveedor a Almacén de Obra.
- ✓ Los bienes generalmente se entregan en el plazo de 02 días calendario después de obtener una Orden de Compra.

IV. FORMA DE ENTREGA:

La entrega de aditivo estabilizador de suelo es en Botellas de 2kg cada una, en buenas condiciones aptas para la realización de las partidas en la que se empleará.

El producto no presentará fallas de fabricación, en caso contrario, este será reemplazado, sin perjuicio o gastos adicionales al proyecto.

Lugar de Entrega: Donde el Cliente lo solicite.

FINALIDAD DE LA COMPRA: La adquisición de los bienes, son para cumplir con las metas propuestas por el cliente.

¿Requiere más información? Comuníquese a cualquiera de nuestros teléfonos

Servicio al Cliente Nacional

 **AUSTLATIN Perú**

'Paving the way to Latin America'

Edgar Montesinos

991 302 559 RPM #991 302 559 RPC 961 765 623

emaustlatin@live.com.au

Doylith Cauper

961 508 737 RPM #825271

doylith_cj@hotmail.com

Soporte Técnico y Asesoría

 **POLYMPERÚ**
ASESORÍA Y SERVICIOS

Gonzalo Gutiérrez Sandoval

Gerente General 51 1 3370051 990 263 614

ggutierrez@polymperu.com

gongutsa@hotmail.com

Daniel Montesinos Salazar

Gerente Administrativo 271 5220 999 600 685 / 988 450 342

dmontesinos@polymperu.com

dmontesinos1@hotmail.com

ANEXO 10. INFORMES DE LABORATORIO



LEMS W&C EIRL
 Certificado INDECOPi N°00137704 RNP Servicios 50605589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
 Chiclayo – Lambayeque
 R.U.C. 20480781334
 Email: lemswceirl@gmail.com

Solicitante : DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
 Obra / Proyecto : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA
 Ubicación : SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA.
 Fecha de ensayo : 3/06/2024
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.126 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Cantera: San Ignacio Muestra: M - 1 Profundidad: 0.00 - 0.5m.

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pasa	Requerimiento Granulométrico	
3"	75.000	0.0	100.0		Límite líquido (LL) 25.44 (%)
2"	50.000	0.0	100.0		Límite Plástico (LP) 17.07 (%)
1 1/2"	37.500	1.8	98.2		Índice Plástico (IP) 8.37 (%)
1"	25.000	16.8	83.2		
3/4"	19.000	25.7	74.3		
1/2"	12.500	42.2	57.8		
3/8"	9.500	51.2	48.8		
N° 4	4.750	74.9	25.1		
N° 10	2.000	82.5	17.5		
N° 20	0.850	88.7	11.3		
N° 40	0.425	94.3	5.7		
N° 60	0.250	96.0	4.0		
N° 140	0.106	97.5	2.5		
N° 200	0.075	97.5	2.5		

Distribución granulométrica			74.9
% Grava	G.G. %	25.7	
	G.F. %	49.2	
	A.G. %	7.8	
% Arena	A.M. %	11.7	
	A.F. %	3.3	
22.6			
% Arcilla y Limo		2.5	2.5
Total			100.0

Contenido de Humedad	
	1.50

Ensayo de Límite de Atterberg	
Clasificación (S.U.C.S.)	GP
Descripción del suelo	Grava pobremente graduada con arena
Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (0)
Descripción	BUENO

Observaciones:
 - Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
 Ronal Enrique Altamirano Llantop
 TFC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 345044

INFORME

Solicitante : DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
Proyecto / Obra : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO
ÁFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-
CAJAMARCA
Ubicación : SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA
Fecha de ensayo : 24/06/2024

ENSAYO : AFIRMADO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 400.019

Muestra : AGREGADO GRUESO

Cantera : Zaña - Castro I san Nicolas

% de desgaste por abrasión	%	13.75
-----------------------------------	----------	--------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "A", Nº de esferas : 12, Revoluciones : total 500

Solicitantes DELGADO BRAVO CARLOS CESAR
RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA

Proyecto APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO
AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-
CAJAMARCA

Ubicación SAN IGNACIO - SAN IGNACIO - CAJAMARCA

Apertura 03 de Junio del 2024

Inicio de Ensayo 06 de Junio del 2024

Fin de Ensayo 07 de Junio del 2024

ENSAYO SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del
contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.

REFERENCIA NORMA N.T.P. 399.152: 2002

Cantera	:San Ignacio	
Muestra	Afirmado	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	2000
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.20

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
Proyecto : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Ubicación : SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA

Fecha de apertura : 7/06/2024

Código : N.T.P. 339.145

Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

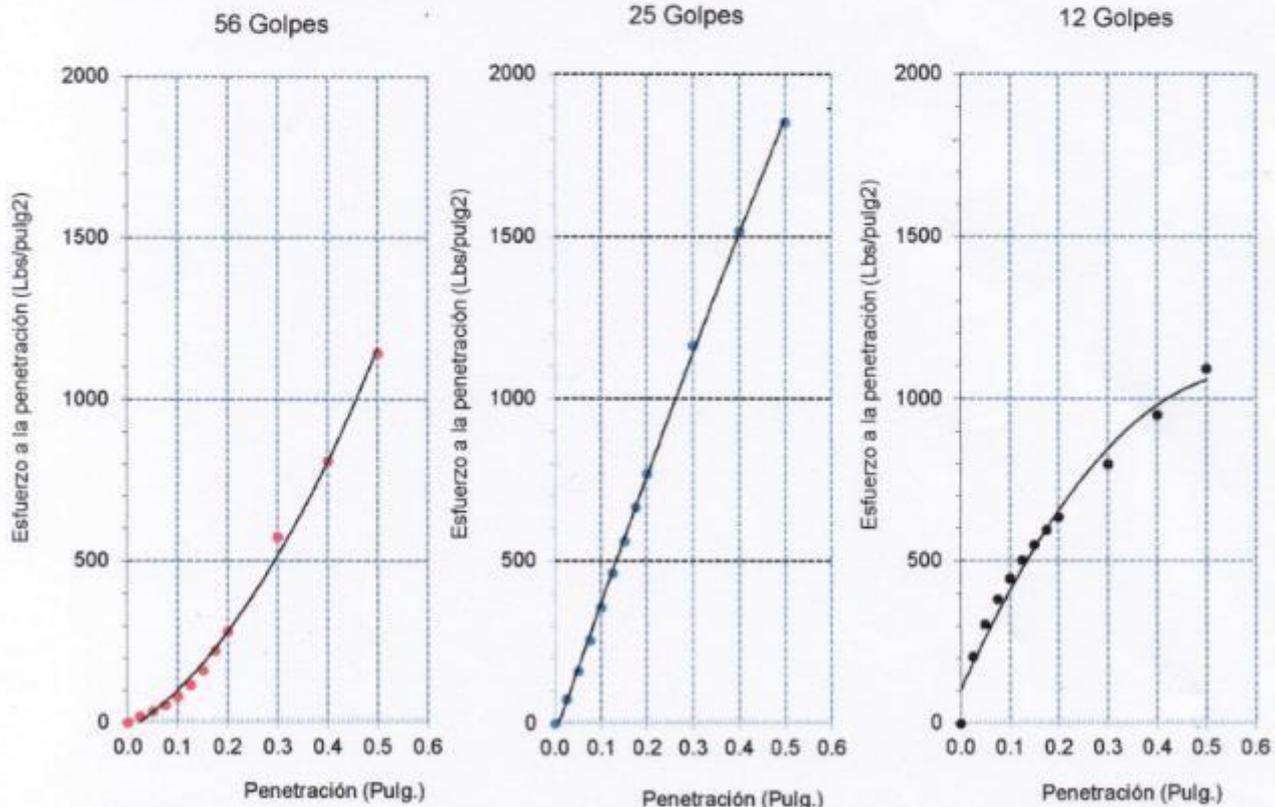
Identificación de la muestra:

Cantera: San Ignacio I

Muestra: M-1

Profundidad: 0.55m - 1.00m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL. Ronal Enrique Altamirano Lioytop TFC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL. MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES INGENIERO CIVIL CIP: 346944



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
 Proyecto : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Ubicación : SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA
 Fecha de recepción : 11/06/2024

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Cantera: San Ignacio I

Muestra: M-1

Profundidad: 0.55m - 1.00m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.311 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	5.19 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	4.4	0.003	2.311	0.1"	100	4.5
02	25	2.1	0.009	2.195	0.1"	95	2.2
03	12	1.2	0.018	2.080	0.2"	100	5.5
					0.2"	95	2.9

Diagrama de Proctor

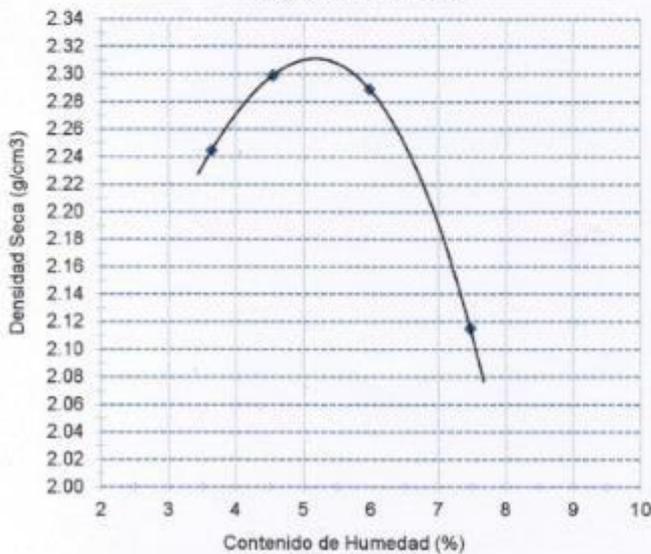
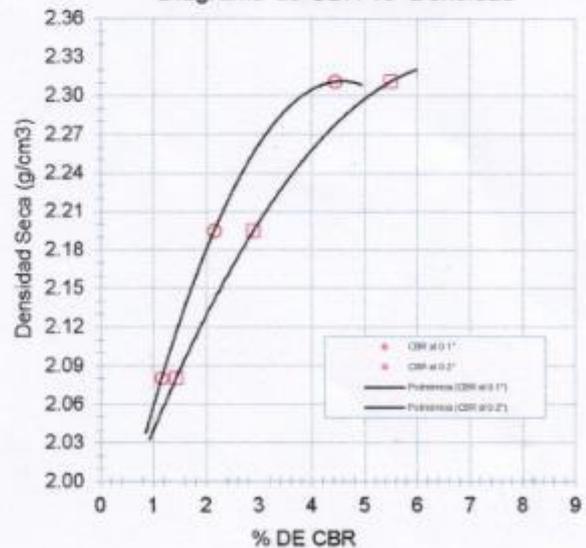


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
Proyecto : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Ubicación : SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA
Fecha de apertura : 14/06/2024

Código : N.T.P. 339.145
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

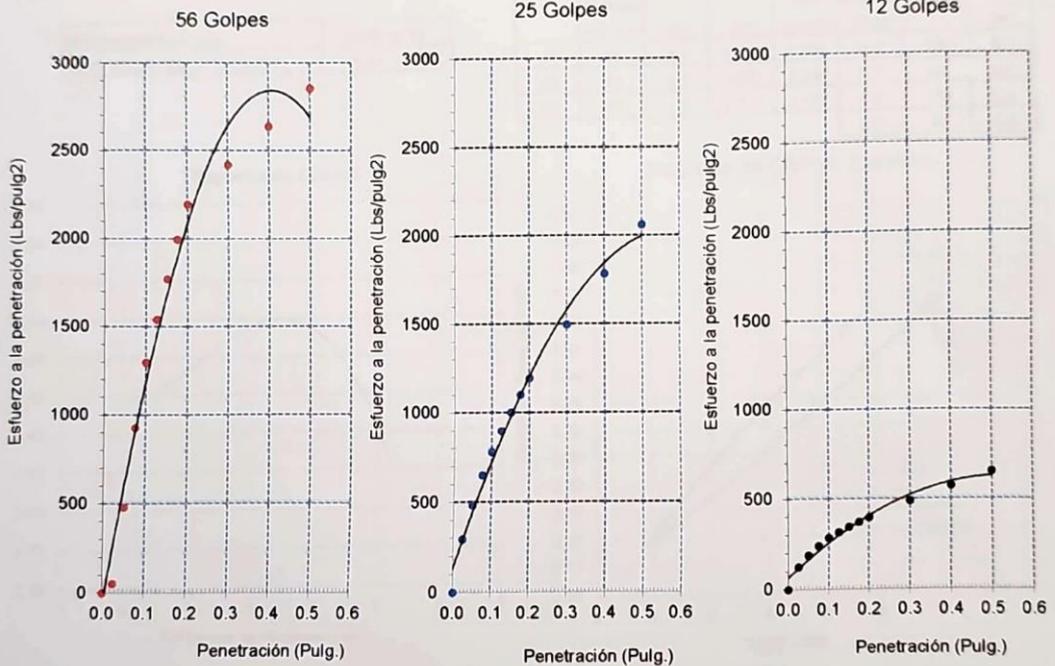
Identificación de la muestra:

Añición: Polycom

Dosificación: 0.01g x kg

Identificador: A

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
RAHIS
Ronald Enrique Alamillo Llantop
T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
RAHIS
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
Proyecto : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Ubicación : SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA
Fecha de recepción : 18/06/2024

Código : N.T.P. 339.145
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Adición: Polycom

Dosificación: 0.01g x kg

Identificador: A

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Table with 2 columns: Property (Máxima densidad seca, Óptimo contenido de humedad) and Value (2.489 g/cm³, 5.51 %)

Table with 8 columns: Espécimen, Número de golpes por capa, CBR (%), Expansión (%), Densidad seca (g/cm3), CBR a la penetración (Pulg), % de MDS, CBR (%). Contains 3 rows of specimen data.

Diagrama de Proctor

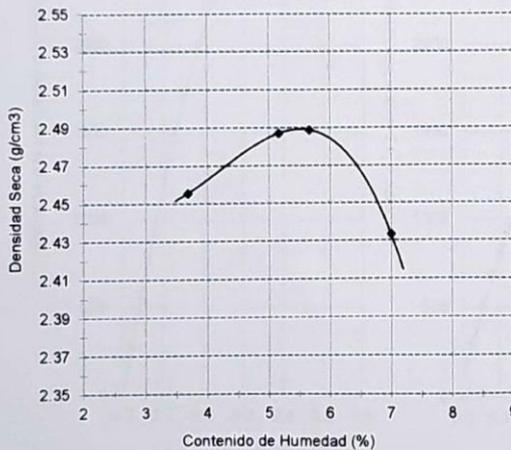
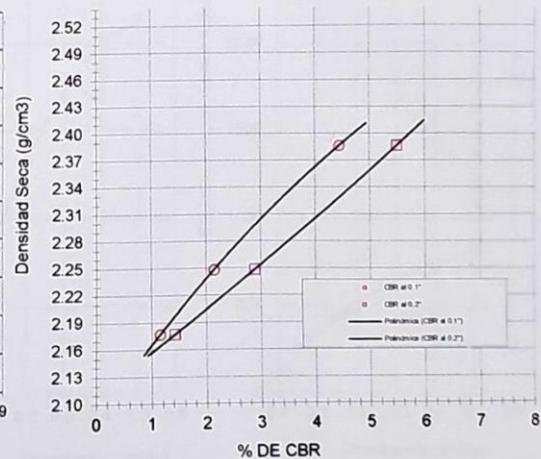


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

Signature and stamp of Ronald Enrique Altamirano Llantop, Ingeniero Civil.

Signature and stamp of Miguel Angel Ruiz Perales, Ingeniero Civil.

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
Proyecto : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Ubicación : SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA
Fecha de apertura : 15/06/2024

Código : N.T.P. 339.145
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

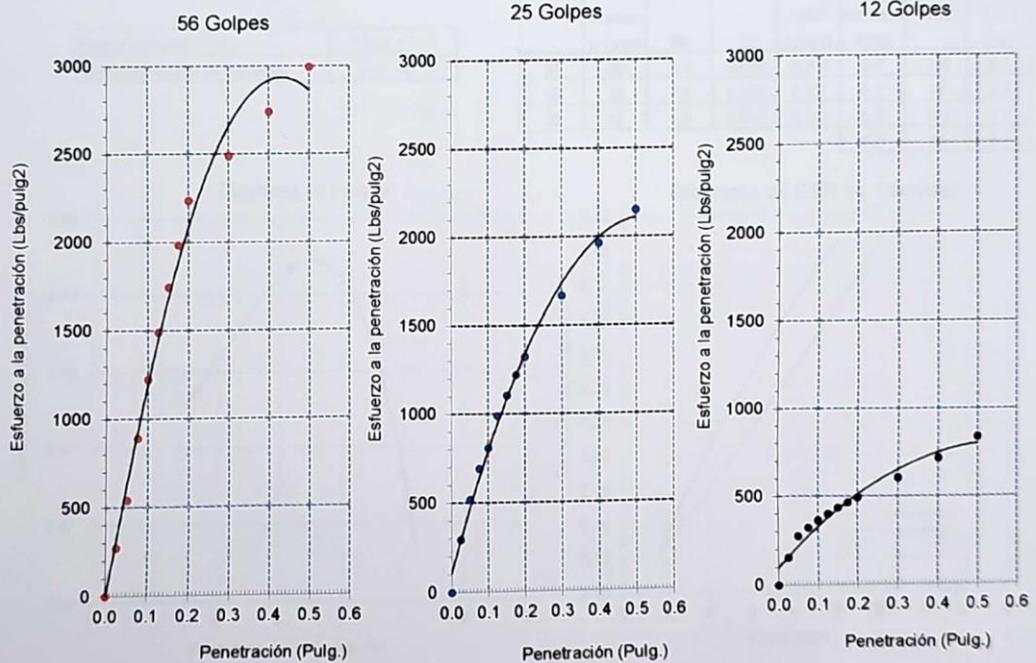
Identificación de la muestra:

Aición: Polycom

Dosificación: 0.01g x <g

Identificador: A

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
RAL
Ronald Enrique Allamirano Llantop
TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MS
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
Proyecto : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Ubicación : SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA
Fecha de recepción : 23/06/2024

Código : N.T.P. 339.145
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

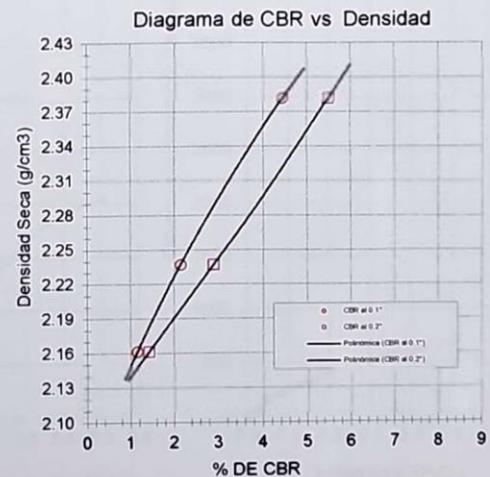
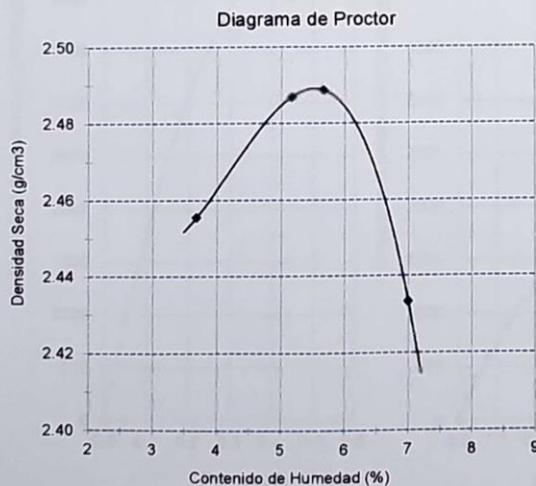
Identificación de la muestra:

Añición: Polycom Dosificación: 0.01g x kg Identificador: A

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.489 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	5.51 %

Especímen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	4.4	0.009	2.382	0.1"	100	6.1
02	25	2.1	0.010	2.237	0.1"	95	3.8
03	12	1.2	0.010	2.162	0.2"	100	7.4
					0.2"	95	5.4



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano
Ronald Enrique Altamirano Llantop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
Miguel Ángel Ruiz Perales
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
Proyecto : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Ubicación : SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA
Fecha de apertura : 14/06/2024

Código : N.T.P. 339.145
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

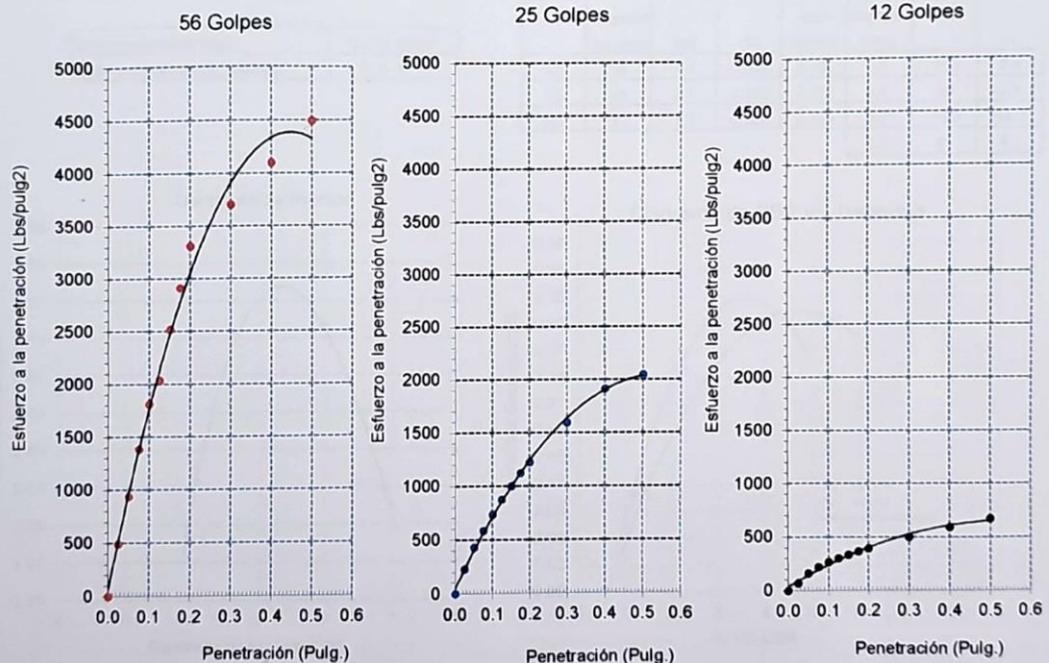
Identificación de la muestra:

Adición: Polycom

Dosificación: 0.02g x kg

Identificador: B

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
Proyecto : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Ubicación : SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA
Fecha de recepción : 18/06/2024

Código : N.T.P. 339.145
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Adición: Polycom

Dosificación: 0.02g x kg

Identificador: B

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.518 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	5.29 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	4.4	0.021	2.302	0.1"	100	8.1
02	25	2.1	0.023	2.252	0.1"	95	3.1
03	12	1.2	0.023	2.109	0.2"	100	16.7
					0.2"	95	4.3

Diagrama de Proctor

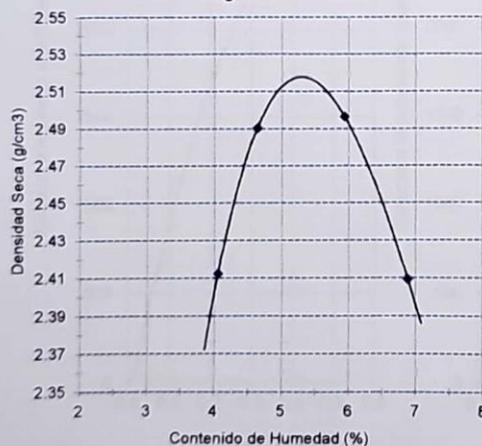
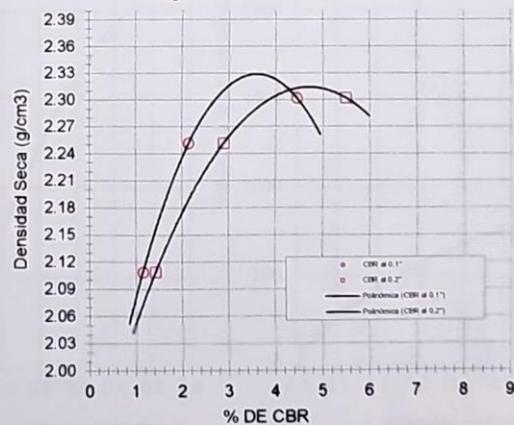


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronali
Ronali Enrique Altamirano Llantop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
Miguel
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL



RNP - Servicios S0608589

LEMS W&C EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lwmswyceirl.com

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes
Proyecto

DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
: APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO
PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Ubicación

: SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA

Fecha de apertura

: 15/06/2024

Código

: N.T.P. 339.145

Norma

: Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

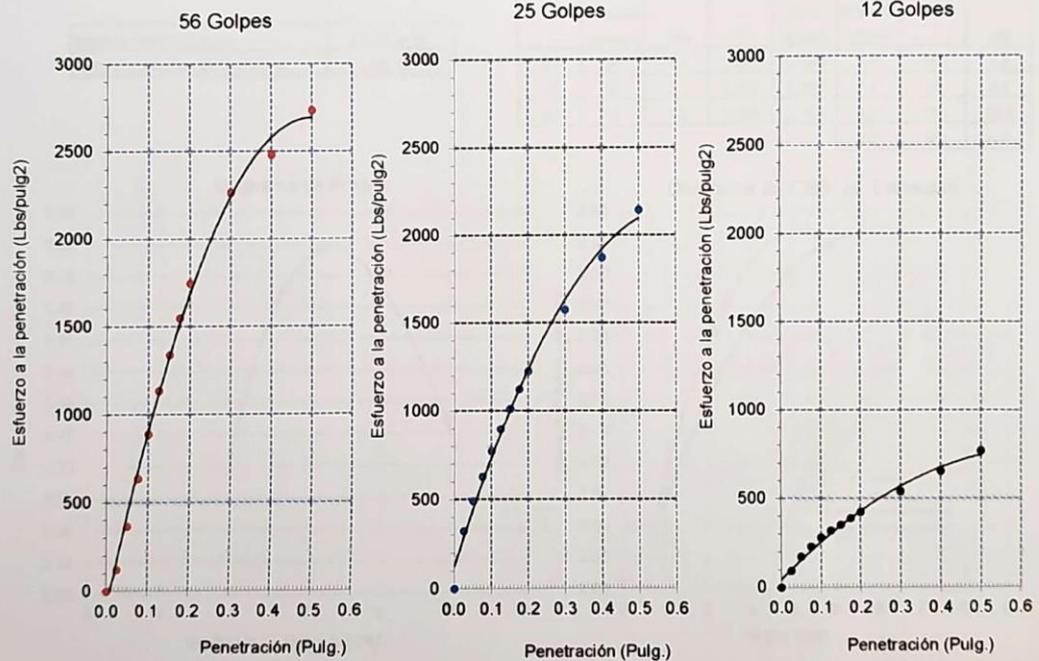
Identificación de la muestra:

Añición: Polycom

Dosificación: 0.02g ϵ kg

Identificador: B

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.

 Ronal Enrique Altamirano Llantop
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.

 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246994



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
Proyecto : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Ubicación : SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA
Fecha de recepción : 23/06/2024

Código : N.T.P. 339.145
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Añición: Polycom Dosificación: 002g x kg Identificador: B

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Table with 2 columns: Property (Máxima densidad seca, Óptimo contenido de humedad) and Value (2.518 g/cm³, 5.29 %)

Table with 8 columns: Espécimen, Número de golpes por capa, CBR (%), Expansión (%), Densidad seca (g/cm3), CBR a la penetración (Pulg), % de MDS, CBR (%). Contains 3 rows of specimen data.

Diagrama de Proctor

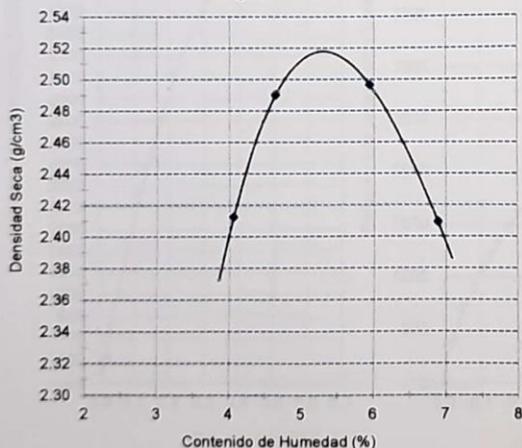
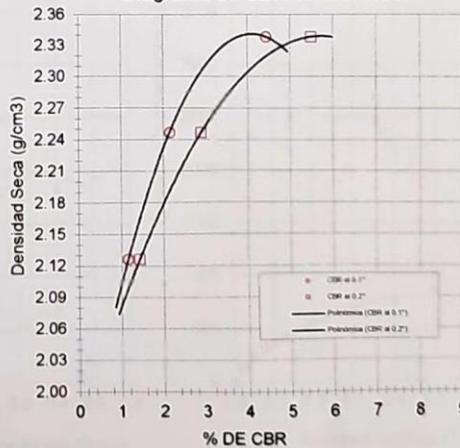


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :
- Identificación realizado por el solicitante.

Signature and stamp of Ronald Enrique Altamirano Llantop, TECNICO EN ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS.

Signature and stamp of Miguel Angel Ruiz Perales, INGENIERO CIVIL.

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
Proyecto : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Ubicación : SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA
Fecha de recepción : 18/06/2024

Código : N.T.P. 339.145
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Adición: Polycom

Dosificación: 0.03g x kg

Identificador: C

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.498 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	5.44 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	4.4	0.015	2.344	0.1"	100	6.9
02	25	2.1	0.022	2.243	0.1"	95	3.4
03	12	1.2	0.019	2.139	0.2"	100	9.5
					0.2"	95	4.7

Diagrama de Proctor

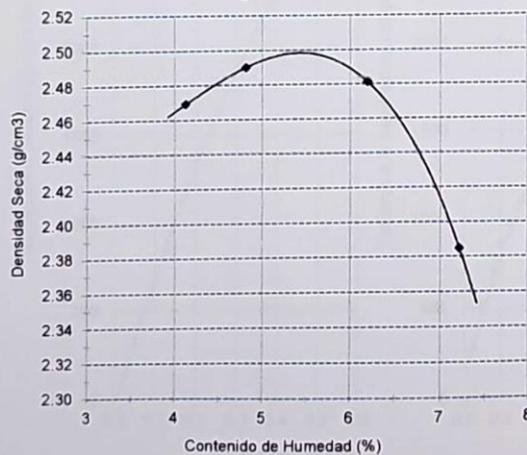
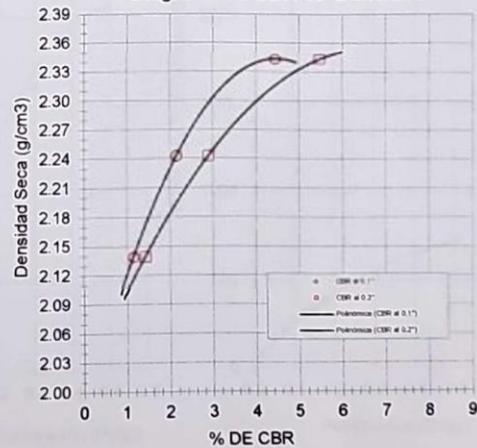


Diagrama de CBR vs Densidad



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes
Proyecto

DELGADO BRAVO CARLOS CESAR - RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
: APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO
PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

Ubicación

: SAN IGNACIO- SAN IGNACIO- CAJAMARCA

Fecha de apertura

: 15/06/2024

Código

: N.T.P. 339.145

Norma

: Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

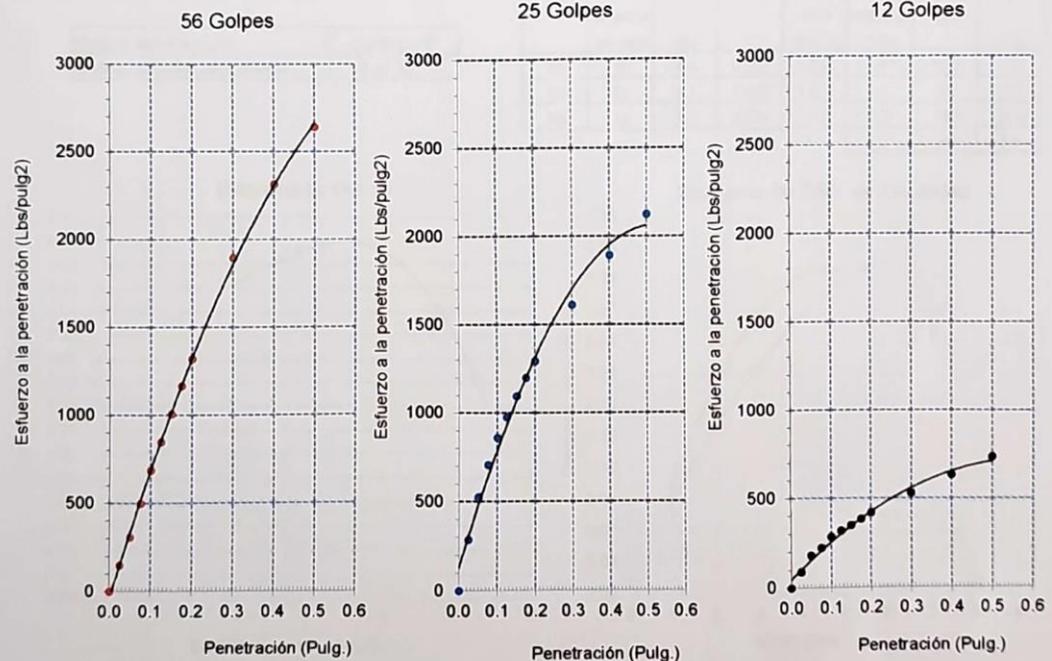
Identificación de la muestra:

Adición: Polycom

Dosificación: 0 03g < g

Identificador: C

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronald Enrique Altamirano Llantop
TFC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246994

ANEXO 11. ANÁLISIS QUÍMICO DEL MATERIAL TIPO AFIRMADO DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



REPORTE DE ANÁLISIS N° 144 - FIQIA

1. DATOS DE TESIS : DELGADO BRAVO CARLOS CÉSAR
RENILLA LAU PAULA ALEJANDRA
2. PROYECTO DE TESIS : APLICACIÓN DEL ESTABILIZADOR POLYCOM EN EL MATERIAL TIPO AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE SAN IGNACIO-CAJAMARCA.

3. DATOS DE LA MUESTRA

- Número de muestras : 1
- Nombre de la muestra : MUESTRA DEL MATERIAL TIPO AFIRMADO (MMTA)
- Fecha de muestreo : 18-11-2024

4. RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARÁMETRO (mg/kg)	LCM*	MMTA (mg/kg)
Plata - Ag	0.019	0.0056
Aluminio - Al	0.023	14525.8745
Arsénico - As	0.005	0.0254
Boro - B	0.026	1.5265
Bario - Ba	0.004	102.5687
Berilio - Be	0.003	<LCM
Bismuto - Bi	0.016	<LCM
Calcio - Ca	0.124	156987.5421
Cadmio - Cd	0.002	0.0365
Cerio - Ce	0.004	1.3254
Cobalto - Co	0.002	2.0547
Cromo - Cr	0.003	18.6599
Cobre - Cu	0.018	4.5678
Hierro - Fe	0.023	105657.2547
Potasio - K	0.051	2877.4571
Litio - Li	0.005	<LCM
Magnesio - Mg	0.019	44588.5020
Manganeso - Mn	0.003	874.5699
Molibdeno - Mo	0.002	0.2154
Sodio - Na	0.026	654.1178
Níquel - Ni	0.006	1.5474
Fósforo - P	0.024	987.4747
Plomo - Pb	0.004	0.4587
Azufre - S	0.091	458.7898



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



Antimonio - Sb	0.005	0.0654
Selenio - Se	0.007	<LCM
Silicio - Si	0.104	397450.2547
Estaño - Sn	0.007	<LCM
Estroncio - Sr	0.003	10.2144
Titanio - Ti	0.004	447.1023
Talio - Tl	0.003	<LCM
Uranio - U	0.004	<LCM
Vanadio - V	0.004	1.5874
Zinc - Zn	0.018	11.3697
Mercurio - Hg	0.003	<LCM

*LCM Límite Cuantificable Mínimo)

METODOLOGÍA EPA 200.7

5. ALCANCE

- La MUESTRA DEL MATERIAL TIPO AFIRMADO fue previamente secada y reducida; posteriormente tamizada; y luego tratada por digestión ácida, para luego ser leída en el ICP para análisis de metales.

Firma		Firma	 Cristian David Visconde Beltrán INGENIERO QUÍMICO REG. CIP. 111172
Analista	Marilyn Catherine Quinteros Vilchez	V°B°	Ing. Cristian David Visconde Beltrán
Fecha de Reporte		21 de Noviembre del 2024	

ANEXO 12. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
 POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
 INACAL - DA CON REGISTRO
 N° LC - 071



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0174-2024

Área de Metrología
 Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0644	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	CALLA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Instrumento calibrado	BALANZA ELECTRÓNICA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	OHAUS	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Modelo	R31P30	
N° de serie	8342028640	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	CHINA	
Capacidad máxima:	30000 g	
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	1 g	
Capacidad mínima	50 g	
Clase de exactitud	II	
5. Fecha de calibración	2024-05-18	

Fecha de Emisión

2024-05-24



Firmado digitalmente por:
 ASTETE SORIANO LUCIO FIR
 42817545 hard
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 24/05/2024 17:50:17-0500



Jefe de Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ✉ comercial@calibratec.com.pe
 🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0174-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. ubicado en Cal. La Fe Nro. 0167 Upis Señor de los Milagros Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,6 °C
Humedad relativa	73 %	73 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase F1	CCP-0870-002-23
ELICROM	Juego de pesas de 1 kg a 5 kg de clase F1	CCP-0870-001-23
ELICROM	Pesa de 10 kg de clase F1	CLC-1532-003-23
ELICROM	Pesa de 20 kg de clase F1	CLC-1532-002-23

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 30000 g la balanza indicaba 30010 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud se encuentran indicados en la balanza.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 12 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.
- El laboratorio de CALIBRATEC S.A.C. no se hace responsable de los datos suministrados por el cliente.

Revisión 00

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0174-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

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

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,6 °C	Humedad	73,0 %	73,0 %
Carga L1	15 000,0 g		Carga L2	30 000,0 g	
I	ΔL	E	I	ΔL	E
g	g	g	g	g	g
15 000	0,4	0,1	30 000	0,7	-0,2
15 000	0,4	0,1	30 000	0,4	0,1
15 000	0,3	0,2	30 000	0,6	-0,1
15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0
15 000	0,4	0,1	30 000	0,7	-0,2
15 000	0,5	0,0	30 000	0,8	-0,3
15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-0,1
15 000	0,5	0,0	30 000	0,7	-0,2
15 000	0,5	0,0	30 000	0,7	-0,2
15 000	0,4	0,1	30 000	0,6	-0,1
Dif Máx. Encontrada	0,3		Dif Máx. Encontrada	0,4	
EMP	2		EMP	3	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,6 °C	Humedad	73,0 %	73,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E_0				Determinación del Error Corregido E_c				
	C. mínima g	I g	ΔL g	E_0 g	Carga L g	I g	ΔL g	E g	E_c g
1		10	0,7	-0,2	10 000	10 000	0,6	-0,1	0,1
2		10	0,5	0,0	10 001	10 001	0,8	0,7	0,7
3	10,0	10	0,6	-0,1	10 000,0	9 999	0,4	-0,9	-0,8
4		10	0,5	0,0	10 000	10 000	0,6	-0,1	-0,1
5		10	0,5	0,0	10 002	10 002	0,7	1,8	1,8
Error máximo permitido (\pm)									2

Revisión 00

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0174-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,6 °C	Humedad	73,0 %	73,0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E ₀	10,0	10	0,7	-0,2					
50,0	50	0,7	-0,2	0,0	50	0,6	-0,1	0,1	1
3 000,0	3 000	0,4	0,1	0,3	3 000	0,6	-0,1	0,1	1
6 000,0	6 000	0,6	-0,1	0,1	6 000	0,7	-0,2	0,0	2
7 500,0	7 500	0,7	-0,2	0,0	7 500	0,5	0,0	0,2	2
10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,2	10 000	0,6	-0,1	0,1	2
12 000,0	12 001	0,8	0,7	0,9	12 000	0,4	0,1	0,3	2
15 000,0	15 001	0,8	0,7	0,9	15 000	0,5	0,0	0,2	2
20 000,0	20 000	0,3	0,2	0,4	20 001	0,7	0,8	1,0	2
25 000,0	25 000	0,4	0,1	0,3	25 001	0,9	0,6	0,8	3
30 000,0	30 000	0,7	-0,2	0,0	30 000	0,7	-0,2	0,0	3

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

I: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero

Ec: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,22 \text{ g}^2 + 0,0000000039 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000026 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

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

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0176-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0644
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.
3. Dirección	CAL LA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
4. Instrumento calibrado	BALANZA ELECTRÓNICA
Marca	AMPUT
Modelo	NO INDICA
N° de serie	457
Identificación	NO INDICA
Procedencia	NO INDICA
Capacidad máxima:	2000 g
División de escala (d)	0,01 g
Div. de verificación (e)	0,1 g
Capacidad mínima	5 g
Clase de exactitud	II
5. Fecha de calibración	2024-05-18

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

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

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

Fecha de Emisión

2024-05-24



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 24/05/2024 17:50:18-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0176-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indiciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI

7. Lugar de calibración

Laboratorio de LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. ubicado en Cal. La Fe Nro. 0167 Upis Señor de los Milagros Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,7 °C
Humedad relativa	73 %	73 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	Juego de pesas de 1 mg a 2 kg de clase M1	1254-MPES-C-2023

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 2000 g la balanza indicaba 2000,84 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud han sido determinados por el fabricante.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 12 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.
- El laboratorio de CALIBRATEC S.A.C. no se hace responsable de los datos suministrados por el cliente.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-0176-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

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

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,6 °C

	Inicial	Final
Humedad	73,0 %	72,0 %

Carga L1	1 000,003 g	
I	ΔL	E
g	g	g
999,98	0,010	-0,028
999,96	0,009	-0,047
999,98	0,010	-0,028
999,97	0,009	-0,037
999,98	0,011	-0,029
999,97	0,010	-0,038
999,96	0,008	-0,046
999,98	0,010	-0,028
999,97	0,012	-0,040
999,96	0,011	-0,049
Dif Máx. Encontrada	0,021	
EMP	0,20	

Carga L2	2 000,004 g	
I	ΔL	E
g	g	g
2 000,00	0,011	-0,010
2 000,05	0,008	0,043
2 000,01	0,010	0,001
2 000,02	0,011	0,010
2 000,01	0,011	0,000
1 999,99	0,010	-0,019
2 000,00	0,011	-0,010
1 999,98	0,012	-0,031
1 999,99	0,009	-0,018
2 000,00	0,011	-0,010
Dif Máx. Encontrada	0,074	
EMP	0,20	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



	Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,6 °C

	Inicial	Final
Humedad	73,0 %	73,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E_0				Determinación del Error Corregido E_c				
	C. mínima g	I g	ΔL g	E_0 g	Carga L g	I g	ΔL g	E g	E_c g
1	1,000	1,00	0,011	-0,006	650,001	649,99	0,010	-0,016	-0,009
2		0,99	0,010	-0,015		650,01	0,008	0,006	0,021
3		0,99	0,011	-0,016		649,97	0,009	-0,035	-0,018
4		1,00	0,010	-0,005		649,97	0,011	-0,037	-0,031
5		0,99	0,008	-0,013		650,00	0,010	-0,006	0,008
Error máximo permitido (\pm)									0,20

Revisión 00

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0176-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,7 °C	Humedad	73,0 %	73,0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E ₀ 1,000	1,00	0,009	-0,004						
5,000	4,99	0,010	-0,015	-0,011	5,01	0,012	0,003	0,007	0,10
200,001	199,99	0,008	-0,014	-0,010	200,02	0,011	0,013	0,017	0,10
400,001	399,99	0,011	-0,017	-0,013	399,98	0,008	-0,024	-0,020	0,10
650,001	649,98	0,010	-0,026	-0,021	649,98	0,010	-0,026	-0,021	0,20
800,002	799,98	0,009	-0,026	-0,022	799,96	0,008	-0,045	-0,041	0,20
1 000,003	999,96	0,009	-0,047	-0,043	999,91	0,008	-0,096	-0,092	0,20
1 200,004	1 200,04	0,012	0,029	0,033	1 200,00	0,009	-0,008	-0,004	0,20
1 400,004	1 400,04	0,010	0,031	0,035	1 400,00	0,009	-0,008	-0,004	0,20
1 600,005	1 600,04	0,011	0,029	0,034	1 599,99	0,010	-0,020	-0,015	0,20
2 000,004	2 000,00	0,010	-0,009	-0,005	2 000,00	0,010	-0,009	-0,005	0,20

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

I: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero

Ec: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,00063 \text{ g}^2 + 0,0000000015 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,0000043 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

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

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ comercial@calibratec.com.pe

🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-030-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 7

- Expediente:** 0644
- Solicitante:** LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.
- Dirección:** CAL LA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
- Equipo:** HORNO DE SECADO
Marca: PERUTEST
Modelo: PT-H225
N° de serie: 0120
Procedencia: NO INDICA
Identificación: NO INDICA
Ubicación: LABORATORIO

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

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

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

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 300 °C	-50 °C a 300 °C
Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	DIGITAL

- Fecha de calibración** 2024-05-18

Fecha de Emisión

2024-05-24



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 24/05/2024 17:50:20-0500



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-030-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 7

6. Método de calibración

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

7. Lugar de calibración

Laboratorio de LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. ubicado en Cal. La Fe Nro. 0167 Upis Señor de los Milagros Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,2 °C	22,8 °C
Humedad relativa	70,5 %	70,5 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
MSG	Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH12) con incertidumbre en el orden de 0,11 °C a 0,14 °C	LTT24-0182

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La tensión eléctrica del equipo es 222 VAC
- La carga para la medición fue de 90 % y consistió de 5 bolos con muestra

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-030-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 7

11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio 22,5 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 3 horas
El controlador se seteó en 110 °C

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

Tiempo min	Term. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T _{max} - T _{min} °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,0	105,8	110,8	109,4	109,2	107,5	112,0	112,0	110,0	108,4	112,1	109,7	6,4
02	110,0	106,4	111,2	109,9	109,9	108,1	112,5	112,8	110,9	108,9	112,4	110,3	6,5
04	110,0	106,7	111,2	109,8	109,7	108,0	112,6	112,8	110,8	108,9	112,3	110,3	6,2
06	110,0	106,5	111,0	109,7	109,5	107,7	112,3	112,3	110,4	108,7	112,0	110,0	5,8
08	110,0	106,8	111,4	110,1	109,8	108,2	112,7	113,2	111,0	108,9	112,2	110,4	6,5
10	110,0	106,8	111,8	110,5	110,2	108,5	113,0	113,3	111,4	109,4	112,8	110,8	6,6
12	110,0	106,7	111,5	109,8	109,7	108,1	112,6	112,6	110,6	109,2	112,1	110,3	5,9
14	110,0	106,9	111,3	109,8	109,8	108,3	112,5	112,8	110,7	109,1	112,0	110,3	6,0
16	110,0	107,1	111,7	110,3	110,3	108,6	113,2	113,4	111,3	109,5	112,5	110,8	6,4
18	110,0	106,9	111,5	110,1	110,1	108,4	112,8	112,7	110,8	109,2	112,4	110,5	5,9
20	110,0	106,9	111,2	109,6	109,6	108,2	112,5	112,4	110,5	108,9	111,7	110,1	5,6
22	110,0	107,3	111,7	110,2	110,3	108,5	112,9	113,3	111,2	109,3	112,2	110,7	6,1
24	110,0	107,5	111,7	110,2	110,2	108,5	113,1	113,2	111,3	109,5	112,3	110,8	5,7
26	110,0	107,3	111,5	110,2	110,0	108,4	112,9	112,8	111,0	109,3	112,1	110,6	5,6
28	110,0	107,2	111,5	110,1	110,0	108,7	112,7	112,7	110,8	109,1	112,0	110,5	5,6
30	110,0	107,3	111,6	110,2	110,0	108,6	112,9	113,1	111,0	109,2	112,0	110,6	5,9
32	110,0	107,3	111,9	110,3	110,3	108,7	113,2	113,4	111,4	109,5	112,5	110,8	6,2
34	110,0	107,4	111,8	110,6	110,5	109,0	113,0	112,9	111,1	109,5	112,4	110,8	5,5
36	110,0	107,2	111,7	110,2	110,2	108,6	113,0	112,9	110,9	109,4	112,1	110,6	5,8
38	110,0	107,5	111,9	110,4	110,3	108,8	113,3	113,3	111,5	109,6	112,2	110,9	5,8
40	110,0	107,6	112,0	110,6	110,4	108,9	113,2	113,3	111,5	109,7	112,5	111,0	5,7
42	110,0	107,5	111,7	110,3	110,2	108,8	113,1	112,8	111,2	109,4	112,2	110,7	5,5
44	110,0	107,3	111,5	110,0	109,9	108,5	112,6	112,7	110,7	109,1	111,6	110,4	5,4
46	110,0	107,8	111,8	110,7	110,6	109,1	113,1	113,5	111,5	109,4	112,2	111,0	5,7
48	110,0	107,5	112,0	110,5	110,5	108,9	113,3	113,3	111,5	109,7	112,1	110,9	5,8
50	110,0	107,4	111,7	110,2	110,3	108,5	113,0	112,8	110,9	109,5	112,1	110,7	5,5
52	110,0	107,4	111,7	110,4	110,3	108,7	112,9	112,9	111,0	109,3	111,8	110,6	5,6
54	110,0	107,6	111,8	110,3	110,3	108,9	113,1	113,3	111,2	109,5	111,9	110,8	5,7
56	110,0	107,6	111,8	110,4	110,4	108,8	113,2	113,1	111,2	109,5	111,9	110,8	5,5
58	110,0	107,6	111,8	110,4	110,3	108,8	113,2	113,2	111,1	109,4	111,8	110,8	5,6
60	110,0	107,5	111,9	110,5	110,5	108,9	113,4	113,4	111,3	109,6	112,0	110,9	5,9
T. PROM		107,2	111,6	110,2	110,1	108,5	112,9	113,0	111,0	109,3	112,2	110,6	
Temp. máxima		107,8	112,0	110,7	110,6	109,1	113,4	113,5	111,5	109,7	112,8		
Temp. mínima		105,8	110,8	109,4	109,2	107,5	112,0	112,0	110,0	108,4	111,6		
DTT		2,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,4	1,6	1,5	1,3	1,2		

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-030-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 7

PARÁMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperatura medida	113,5	0,3
Mínima Temperatura medida	105,8	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2,1	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	5,8	0,4
Estabilidad medida	1,05	0,05
Uniformidad medida	6,6	0,4

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

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

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

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

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

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

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

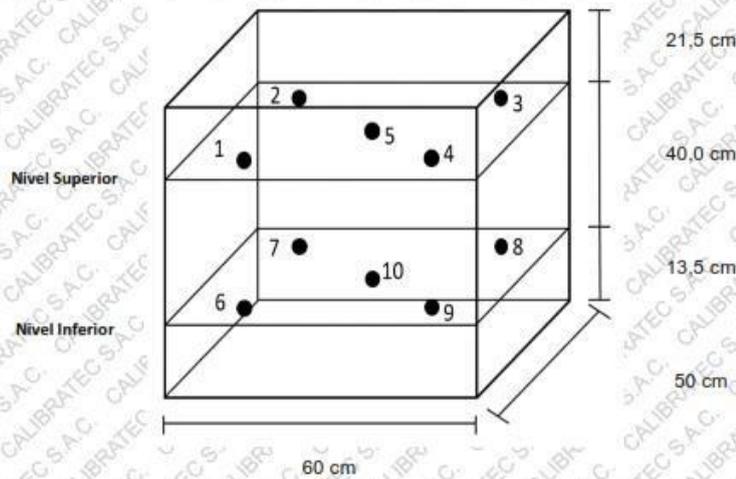
Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo CUMPLE con los límites especificados de temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-030-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 7

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1,5 cm por encima de la carga más alta

Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior

Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 12 cm de las paredes laterales y a 12 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-030-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 6 de 7

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C



Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-030-2024

Página 7 de 7

FOTOGRAFIA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-090-2024

Página 1 de 4

- Expediente** 0644
- Solicitante** LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L
- Dirección** CAL LA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
- Instrumento calibrado** MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA MULTIUSOS)
Marca FORNEY
Modelo LA-3626-220
N° de serie 2491
Identificación NO INDICA
Procedencia U.S.A.
Intervalo de indicación 0 kgf a 5000 kgf
Resolución 0,1 kgf
Clase de exactitud NO INDICA
Modo de fuerza Compresión
Indicador Digital

Marca	HIWEIGH	Serie	NO INDICA
Modelo	315	Resolución	0,1 kgf

Transductor de Presión

Marca	ZEMIC	Serie	M2D023720
Modelo	H3-C3-5.ot-6B-C		
- Fecha de calibración** 2024-05-18

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

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

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

Fecha de Emisión

2024-05-24



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817545 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 24/05/2024 17:50:15-0500



Jefe de Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-090-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

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

7. Lugar de calibración

Laboratorio de LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. ubicado en Cal. La Fe Nro. 0167 Upis Señor de los Milagros Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	21,3 °C	21,6 °C
Humedad relativa	66 %	71 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 10 t con una incertidumbre de 44 kg	INF-LE N° 070-24 A

10. Observaciones

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-090-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón					Promedio	Error de medición
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios		
		Ascenso	Ascenso	Ascenso	Descenso	Ascenso		
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	
10	500,00	497,71	497,21	498,21	--	--	497,71	2,29
20	1000,00	997,29	997,29	998,30	--	--	997,63	2,37
30	1500,00	1504,91	1499,89	1500,90	--	--	1501,90	-1,90
40	2000,00	2003,51	2002,51	2005,52	--	--	2003,85	-3,85
50	2500,00	2505,64	2504,13	2508,15	--	--	2505,97	-5,97
60	3000,00	3008,78	3006,77	3011,29	--	--	3008,95	-8,95
70	3500,00	3511,93	3509,93	3514,44	--	--	3512,10	-12,10
80	4000,00	4015,10	4012,59	4017,61	--	--	4015,10	-15,10
90	4500,00	4518,28	4515,27	4520,28	--	--	4517,94	-17,94
100	5000,00	5021,97	5019,96	5024,48	--	--	5022,14	-22,14

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q	b	v	a	%	
%	kgf	%	%	%	%	%	
10	500	0,46	0,20	--	0,02	--	1,18
20	1000	0,24	0,10	--	0,01	--	0,83
30	1500	-0,13	0,33	--	0,01	--	0,78
40	2000	-0,19	0,15	--	0,01	--	0,72
50	2500	-0,24	0,16	--	0,00	--	0,71
60	3000	-0,30	0,15	--	0,00	--	0,70
70	3500	-0,34	0,13	--	0,00	--	0,69
80	4000	-0,38	0,12	--	0,00	--	0,69
90	4500	-0,40	0,11	--	0,00	--	0,69
100	5000	-0,44	0,09	--	0,00	--	0,69

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

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

*Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza*

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-090-2024

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

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

FIN DEL DOCUMENTO