



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Mejoramiento de las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica
incorporando grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa,
2023

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

AUTORES:

Arenas Castro, Rolando Junior (orcid.org/0000-0002-5498-4995)
Quispe Nuñez, Yeliza (orcid.org/0000-0003-1984-1523)

ASESOR:

Mg. Barrantes Mann, Luis Alfonso Juan (orcid.org/0000-0002-2026-0411)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Innovación tecnológica y desarrollo sostenible

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedicamos plenamente esta investigación a nuestros padres y hermanos, por el apoyo incondicional, la confianza, el cariño y por creer en nosotros, ellos nunca dudaron de nuestro principal propósito, el de ser profesionales; gracias por los consejos que nos motivaron a ganar ante cualquier situación, sin ustedes no lo habríamos logrado.

Agradecimiento

En primer lugar, el agradecimiento es para Dios, quién fue el pilar principal en el desarrollo de nuestra investigación, dotándonos de conocimiento y sabiduría para prosperar como ingenieros civiles.

En segundo lugar, a nuestras madres por la vida y todos los esfuerzos que han realizado para que nosotros podamos salir adelante. Al mismo tiempo, a nuestro docente el Ing. Barrantes Mann, Luis Alfonso Juan quien fue el encargado de llevar el proceso de integración profesional, por su disponibilidad en todo momento y facilitándonos los recursos para potenciar este proyecto.

Finalmente, a la ingeniería civil por ser una ciencia capaz de estudiar el diseño y construcción de obras de infraestructura, teniendo en cuenta la conservación del medio ambiente. A este campo, le agradecemos las competencias y fortalezas que permiten el desarrollo de nuevas tecnologías.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación	15
3.2. Variables y Operacionalización	15
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	17
3.5. Procedimientos	20
3.6. Método de análisis de datos.....	26
3.7. Aspectos éticos	26
IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN.....	50
VI. CONCLUSIONES	54
VII. RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS	64

Índice de tablas

Tabla 1.	Muestra para la realización de los ensayos	18
Tabla 2.	Normativa de los ensayos.....	20
Tabla 3.	Análisis granulométrico del agregado grueso (grava triturada).....	29
Tabla 4.	Análisis granulométrico del agregado fino (arena triturada).....	30
Tabla 5.	Resultados de gradación de combinación de agregados	31
Tabla 6.	Diseño MAC mediante el método de Illinois.....	32
Tabla 7.	Resumen de porcentaje del diseño MAC.....	33
Tabla 8.	Parámetros de diseño del ensayo Marshall modificado.....	33
Tabla 9.	Resumen del ensayo Marshall del diseño MAC.....	34
Tabla 10.	Resultados de ensayo RICE del diseño MAC.....	35
Tabla 11.	Resumen de ensayo Marshall para el diseño MAC con 5.5% de C.A.	36
Tabla 12.	Resultados de diseño MAC con incorporación de 0.02% de grafeno ..	37
Tabla 13.	Resultados de diseño MAC con incorporación de 0.05% de grafeno ..	37
Tabla 14.	Resultados de diseño MAC con incorporación de 0.1% de grafeno	38
Tabla 15.	Resumen de resultados del ensayo de estabilidad.....	39
Tabla 16.	Resumen de resultados del ensayo de Flujo	39
Tabla 17.	Resumen de resultados del ensayo de Estabilidad/Flujo.....	40
Tabla 18.	Resumen de resultados del ensayo de porcentaje de vacíos.....	41
Tabla 19.	Resumen de resultados del ensayo RICE	42
Tabla 20.	Resumen de resultados de la discusión 1.....	51
Tabla 21.	Resumen de resultados de la discusión 2.....	52
Tabla 22.	Resumen de resultados de la discusión 3.....	53

Índice de gráficos

Figura 1. Estructura física – química del asfalto	9
Figura 2. Diagrama de las características del asfalto.....	10
Figura 3. Terminaciones del grafeno.....	12
Figura 4. Composición del grafeno	12
Figura 5. Propiedades del grafeno	13
Figura 6. Utilización del grafeno en la preparación de asfalto.....	14
Figura 7. Agregados y Cemento asfáltico PEN 60/70.	21
Figura 8. Análisis granulométrico de los agregados.....	22
Figura 9. Secuencia de fabricación de briquetas de asfalto.	23
Figura 10. Toma del peso de las muestras para el ensayo de densidad	24
Figura 11. Procedimiento de utilización de la prensa Marshall.	25
Figura 12. Procedimiento de realización del ensayo de estabilidad y flujo.	25
Figura 13. Mapa político del Perú y departamental de Lima.	27
Figura 14. Mapa del C. P. Santa María de Huachipa y sus áreas circundantes. ..	27
Figura 15. Curva Granulométrica del agregado grueso	29
Figura 16. Curva Granulométrica del agregado fino	30
Figura 17. Curva granulométrica del ensayo de gradación de MAC	32
Figura 18. Gravedad específica teórica máxima	35
Figura 19. Resultados del ensayo de estabilidad de las muestras con incorporación de grafeno.....	39
Figura 20. Resultados del ensayo de flujo de las muestras con incorporación de grafeno	40
Figura 21. Resultados del ensayo de estabilidad/flujo de las muestras con incorporación de grafeno.....	41
Figura 22. Resultados del ensayo de porcentaje de vacíos de las muestras con incorporación de grafeno.....	42
Figura 23. Resultados del ensayo RICE de las muestras con incorporación de grafeno	43
Figura 24. Prueba de normalidad hipótesis específica 1	44
Figura 25. Prueba T de student 0.02% grafeno (Hipótesis 1)	44
Figura 26. Prueba T de student 0.05% grafeno (Hipótesis 1)	45

Figura 27. Prueba T de student 0.1% grafeno (Hipótesis 1)	45
Figura 28. Prueba de normalidad hipótesis específica 2	46
Figura 29. Prueba T de student 0.02% grafeno (Hipótesis 2)	46
Figura 30. Prueba de Mann-Whitney 0.05% grafeno	47
Figura 31. Prueba de Mann-Whitney 0.1% grafeno	47
Figura 32. Prueba de normalidad hipótesis específica 3	48
Figura 33. Prueba T de student 0.02% grafeno	48
Figura 34. Prueba T de student 0.05% grafeno	49
Figura 35. Prueba T de student 0.1% grafeno	49

Resumen

La investigación se realizó con el objetivo de determinar la optimización de las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica incorporando grafeno, para lo cual se utilizaron porcentajes de 0.02%, 0.05% y 0.1%. Se diseñaron las mezclas, considerando las propiedades del grafeno y también, las normas establecidas en por el Perú.

La presente tesis fue de tipo aplicada con el nivel descriptivo y diseño experimental. Se tomó como base de estudio a las vías de circunvalación ubicadas en Huachipa, donde se acogió como muestra significativa a la Av. Huachipa, para lo cual se estudiaron 45 briquetas asfálticas, estos incluyen el patrón y las dosificaciones de grafeno. Se utilizaron técnicas de recolección de datos por medio de fichas y documentos técnicos, además se emplearon esquemas de filtración de información para determinar la confiabilidad de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio. Para la medición de las variables se emplearon escalas de razón e intervalo.

Los resultados mostraron que la mezcla asfáltica con un 0.1% de grafeno presenta una mayor resistencia de estabilidad y flujo, alcanzando un valor de 3937 kg/cm. También se observó que esta mezcla tuvo una buena respuesta en cuanto al porcentaje de vacíos, logrando un 4%. Por otra parte, en cuanto al peso específico máximo RICE, se pudo constatar que la muestra con 0.05%, es el resultado más cercano a la mezcla convencional, por lo que se considera óptimo. En conclusión, la adición del 0.1% de grafeno en las mezclas asfálticas resulta altamente beneficioso, ya que mejora las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica.

Palabras clave: Grafeno, Briquetas, Marshall

Abstract

The investigation was carried out with the objective of determining the optimization of the mechanical properties of the asphalt layer incorporating graphene, for which percentages of 0.02%, 0.05% and 0.1% were used. The mixtures were designed, considering the properties of graphene and also the standards established in Peru. This thesis was applied type with the descriptive level and experimental design. The bypass roads located in Huachipa were taken as the basis of study, where Av. Huachipa was hosted as a significant sample, for which 45 asphalt briquettes were studied, these include the pattern and graphene dosages. Data collection techniques were used through sheets and technical documents, in addition, information filtering schemes were used to determine the reliability of the results obtained in the laboratory tests. Ratio and interval scales were used to measure the variables.

The results showed that the asphalt mix with 0.1% graphene presents a higher stability and flow resistance, reaching a value of 3937 kg/cm. It was also observed that this mixture had a good response in terms of the percentage of voids, achieving 4%. On the other hand, regarding the maximum RICE specific weight, it was possible to verify that the sample with 0.05% is the closest result to the conventional mixture, which is why it is considered optimal. In conclusion, the addition of 0.1% graphene in asphalt mixes is highly beneficial, since it improves the mechanical properties of the asphalt layer.

Keywords: Graphene, Briquettes, Marshall

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la ingeniería civil es una de las ramas que busca el desarrollo de nuevas propuestas de innovación y tecnología para la construcción de carreteras, edificios, viviendas, puentes, túneles, entre otros. Siendo así, que la implementación de técnicas de construcción sostenible, tales como la utilización de materiales reciclados y la optimización del consumo de energía en las obras, puede ayudar a reducir el impacto ambiental de la construcción y promover un desarrollo más sostenible. Con lo mencionado anteriormente, nace el desarrollo de una propuesta de mejoramiento para vías de circunvalación con la utilización del grafeno como agregado para la construcción.

A nivel internacional, el reporte del World Economic Forum de Klaus Schwab (2019), menciona que la inversión en infraestructura es uno de los principales pilares que generan desarrollo económico en el mundo. Sin embargo, el Perú ocupa el puesto 88 en ingresos económicos en infraestructura y el puesto 97 en el sector transporte, lo que indica un déficit considerable en conectividad y calidad de vías asfaltadas en el país (p. 60). Por otro lado, en América Latina, Nicodemos, et. al (2019), señalan que Brasil ocupa un territorio amplio y el 80% de transporte de materiales se realiza por el medio terrestre, pero la falta de buen diseño de vías, el uso de materiales de dudosa calidad, el proceso constructivo con mano de obra no calificada y la utilización de maquinarias obsoletas hacen que estos circuitos viales sean una tortura al momento de trasladarse (p. 12). Por ello, se plantea el uso de materiales novedosos como el grafeno para mejorar las propiedades mecánicas del pavimento y optimizar la durabilidad de la capa superficial de rodadura.

A nivel nacional, debido al crecimiento poblacional que existe en el Perú, la demanda de infraestructura vial cada vez es mayor, siendo de suma importancia, ya que permite el canje de bienes y servicios, favoreciendo al desarrollo social, económico y cultural. Sin embargo, según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC (2020), señala que el Perú cuenta con una red vial de 168,878.00 km entre nacional, departamentales y vecinales, el cual solo el 54.69% se encuentra pavimentada. Este resultado se debe principalmente a la poca gestión de proyectos viales y a la presencia de diseños deficientes y falta de control de

calidad de los materiales. Esto perjudica a los sectores del comercio y turismo, además de generar accidentes de tránsito con miles de muertos cada año (p. 12).

En la localidad de Huachipa, las vías de circunvalación se ven muy deterioradas, específicamente la carpeta asfáltica. Al respecto, Pérez (2021) argumenta que “el desperfecto que presentan las carreteras es uno de los principales causantes del malestar de los conductores que a diario tienen que enfrentarse a huecos y baches, lo cual genera daños importantes en sus unidades” (p. 29). Seguidamente, Márquez (2020) señala que en una de las principales vías del Centro Poblado de Santa María de Huachipa (Tramo: Av. Los Tucanes – Av. Los Cisnes), ha registrado un aumento en el flujo diario de tráfico en los últimos cinco años. Este incremento se debe al transporte de camiones de carga de materiales, buses interprovinciales, automóviles, entre otros. Como resultado, la congestión vehicular es un problema significativo, y la carpeta de rodadura se ha deteriorado, evidenciando deformaciones, grietas y desintegración de los agregados (p. 10).

El presente proyecto de investigación tiene como problema general: ¿De qué manera la incorporación de grafeno mejora las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023? Por consiguiente, para abordar esta problemática se plantean los siguientes problemas específicos: en primer lugar, ¿Cómo influye la incorporación de grafeno en la resistencia de estabilidad/flujo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023?; en segundo lugar, ¿De qué manera repercute la incorporación de grafeno en el porcentaje de vacíos de la mezcla de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023? y en tercer lugar, ¿cómo influye la incorporación de grafeno en el peso máximo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023? Para el estudio de los problemas específicos presentados, se utilizará una metodología que contempla la evaluación experimental de las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica con y sin la incorporación de grafeno, lo que permitirá analizar el impacto que tiene este material en las propiedades mencionadas anteriormente.

La justificación teórica de este estudio se basa en la necesidad de explorar nuevas soluciones para mejorar las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica. Siendo que el grafeno es un material que ha demostrado tener características superiores frente a otros materiales existentes en el mundo actual. Por lo tanto, en esta investigación se busca comprobar teóricamente que la incorporación de grafeno en el asfalto pueda ser una alternativa viable y efectiva para mejorar su resistencia, su durabilidad y su capacidad de carga.

Seguidamente, la justificación práctica se sustenta en la necesidad de aplicar soluciones eficientes y sostenibles para el mantenimiento y construcción de carreteras. Es así, que este estudio pretende promover el uso del grafeno en la carpeta asfáltica para mejorar las propiedades mecánicas de las vías de circunvalación en Huachipa; además, para reducir los costos de mantenimiento y reparación de las mismas. Por lo tanto, se busca ofrecer una solución práctica y aplicable en nuestra sociedad, es por eso que los ensayos correspondientes serán ejecutados en laboratorios acreditados por INACAL (Instituto Nacional de Calidad del Perú).

La justificación social radica en la importancia que tiene el mantenimiento y la mejora de las vías de circulación en una ciudad, lo cual impacta directamente en la calidad de vida y el desarrollo económico de la sociedad. Además, reside en la existencia de carencias dispuestas por factores climatológicos y por el déficit de materiales para la preparación de mezclas asfálticas. Por tanto, el uso del grafeno en la carpeta asfáltica puede representar una solución innovadora y eficiente para mejorar el rendimiento de sus propiedades físicas y mecánicas.

Por otro lado, la justificación metodológica se basa en la necesidad de realizar una investigación científica que sea rigurosa y objetiva, y que permita comprobar las hipótesis planteadas y obtener resultados confiables. Para ello, el enfoque que se planea en el desarrollo de esta investigación, será de manera experimental y que así, se pueda involucrar la preparación de muestras de asfalto con incorporación de diferentes porcentajes de grafeno, para luego evaluar sus propiedades mecánicas, tales como: su estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos y peso máximo. La información será medida mediante programas estadísticos que ayudarán a determinar la viabilidad del proyecto.

El objetivo general de este estudio es determinar la optimización de las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica incorporando grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023. Para alcanzar este objetivo, se establecen tres objetivos específicos: primero, evaluar la resistencia de estabilidad / flujo de la carpeta asfáltica con la incorporación de grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023; segundo, diagnosticar el porcentaje de vacíos de la mezcla de la carpeta asfáltica con la incorporación de grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023; y tercero, analizar el peso máximo de la carpeta asfáltica con la incorporación de grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023. A través de los objetivos específicos propuestos, se busca obtener información detallada sobre el comportamiento de la carpeta asfáltica con adición de grafeno, lo que permitirá determinar si es posible optimizar sus propiedades mecánicas para mejorar las vías de circunvalación de Huachipa.

Por último, en esta investigación se plantea como hipótesis general que la incorporación de grafeno mejora considerablemente las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023. Para comprobar esta hipótesis, se han establecido tres hipótesis específicas: en primer lugar, que la incorporación de grafeno mejora la capacidad de resistencia de estabilidad/flujo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023; en segundo lugar, que la incorporación de grafeno disminuye el porcentaje de vacíos de la mezcla de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023; y, en tercer lugar, que la incorporación de grafeno mejora sustancialmente el peso máximo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023. Se espera que los resultados que se obtengan en el desarrollo de la investigación, puedan confirmar la hipótesis general y las hipótesis específicas planteadas.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes nacionales de investigación, Choque (2021), cuyo objetivo fue optimizar las propiedades mecánicas del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando grafeno. Siendo un estudio de tipo aplicado y diseño experimental donde se realizaron 120 muestras, de las cuales 90 fueron probetas cilíndricas y 30 prismáticas, utilizando dosificaciones de 0.1%, 0.2%, 0.3% y 0.4% de grafeno. Las técnicas e instrumentos incluyeron revisiones de datos, revistas, resúmenes estadísticos, observación directa y fichas técnicas. El resultado principal de este estudio fue el diseño de mezcla con una edad de rotura de 28 días utilizando un contenido de grafeno de 0.4%. En conclusión, se encontró que el concreto con una resistencia objetivo de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y una adición de grafeno del 0.4% logró la mayor resistencia a compresión, resistencia a flexión y resistencia a tracción diametral.

Casayco y Morales (2019), cuyo objetivo fue analizar la incorporación del óxido de grafeno para incrementar la resistencia a compresión del concreto $F'c=175\text{kg/cm}^2$ en edades 7 y 28 días, Lima, 2019. Fue un estudio de tipo aplicado y diseño experimental; obtuvieron que, mediante el análisis de 42 probetas entre cilíndricas y prismáticas de concreto adicionadas en proporciones de 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09% y 0.1% de grafeno. Las técnicas empleadas en este estudio fue el análisis de documentos, observación directa y ensayos; mientras los instrumentos empleados fueron las fichas de recolección de datos, balanza electrónica y prensa hidráulica. Mediante el método ACI y de acuerdo a la norma ASTM C39 se realizaron los ensayos en edades de 7 y 28 días; obteniendo como resultados en resistencia a compresión, los siguientes valores de 156.2 kg/cm^2 , 158.2 kg/cm^2 , 160.6 kg/cm^2 y 161 kg/cm^2 respectivamente, logrando superar el 80% como valor mínimo de la resistencia requerida en el estudio de rotura a los 7 días. En conclusión, la incorporación de grafeno al 0.05% tiene un mínimo de 81.6% y para la adición de grafeno de 0.10% tiene un máximo de 92%, concluyendo así que, a más cantidad de agregado de óxido de grafeno en el diseño de mezcla, este logrará mayor resistencia a compresión.

Seguidamente para los antecedentes internacionales, Botto y Santacruz (2020), analizaron el comportamiento de un concreto hidráulico modificado para pavimentos rígidos mediante la incorporación de nano-carbono en diferentes porcentajes. Se evaluaron propiedades como la resistencia bajo cargas monotónicas y dinámicas, el módulo de fractura, la fatiga, la trabajabilidad y el contenido de aire. El diseño de las mezclas incluyó agua, cemento, agregados y superplastificantes, con adiciones de 0%, 0.05%, 0.10% y 0.15% en base al peso del cemento. Los resultados que obtuvieron, mostraron que la adición del 0.10% fue la más óptima, mejorando la resistencia e impermeabilidad del concreto. En resumen, mediante su estudio lograron determinar que la incorporación de nano-carbono en el concreto, mejora significativamente el rendimiento de los pavimentos rígidos.

Maestre (2020), realizó un estudio con el objetivo de evaluar la viabilidad económica y ambiental de utilizar grafeno para el mantenimiento de las pistas de los aeropuertos en Colombia. Durante el desarrollo de su investigación, a través de una exhaustiva búsqueda y comparación de resultados de reparación de pistas en aeropuertos de Nieva y Florencia, llegó a la conclusión de que la incorporación de grafeno es una destacada opción para la construcción de pistas altamente resistentes y duraderas. Además, encontró que esta práctica tiene un impacto positivo en el medio ambiente y en el desarrollo socioeconómico de la población.

Como artículos científicos internacionales, Loría (2021), con el objetivo de informar sobre los aportes del grafeno en la industria de la construcción, menciona que este material es extremadamente delgado, con longitudes de onda entre 100 nm y 2500 nm, y con espesor de entre 2500 nm y 10000 nm. En relación al asfalto, menciona que aún queda mucho camino por investigar y que aún no se pueden dar resultados precisos, pero existen algunos estudios que indican que el grafeno mejora la viscosidad del asfalto, haciéndolo más cohesivo y flexible. Llegó a la conclusión de que el grafeno muestra un gran potencial en diversas aplicaciones, como fortalecer el cemento, mejorar las mezclas de concreto, diseño de asfaltos, impresiones 3D, el aumento de la conductividad eléctrica y térmica, así como la creación de pinturas más resistentes y baterías más duraderas. En general, el grafeno mejora la resistencia de diferentes materiales y al mismo tiempo, los hace más ligeros.

Vásquez, Vásquez y Muñoz (2021), con el objetivo: determinar las propiedades de diferentes ligantes utilizados en mezclas asfálticas, porcentajes óptimos, y diferentes métodos utilizados para evaluar la resistencia al daño por humedad. En sus resultados, se logró apreciar al grafeno como una de las bases de estudio de su investigación. Sus hallazgos revelaron mejoras excepcionales en la resistencia del pavimento mediante el uso de materiales químicos y naturales. Mediante la prueba Lottman modificado (AASHTO T-283), logró determinar que la incorporación de grafeno en un 0.05% mejora considerablemente la carpeta de rodadura, en cuanto a su resistencia a la humedad.

Álvarez, Ballester, Marzá y Quintana (2020), tuvieron como objetivo el aprovechar los efectos sinérgicos conocidos de la adición de grafeno en matrices complejas mediante la síntesis de un aditivo comercial para mezclas bituminosas. Durante las etapas de desarrollo e implementación industrial, se logró la creación de un nuevo aditivo que incorpora grafeno en mezclas asfálticas mediante la adición por vía húmeda. El estudio fue enfocado para mezclas en caliente y mezclas semicalientes. Llegaron a la conclusión de que la integración del grafeno en concentraciones que varían entre el 0.05% y el 0.2% en relación al contenido del betún, tiene mejoras significativas en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, especialmente en su resistencia al agua, tenacidad y ductilidad. Estas mejoras encontradas, tienen un impacto directo en la durabilidad del pavimento, lo que hace que la incorporación del grafeno, resulte viable dentro de una perspectiva industrial y competitiva desde el punto de vista económico. Al mismo tiempo, destacan que la aplicación del grafeno como aditivo en la industria de las mezclas asfálticas, para nuevas oportunidades a mejorar la calidad y la vida útil de las carreteras.

Como artículos científicos en otros idiomas, Herrera, Gameleira y Ueda (2022), se enfocaron en la mejora de la resistencia a compresión y tracción del hormigón, y para ello exploraron la incorporación de nanotecnologías. Utilizaron tres probetas de ensayo, una sirviendo de control, mientras que las otras dos, fueron muestras con incorporación de 0.01% y 0.03% de óxido de grafeno. Sus resultados mostraron que la adición del 0.01% tiene el mayor incremento de resistencia, con mejoras de 42.4% en la resistencia a la compresión y del 69.7%, en resistencia a tracción por compresión diametral. En resumen, este estudio de acuerdo a sus hallazgos,

demuestra que la incorporación de óxido de grafeno puede considerarse una opción viable para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón.

Carneiro, De Paula, Ludvig y Nicodemos (2020), con el objetivo de analizar el impacto del óxido de grafeno en la mejora de las propiedades de los recubrimientos y micro recubrimientos asfálticos. Revisaron un total de 412 artículos, de los cuales seleccionaron 42 siguiendo un criterio específico. En sus resultados, indican que la adición de óxido de grafeno al 3% mejora la viscosidad, la temperatura de trabajo y la resistencia a los ciclos de fatiga en la carpeta asfáltica. En consecuencia, lograron determinar que es viable la utilización del grafeno como aditivo para mezclas asfálticas, con niveles de adición que están en el rango desde 0.05% hasta el 3%. Por otro lado, encontraron que las adiciones por debajo del 0.05% no mostraron eficacia en todas las propiedades evaluadas, mientras que el porcentaje óptimo identificado, fue el de 2% de incorporación de grafeno, obteniendo mejoras en las propiedades mencionadas.

Baliyar, Mohanty, Sekhar y Kumar (2019), con el objetivo realizar una comparación de matrices asfálticas con caucho triturado y grafeno frente a las propiedades de una briqueta sin incorporación; este trabajo de investigación es de tipo aplica. Para la obtención de sus resultados, realizó 4 matrices para asfalto en caliente preparadas con betún virgen, asfalto caliente con caucho triturado con incorporaciones de 5%, 8%, 10%, 12% y 15%; asfalto caliente con grafeno con incorporaciones de 0.1%, 0.2% y 0.3% y asfalto caliente con caucho – grafeno en incorporaciones de 0.1%, 0.2%, 0.3% y 0.5%. Realizaron pruebas de relación de resistencia a la tracción para comprobar la resistencia y susceptibilidad a la humedad. En conclusión, los resultados muestran que el caucho y grafeno son compatibles con el asfalto, mostrando rendimientos superiores; asimismo indica que los resultados de la modificación combinada de grafeno más caucho reciclado en el asfalto son aptos para la construcción de carreteras.

Teorías

La presente investigación se enmarca en los siguientes enfoques conceptuales:

Concreto asfáltico

Es un componente procedente del fraccionamiento del petróleo crudo caracterizado por ser una sustancia negra, pegajosa, con comportamiento elástico y plástico.

Para definir al concreto asfáltico, Rondón, Reyes y Urazán (2013), sostienen que:

Es un material de construcción empleado en pavimentos flexibles. La mezcla bituminosa se compone de áridos recubiertos de una película de material bituminoso, utilizados principalmente como abrasivos de rodadura, en tal sentido, la mezcla asfáltica debe contener ciertas especificaciones mecánicas y funcionales que aporten en el desempeño estructural del pavimento (p. 140).

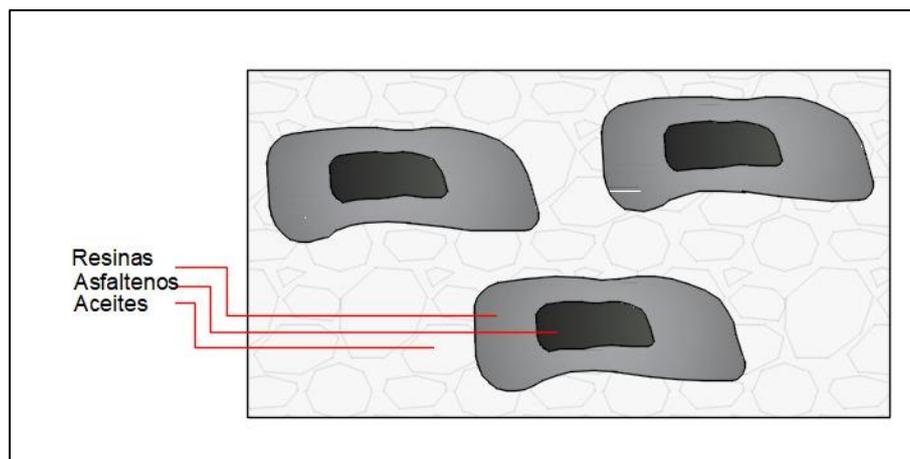


Figura 1. Estructura física – química del asfalto

Características del asfalto

El asfalto es aquel material bituminoso utilizado en la construcción de carreteras y calles. Su uso moderno se desarrolló a finales del siglo pasado, y desde entonces se han visto grandes avances en las técnicas y procedimientos de construcción de pavimentos asfálticos.

Por ello, Rondón, Reyes y Urazán (2013), señalan que “las características del asfalto son aquellas, tales como: la consistencia, la durabilidad, la viscosidad, la elasticidad, la susceptibilidad térmica, la pureza y la seguridad en su manejo a altas temperaturas” (p. 13).

En resumen, el asfalto es un material versátil que integra propiedades viscoelásticas, buena adherencia, resistencia a la fatiga, impermeabilidad y seguridad en su manipulación. Estas características hacen de esta mezcla, un material confiable y duradero para la construcción de carreteras.

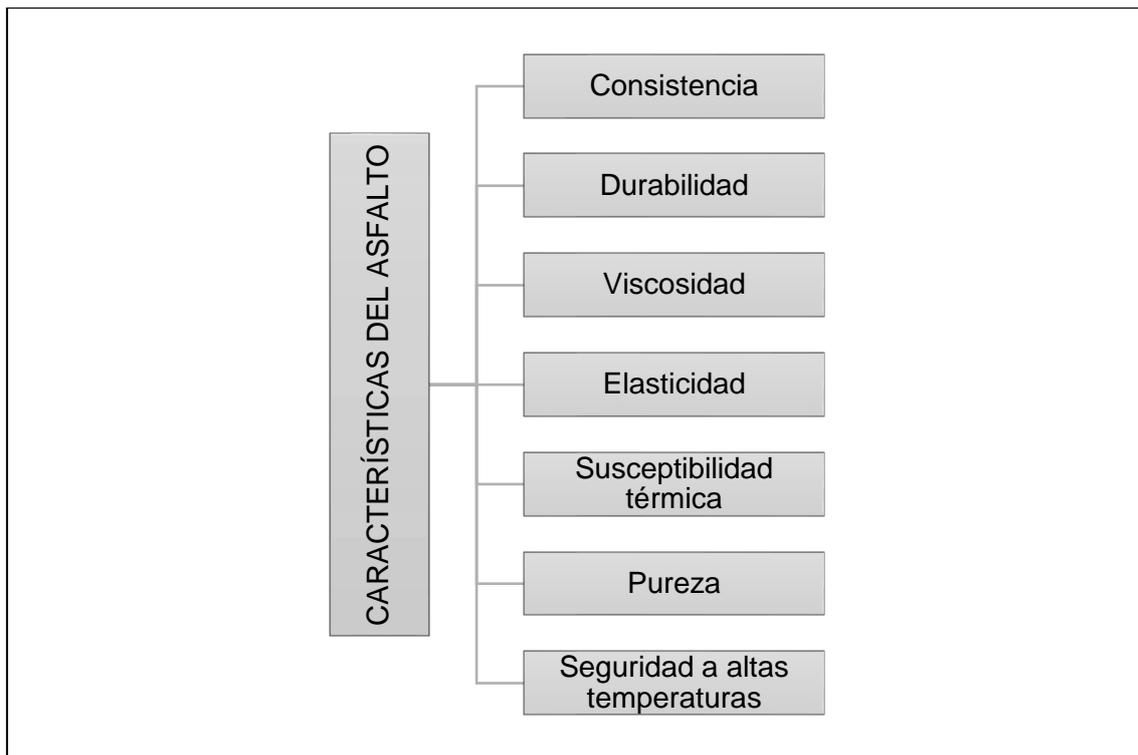


Figura 2. Diagrama de las características del asfalto.

Propiedades mecánicas del asfalto

Al respecto, Farfán y Romero (2019) señalan que las propiedades mecánicas más importantes del asfalto son: la deformación, la resistencia a la fatiga, la rigidez, la cohesión, la adhesividad y la capacidad de recuperación elástica. Estos aspectos son determinantes para definir la capacidad de soporte de cargas del asfalto, así mismo el mantener su forma, el adherirse a los agregados y su recuperación frente a las deformaciones (p. 6).

En síntesis, las propiedades mecánicas del asfalto son esenciales para asegurar la construcción de carreteras que sean más duraderas y que tenga mayor seguridad, que sea capaz de soportar cargas de tránsito, resistir deformaciones y mantener su integridad estructural.

Resistencia de mezcla (Marshall)

El método de Marshall consiste en diseñar mezclas asfálticas mediante el análisis de su estabilidad, fluidez, densidad y vacíos. Este fue formulado por el Ingeniero Bruce Marshall con el objetivo de diseñar y controlar rápidamente mezclas en el

campo. Al mismo tiempo, el presente ensayo se realiza mediante una prensa donde es sometido a una velocidad de deformación de 50 mm/min, teniendo en cuenta a la norma AASHTO T245. Por otra parte, para las probetas, estas son sumergidas en agua a 60°C por 50 minutos.

Para conocer la finalidad del ensayo de estabilidad de Marshall, el Manual de Ensayos de Materiales MEM (2016), sostiene que:

Es el estudio de muestras compuestas con bituminosa compactada, se moldea mediante diversas pruebas físicas, como la estabilidad, el flujo y la resistencia a la tracción indirecta. Asimismo, para el análisis de densidad y porosidad de la mezcla, así mismo para la evaluación de la compactación en el campo (p. 583).

Ensayo de peso específico (RICE)

El ensayo permite identificar la densidad de la mezcla, a través de la evaluación de la rigidez. Su importancia radica en la necesidad de establecer un resultado óptimo y que no sea excesivo, lo que puede llevar a problemas de fisuración y fallas en la resistencia.

“Este ensayo sirve para determinar la densidad máxima teórica de la mezcla asfáltica, nos permite calcular el contenido de vacíos, el grado de compactación de la mezcla, la absorción y la relación que tiene la masa con los agregados” (Morocho, 2014, p. 34).

En resumen, el ensayo de peso específico máximo es una herramienta esencial para el monitoreo de calidad de las mezclas asfálticas en caliente. Este método permite evaluar la densidad de la mezcla, asegurando que cumpla con los estándares de compactación establecidos por las normas del ASTM y MTC, y que se garantice el índice de resistencia para su aplicación en pavimentos.

Grafeno

El grafeno es un material compuesto de carbono y este se encuentra en grandes cantidades de la naturaleza. Sirve para mejorar y reforzar la tecnología de materiales, ya que cuenta con una estructura delgada y flexible parecida al cabello, presenta altos índices de resistencia y actualmente, es uno de los mejores conductores térmicos.

En relación a la estructura del grafeno, los autores Urcuyo, Gonzales y Cordero (2020), sostienen que:

[...] Es una lámina plana de carbono de un átomo, con un espesor habilitada en una red con la estructura de un panal. Los átomos de carbonos tienen la configuración de una red híbrida sp^2 con otros 3 en una distancia de 1.42 Å, dejando así un orbital que está en la dirección al plano de grafeno. Su forma en “zigzag” le permiten ser más denso con el comportamiento de un metal; por otro lado, la forma del borde “armchair” le permite tener un comportamiento semiconductor (p. 54).

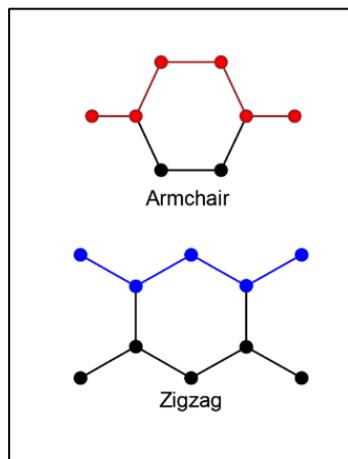


Figura 3. Terminaciones del grafeno

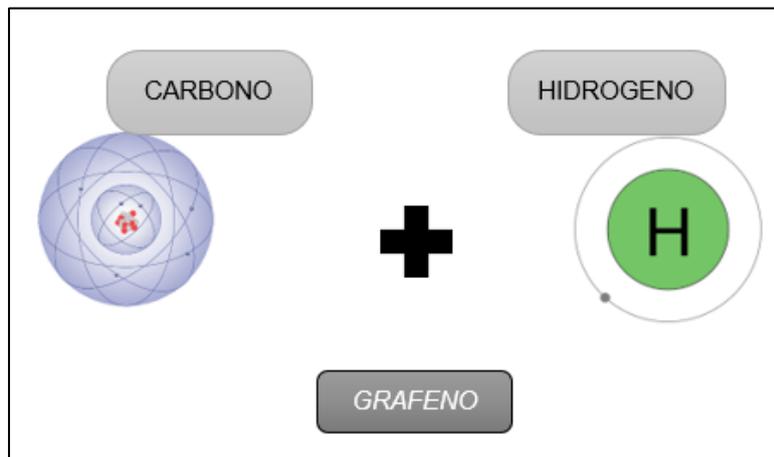


Figura 4. Composición del grafeno

Propiedades del grafeno

El grafeno presenta una serie de propiedades sobresalientes, entre las cuales se encuentran su alta conductividad térmica y eléctrica, su elasticidad, dureza, ligereza

y resistencia. Estas características son muy valiosas y tienen el potencial de impulsar la innovación en diferentes campos, lo que puede ser una verdadera revolución en el campo de la ciencia y la tecnología.

Para explicar las propiedades del grafeno, Repsol (2023) nos indica lo siguiente:

En cuanto a su alta conductividad, esta propiedad permite extender significativamente la vida útil de las baterías, así como acortar el tiempo de carga, lo que se resulta en la mejora de la autonomía de los dispositivos. Seguidamente, la característica de ser un material transparente y flexible, hace que este se convierta en un candidato ideal para la fabricación de pantallas en diversos artefactos. Además, su resistencia también es destacable, puesto que es un material de alta durabilidad, lo que abre puertas en el sector de la iluminación, con lámparas de grafeno con un mayor nivel de eficiencia frente a las luces LED convencionales. Por último, su ligereza es determinante para la reducción de peso en la creación de diferentes herramientas, superando una de las limitaciones actuales de la tecnología (p. 1).

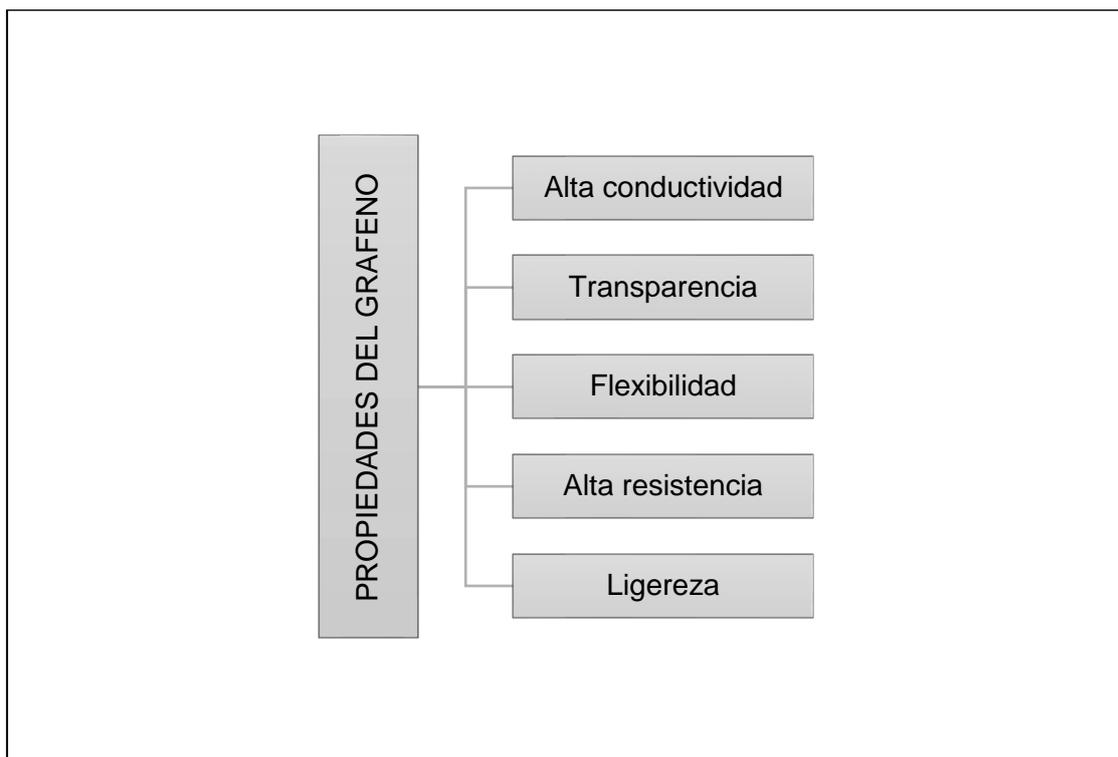


Figura 5. Propiedades del grafeno

El grafeno en la industria de la construcción

Durante los últimos años, se han realizado investigaciones que han dado lugar al surgimiento de materiales nuevos e innovadores con características inteligentes y sostenibles. Entre estos materiales destaca el grafeno, reconocido por poseer un potencial significativo y ofrecer grandes ventajas en la construcción.

De tal forma, los autores Gutiérrez, Morales, Chávez y Luna (2022) señalan que la incorporación del grafeno en el sector de la construcción ofrece múltiples beneficios. Además de mejorar el aislamiento de los edificios, este material promete aumentar la resistencia ante la corrosión, la humedad y el fuego, lo que resulta en construcciones más duraderas y sostenibles (p. 17).



Figura 6. Utilización del grafeno en la preparación de asfalto.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Según, Lozada (2014), la investigación aplicada “tiene como objetivo adquirir conocimientos que sean directamente aplicables a los problemas de la sociedad o del sector industrial. Se basa principalmente en los resultados tecnológicos de la investigación básica sobre el proceso de comunicación entre teoría y producto” (p. 34).

Por lo tanto, la investigación será de tipo aplicada puesto que tiene como objetivo resolver un problema o enfoque particular, a través de conocimientos aplicables en los aspectos cultural y científico. Además, la investigación presentada tiene un enfoque cuantitativo, porque se recolectarán cantidades numéricas de los ensayos de laboratorio.

3.1.2 Diseño de investigación

Al respecto, Hernández, Fernández y Baptista (2014) mencionan que el diseño experimental “[...] se utiliza para establecer una relación de causa – efecto entre elementos por medio del análisis de datos. Al mismo tiempo, se trata del estudio de la influencia de la variable independiente sobre la variable dependiente” (p. 129).

La investigación tiene un diseño experimental con el cual se propone manipular la variable independiente al aplicar tres dosificaciones diferentes de grafeno en la mezcla. Esto se realizará con el objetivo de evaluar el efecto de estas dosificaciones en la variable dependiente.

3.2. Variables y Operacionalización

Variable independiente: Grafeno

Definición conceptual:

"Actualmente, el grafeno es uno de los materiales más resistentes. Está compuesto por carbono puro y sus átomos están organizados en forma de hexágonos regulares" (González y Cordero, 2020, p. 53).

Definición operacional:

Se utilizará el grafeno en forma de polvo, añadiendo porcentajes de 0.02%, 0.05% y 0.1% a la carpeta asfáltica para luego determinar sus propiedades mecánicas.

Dimensiones:

- Porcentaje de grafeno
- Ensayos granulométricos de los agregados

Indicadores:

- Porcentaje de grafeno de 0.02%, 0.05% y 0.1%
- Módulo de finura
- Durabilidad
- Adherencia

Escala de medición:

La escala aplicada en el proyecto de investigación es de la razón.

Variable dependiente: Las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica

Definición conceptual:

“Las propiedades mecánicas son aquellas características inherentes que permiten diferenciar a un material de otro. En cuanto a la carpeta asfáltica se refiere a la resistencia, deformación y capacidad de soportar cargas” (Catalán, et al., 2019, p. 2).

Definición operacional:

Se estudiarán las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica con incorporación de grafeno, a través de ensayos de ingeniería e instrumentos

de evaluación con los cuales obtendremos informes del método MARSHALL y del ensayo de peso específico (RICE).

Dimensiones:

- Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato MARSHALL
- RICE

Indicadores:

- Estabilidad
- Flujo
- Porcentaje de vacíos
- Gravedad específica teórica máxima (RICE)

Escala de medición:

La escala aplicada en el proyecto de investigación es de la razón.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1 Población

Según Carrasco (2017) afirma que la población “es el conjunto de elementos que dan espacio al desarrollo de una investigación. Estos pueden ser objetos, datos, animales, entre otros” (p. 236).

La población de este estudio está compuesta por las vías de circunvalación de Huachipa.

3.3.2 Muestra:

Según Argibay (2009) manifiesta que la muestra “es el subconjunto de la población de estudio. Se utiliza para determinar resultados y conclusiones. Además, es un método de investigación muy utilizado en las ciencias sociales como una forma de recopilar información sin medir a toda la población” (p. 13).

La Av. Huachipa ha sido seleccionada como muestra para esta investigación, para lo cual se realizarán estudios a través de ensayos y pruebas de ingeniería con el fin de obtener información relevante.

3.3.3 Muestreo:

Para definir el muestro, los autores Otzen y Manterola (2017) señalan que:

Las muestras pueden ser de 2 maneras; probabilístico, esta permite comprender la probabilidad de investigar pocos criterios y elegir al azar. En cambio, el no probabilístico, desarrollará muestras en base a ciertos criterios empleando el juicio; este tipo de muestra es confiable y veraz. (p. 228)

A raíz de ello, el presente proyecto de investigación está empleando el muestreo no probabilístico para el desarrollo del estudio de las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica con adición de grafeno. A continuación, se presenta la siguiente tabla que hace referencia al estudio de la muestra para los diferentes ensayos.

Tabla 1. *Muestra para la realización de los ensayos*

Ensayo	Tipo	Cantidad de briquetas
	Muestra patrón	30
	Mezcla asfáltica en caliente con 0.02% de grafeno	5
MARSHALL y RICE	Mezcla asfáltica en caliente con 0.05% de grafeno	5
	Mezcla asfáltica en caliente con 0.1% de grafeno	5
	Total	45

Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Hernández, Fernández y Baptista (2017) argumentan que “[...] una de las técnicas de análisis en las investigaciones se basa en el tipo de acontecimiento al que nos incorporamos con fin de evaluar y que da resultado por su forma de recolectar datos en las investigaciones científicas” (p. 198). El actual estudio considera la observación de los ensayos realizados, que serán analizadas de acuerdo a las Especificación técnica MTC EG – 2013 sección (423); en el laboratorio JC GEOTECNIA. Se realizarán ensayos de los materiales a emplear, tal como los agregados y el grafeno.

Instrumentos de recolección de datos

Bedoya (2017) nos manifiesta que “[...] es un instrumento de medición de variables que utiliza el sentido de la prospección en cualquier investigación cuantitativa. Además, permite analizar datos observables que representan la veracidad de las variables de estudio” (p. 30).

El estudio se realizará con los resultados del laboratorio dentro de formatos establecidos en las Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423); asimismo, se procesará los datos obtenidos en un Excel con gráficos, tablas estadísticas, diagramas, tabla de resumen, entre otros.

Validez

Alarcón, Balderrama y Navarro (2017), mencionan que “debe ser correctamente analizada, de tal forma que el asesor de tesis o especialista, entienda el fin de la redacción de las preguntas, el sentido lógico y comprensible de la investigación” (p. 42).

En esta investigación, para medir la validez se tuvo en cuenta a los manuales y normas establecidos por el estado peruano, así mismo, se dio lugar a la utilización de normas internacionales. Por otro lado, todos los ensayos serán medidos y controlados en laboratorios calificados, de tal manera que se asegure la viabilidad de los resultados.

Tabla 2. Normativa de los ensayos

ENSAYOS	NORMATIVA
Granulometría	ASTM C 136
Gradación de mezcla asfáltica en caliente	ASTM D 3515 “D 5”
Diseño MAC	ASTM D 6927
Durabilidad	MTC E 209
Adherencia	MTC E 517
Marshall	MTC E 504
Gravedad específica teórica máxima (RICE)	ASTM D 2041
Inmersión y Compresión	MTC E 518

Fuente: Elaboración propia

Confiabilidad de los instrumentos

Villasís et. al (2018) mencionan que “[...] es un instrumento que permite el análisis de los resultados y asegurar que sean confiables, es decir que el objeto de estudio presente un grado alto de validez y que no tenga errores” (p. 416).

En el presente estudio, la confiabilidad se basa en la certificación de calidad del laboratorio seleccionado para la ejecución de los ensayos, este centro de pruebas cuenta con la acreditación de INACAL. Por lo tanto, se determina que los equipos y el personal están calificados para realizar los ensayos propuestos en esta investigación, asegurando la calidad y versatilidad de los resultados.

3.5. Procedimientos

En esta sección, se van a describir los procedimientos utilizados en esta investigación. Esta información es esencial para comprender el desarrollo del estudio y garantizar la factibilidad de los resultados. Es así, que el procesamiento de información se ha realizado de la siguiente forma:

En primer lugar, nos contactamos con el laboratorio JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC, a través de uno de sus asesores, con quién compartimos nuestra propuesta de investigación para luego establecer una cotización que

se desglosa en la composición de todos los ensayos necesarios para el desarrollo de la tesis. Este laboratorio se encuentra ubicado en el distrito de Carabayllo, en la provincia de Lima, departamento Lima.

Posteriormente, se inició con la búsqueda de la cantera Gloria y Trapiche para la obtención de los agregados, tales como: la grava y la arena triturada; los cuales en seguida fueron entregados al laboratorio para su respectivo análisis granulométrico. Cabe mencionar, que el mismo laboratorio fue quien nos suministró el cemento asfáltico PEN 60/70, la ficha técnica del presente material está en la sección anexos de esta investigación (ver anexo 11).

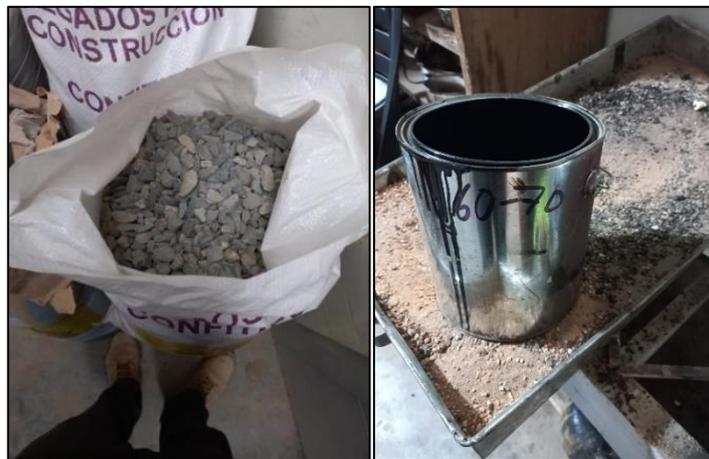


Figura 7. Agregados y Cemento asfáltico PEN 60/70.

Por otro lado, para la obtención del grafeno se recurrió a la importación de la cantidad necesaria desde China a través de la reconocida plataforma de comercio electrónico y negocios en línea ALIBABA, ya en ese medio, se procedió a solicitar la ficha técnica del producto (ver anexo 10). Luego fue dispuesto en el laboratorio, para que se realicen los ensayos correspondientes.

En cuanto a la caracterización de los agregados, se hace referencia al proceso de análisis de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales que serán utilizados en la construcción de proyectos de ingeniería e infraestructura, estos materiales son tales como: la grava, la arena, entre otros. La importancia de este proceso radica en el entendimiento del comportamiento de las mezclas de concreto y asfalto, y que se pueda garantizar el control y funcionamiento acorde a los estándares de calidad y a los rendimientos

requeridos en la construcción. El aporte que brinda la caracterización de los agregados es que nos permite seleccionar y ajustar proporcionalmente las mezclas para obtener las propiedades deseadas en el sector construcción. Todo esto se realiza mediante el estudio y la determinación de su composición, el tamaño, su forma, la textura, la resistencia y la durabilidad de los materiales.

Para analizar la granulometría de los agregados finos y gruesos; en primer lugar, se ha seleccionado una cantidad de muestra de grava y arena triturada, la cual ha pasado por un proceso de lavado y luego pasar a ser secados a una temperatura constante. Seguidamente, esta misma muestra fue sometida a la medición de sus partículas a través del tamizado, utilizando una serie de tamices que tienen diferentes aberturas de malla, los cuales nos indican el porcentaje óptimo del tamaño de los materiales. Logrando así, la medición de proporciones del peso que pasa por cada tamiz y también, la obtención de la composición y la gradación de los agregados (ver figura 9). Es importante mencionar que la ejecución de este ensayo fue desarrollada en respeto a los requerimientos establecidos en las normas del ASTM C136.



Figura 8. Análisis granulométrico de los agregados.

Para el control de calidad de los agregados de forma complementaria se realizaron los siguientes ensayos: en primer lugar, la durabilidad frente al sulfato de sodio y magnesio, el cual nos sirve para evaluar la resistencia a la corrosión de los agregados; en segundo lugar, el ensayo de abrasión los

ángulos para analizar el desgaste del material; en tercer lugar, el ensayo de adherencia de los materiales a la mezcla de asfalto; en cuarto lugar, el ensayo de durabilidad para obtener la capacidad de resistencia a la degradación y desgaste del material bajo condiciones específicas; en quinto lugar, el ensayo de partículas chatas y alargadas; en sexto lugar, el ensayo de caras fracturadas, en séptimo lugar, el análisis de las sales disueltas en los agregados; y por último, el porcentaje de absorción.

Asimismo, se utilizaron 3 distintas proporciones de agregados para el ensayo de gradación de mezclas asfálticas en caliente, respetando lo establecido en la norma ASTM D 3515 "D 5". A continuación, se explica el proceso para la obtención del MAC convencional, el cual representa el patrón de estudio, en concordancia con el método Marshall ASTM D 6927 (ver figura 10). Además, para lograr el porcentaje óptimo del diseño se consideraron los porcentajes de: 4.7%, 5.2%, 5.7% y 6.2% de cemento asfáltico (CA).

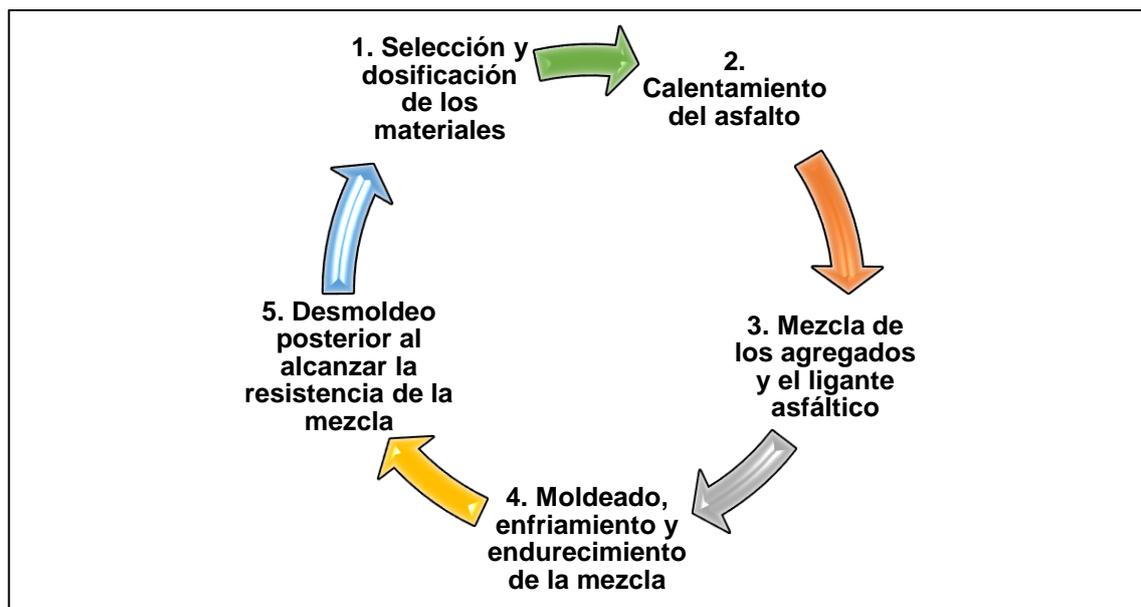


Figura 9. Secuencia de fabricación de briquetas de asfalto.

Luego de realizadas las briquetas, las cuales fueron secadas y desmoldadas, se procedió a realizar el ensayo de densidad, que es parte del método Marshall; por ello, se explica a continuación (ver figura 11), el proceso de obtención de la data.



Figura 10. Toma del peso de las muestras para el ensayo de densidad

Luego de conseguir las briquetas, estas fueron sometidas a los ensayos para identificar sus características mecánicas, se sometieron al estudio de la estabilidad y flujo a través del equipo Marshall (ver figura 12). Además de ello, se realizó el ensayo de gravedad específica teórica máxima (RICE), basándonos en la normativa ASTM D 2041.

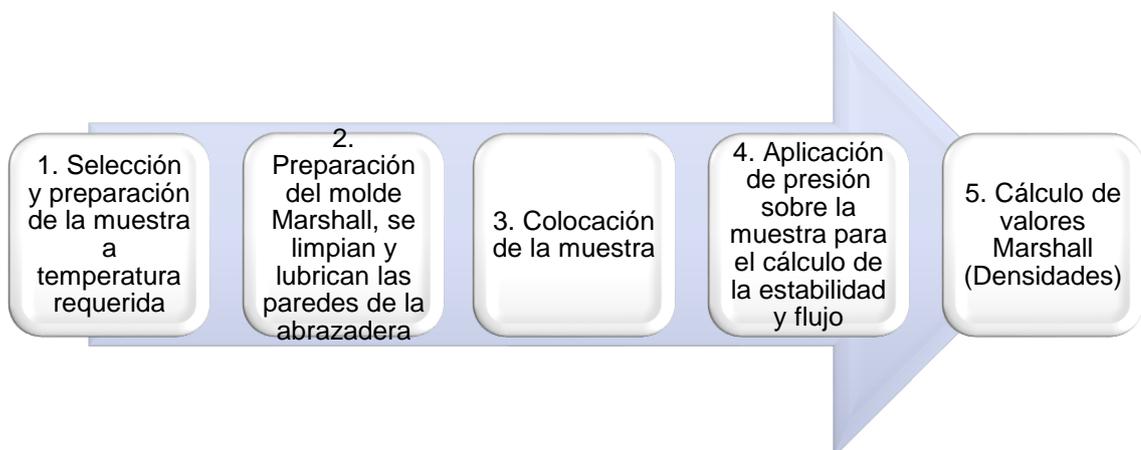


Figura 11. Procedimiento de utilización de la prensa Marshall.



Figura 12. Procedimiento de realización del ensayo de estabilidad y flujo.

Por otra parte, luego de encontrar el porcentaje óptimo de agregado de cemento asfáltico, se procedió a fabricar las briquetas con incorporación de grafeno de 0.02%, 0.05% y 0.1%, en seguimiento del siguiente procedimiento: en primer lugar, se procedió a tomar los pesos de las briquetas. Los pesos a determinar fueron los siguientes: peso al aire seco, peso saturado y peso sumergido. Para la toma de datos de los pesos, realizamos el siguiente procedimiento descrito en la figura 11. Posteriormente, sometimos a las muestras ya previamente secadas al equipo de Baño María a una temperatura $60^{\circ} \pm$ y un tiempo prudente de 30 minutos, para así evaluar su capacidad de resistencia frente a condiciones extremas. Por último, llevamos las muestras en el equipo Prensa Marshall para el cálculo de la estabilidad y flujo. En esta sección, el procedimiento que se empleó fue el de coger las muestras con las manos, para luego colocarlas en la abrazadera, la cual se fija con sus respectivos pernos. Colocamos la muestra en la máquina, reiniciamos el equipo y colocamos el manómetro para la toma de valores del flujo.

3.6. Método de análisis de datos

Para el análisis de datos obtenidos en el laboratorio, se utilizarán herramientas de recolección de información. Además, se va a hacer uso de un cuaderno de campo acompañado por un reporte fotográfico. Seguidamente, los resultados serán registrados en el programa Microsoft Excel en donde se van a ejecutar tablas comparativas e histogramas, los cuales nos ayudarán a determinar las conclusiones de la presente investigación.

Para constatar la hipótesis del presente estudio, se emplearán métodos estadísticos, tales como el T de student, utilizando los resultados obtenidos mediante los ensayos de laboratorio.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación se realizó con honestidad, versatilidad y respeto al margen constructivo de una tesis, puesto que los autores están citados de acuerdo con los estándares de la Internacional Organization for Standardization (ISO 690-2) aplicadas por la casa de estudios, la Universidad César Vallejo para la realización de las citas y referencias de los artículos, tesis y libros colaborativos. Por otro lado, los resultados obtenidos son un conjunto de estudios confiables que han sido registrados en los archivos de las Normas Técnicas establecidas (ver tabla 2). Asimismo, el desarrollo del proyecto fue evaluado por el programa Turnitin donde se muestra la credibilidad de la bibliografía.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

Ubicación política

El presente estudio se realizó en la Av. Huachipa del Centro Poblado de Santa María de Huachipa, distrito de Lurigancho, provincia de Lima y departamento de Lima.



Figura 13. Mapa político del Perú y departamental de Lima.

Ubicación del proyecto

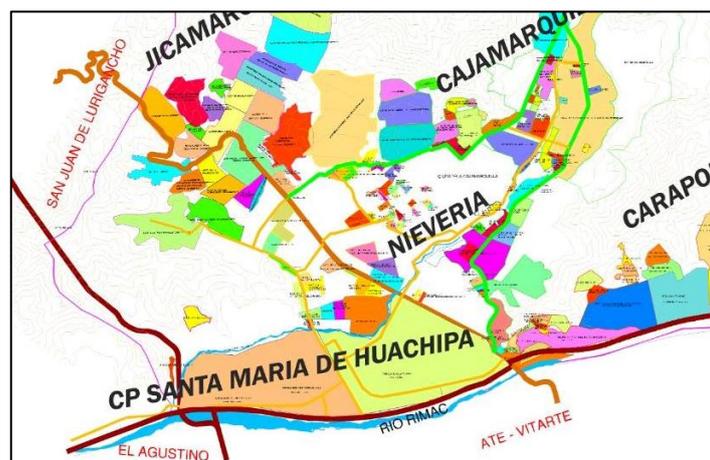


Figura 14. Mapa del C. P. Santa María de Huachipa y sus áreas circundantes.

Límites del distrito de Lurigancho:

Norte : Con el distrito de San Antonio de Chaclla.

Sur : Con los distritos de Chaclacayo, Ate y El Agustino.

Este : Con los distritos de Santa Eulalia y Ricardo Palma.

Oeste : Con el distrito de San Juan de Lurigancho.

Ubicación geográfica

El distrito de Lurigancho-Chosica posee las siguientes coordenadas geográficas: Al Sur $11^{\circ}56'12''S$ y al Oeste $76^{\circ}41'47''O$, cuenta con una superficie total de 236.47 km² y una altitud media de 850 m. s. n. m. Seguidamente, tiene una población aproximada de 303 966 habitantes con una densidad de 1018.37 Hab/km².

Clima

Según, Ángeles (2019), señala que:

Lurigancho – Chosica es uno de los distritos que goza de un clima predominantemente cálido y soleado durante la mayor parte del año, debido que está ubicada muy cerca de la sierra del Perú, la temperatura promedio se mantiene en 22°. Sin embargo, durante los meses de diciembre hasta marzo, se suelen presentar precipitaciones esporádicas que incluyen tormentas con truenos. Es importante tener en cuenta que, a pesar de que lluvias son esporádicas, estas pueden ser intensas y provocar deslizamientos de tierra y huaycos, por lo que se deben de tomar medidas preventivas y así, evitar a daños a la población de este lugar (p. 16).

4.2. Ensayo de agregados

En esta sección, compartiremos los resultados de los ensayos de agregados, los cuales han sido realizados con el objetivo de investigar y analizar las propiedades de estos materiales dentro del sector construcción. Además, los ensayos de agregados nos proporcionan información importante sobre las características de los materiales y que estos cumplan con los estándares de calidad establecidos por los organismos reguladores. Ha sido fundamental ejecutar esta parte del estudio, puesto que así podemos garantizar la factibilidad de los resultados.

Ensayo granulométrico ASTM C 136

Tabla 3. Análisis granulométrico del agregado grueso (grava triturada)

		MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023		
		AGREGADO:	GRAVA	
Malla	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C136			
	g	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
1"	-	-	-	100
3/4"	-	-	-	100
1/2"	955	22.7	22.7	77.3
3/8"	1326	31.6	54.3	45.7
1/4"	-	-	-	-
N° 4	1784	42.5	96.8	3.2
N° 6	-	-	-	-
N° 8	73	1.7	98.5	1.5
N° 10	25	0.6	-	-
N° 16	-	-	-	-
N° 20	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

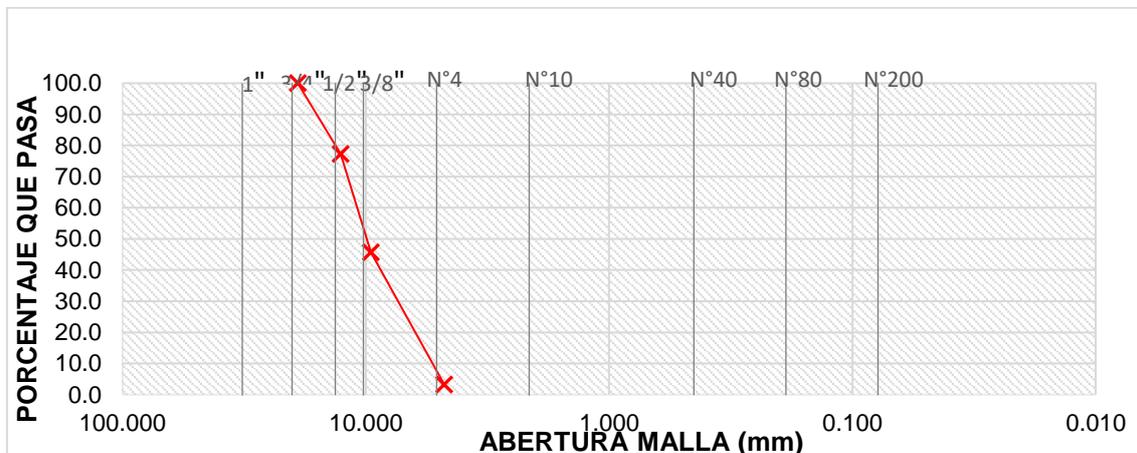


Figura 15. Curva Granulométrica del agregado grueso

Como se observa en la tabla 5 correspondiente al ensayo de granulometría de grava triturada, se determina que el material cumple los requisitos establecidos por la curva granulométrica. Por lo tanto, el agregado es adecuado para la utilización en la preparación de briquetas de asfalto, y cabe destacar que su tamaño máximo nominal fue de 1/2".

Tabla 4. Análisis granulométrico del agregado fino (arena triturada)

		MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023		
		AGREGADO:	ARENA	
Malla	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C136 - NTP 400.012			
	Peso (g)	(%) Retenido	(%) Acumulado	(%) Pasa
1"	-	-	-	100
3/4"	-	-	-	100
1/2"	-	-	-	100
3/8"	-	-	-	100
1/4"	-	-	-	100
N° 4	24	2.4	2.4	97.6
N° 6				
N° 8	180	18	20.4	79.6
N° 10	130.3	13	33.4	66.6
N° 16	116.7	11.7	45.1	54.9
N° 20	95.8	9.6	54.7	45.3
N° 30	83.1	8.3	63	37
N° 40	68.5	6.9	69.8	30.2
N° 50	72.3	7.2	77.1	22.9
N° 80	60.6	6.1	83.1	16.9
N° 100	45	4.5	87.6	12.4
N° 200	64.2	6.4	100	

Fuente: Elaboración propia

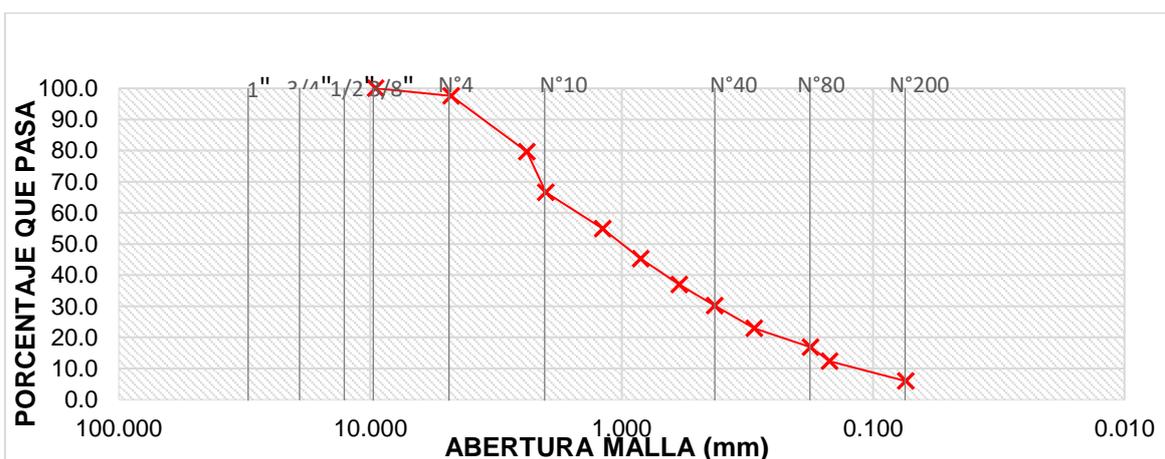


Figura 16. Curva Granulométrica del agregado fino

Seguidamente, la tabla 6 nos revela los resultados del ensayo de granulometría de la arena triturada, evidencian que este material cumple con los estándares establecidos por la curva granulométrica.

Granulometría combinación de agregados ASTM D 3515

Es un aspecto fundamental en el diseño de mezclas de asfalto. Con este proceso, podemos seleccionar y combinar diferentes tamaños de agregados para la obtención de una distribución uniforme de sus partículas.

Tabla 5. Resultados de gradación de combinación de agregados

		MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023			
		AGREGADO:		GRAVA Y ARENA	
Malla	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		MEZCLAS (% pasa)		
	GRAVA	ARENA	1	2	3
1"	-	-			
3/4"	100	100	100	100	100
1/2"	77.3	100	89.8	90.9	92
3/8"	-	-			
1/4"	-	-			
N° 4	3.2	97.6	55.1	59.9	64.6
N° 6					
N° 8		79.6	44.5	48.5	52.4
N° 10					
N° 16					
N° 20					
N° 30					
N° 40					
N° 50		22.9	13.4	14.5	15.6
N° 80					
N° 100					
N° 200		5.9	4.1	4.4	4.6

Mezcla N° 1	45	54.5	0.5
Mezcla N° 2	40	59.5	0.5
Mezcla N° 3	35	64.5	0.5

Fuente: Elaboración propia

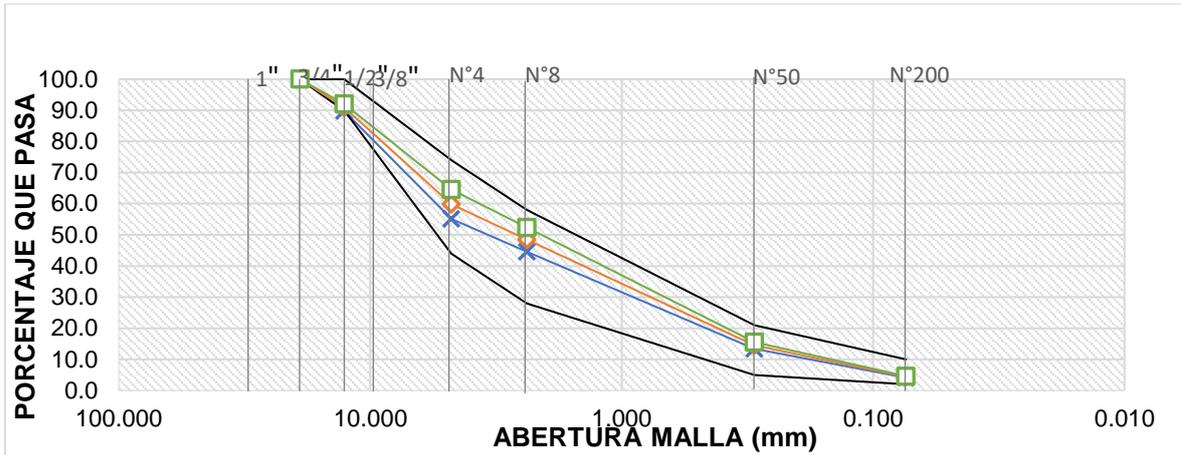


Figura 17. Curva granulométrica del ensayo de gradación de MAC

Para el ensayo de gradación de MAC, se estudiaron 3 muestras con distintas cantidades de agregados como se observa en la tabla 7. Como resultado, se determinó que la dosificaron de mezcla N°. 2 con 40% de grava, 59.5% de arena y 0.05% de filler se encuentra dentro de los rangos mínimos y máximos establecidos por la norma ASTM D 3515.

4.3. Diseño MAC

El diseño de la mezcla asfáltica implica que se realice una combinación de los materiales para asegurar un desempeño duradero de los agregados. Asimismo, para establecer los porcentajes teóricos del cemento asfáltico de diseño, se empleó la fórmula del método Illinois.

Tabla 6. Diseño MAC mediante el método de Illinois

% DE ASFALTO= (0.035*A+0.045*B+0.18*C)		4.7%
	A	A = % retenido en la malla 8
	40.1	
Grava	40.1	B = % que pasa la malla 8 y retiene la malla 200
Arena T	55.5	
Finos	4.4	C = % que pasa la malla 200
	4.4	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. *Resumen de porcentaje del diseño MAC*

DISEÑO DE MEZCLA	MAC 4.7 C.A.		MAC 5.2 C.A.		MAC 5.7 C.A.		MAC 6.2 C.A.	
	% de agregado	Peso unitario (gr)						
Cemento Asfáltico	4.70	57.00	5.20	63.00	5.70	69.10	6.20	75.20
Grava	38.26	469.9	38.05	469.9	37.85	469.9	37.65	469.9
Arena	57.04	689.9	56.27	689.9	55.97	689.9	55.68	689.9
(filler)	0.47	6.10	0.47	6.10	0.47	6.10	0.47	6.10

Fuente: Elaboración propia

Para la dosificación de los agregados se tuvo en cuenta el ensayo granulométrico establecido por la ASTM D 3515 (ver tabla 7). Del mismo modo, para el cálculo del porcentaje óptimo del cemento asfáltico se tuvo en cuenta el método Illinois (ver tabla 8), con el cual se determinó la tendencia que abarca desde el 4.7% al 6.2%.

Ensayo Marshall del diseño MAC

Después de analizar la gradación de la combinación de agregados y determinada la cantidad conveniente de grava, arena y filler, y de poseer los rangos de dosificación del cemento asfáltico para la fabricación del MAC, se procedió a realizar el ensayo Marshall bajo las especificaciones de la EG 2013 (ver tabla 10), para evaluar el comportamiento de cada porcentaje y conocer su comportamiento frente a ello.

Tabla 8. *Parámetros de diseño del ensayo Marshall modificado*

Parámetros de diseño		Especificación EG 2013
COMPACTACIÓN	Nº	75
VACÍOS	%	3 - 5
V.M.A.	%	14
V. LL.C.A.	%	
POLVO / ASFALTO	%	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	8,15
ESTABILIDAD / FLUJO	kg/cm	1700 - 4000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Resumen del ensayo Marshall del diseño MAC

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023				
DISEÑO MAC – MARSHALL				
PARÁMETROS DE DISEÑO	MAC 4.7 C.A.	MAC 5.2 C.A.	MAC 5.7 C.A.	MAC 6.2 C.A.
COMPACTACIÓN (Nº)	75	75	75	75
% C.A.	4.7	5.2	5.7	6.2
P.U. BRIQUETA (Kg/m³)	2.34	2.36	2.37	2.37
VACÍOS (%)	6.4	4.9	3.9	3.4
V.M.A. (%)	16.5	16.2	16.4	16.6
V.LL.C.A. (%)	61.2	69.7	76.1	79.4
POLVO / ASFALTO (%)	0.99	0.89	0.81	0.77
FLUJO (mm)	12.0	13.0	13.7	14.7
ESTABILIDAD (KN)	11.8	12.5	12.1	11.3
ESTABILIDAD/FLUJO (m)	3917.0	3851.0	3541.0	3094.0

Fuente: Elaboración propia

Sometidas las briquetas de la muestra patrón a los ensayos del método Marshall (ver tabla 11), se aprecia que el MAC con 4.7% de cemento asfáltico no cumple con el rango admisible de porcentaje de vacíos especificado en la norma ASTM D 3203 (3% a 5%), ya que presenta el valor de 6.4%. Asimismo, se concluyó que el MAC con 6.2% de C. A. no cumple con el intervalo de flujo requerido por la norma ASTM D 6927 (8/10 in -14/10 in), ya que presenta el valor de 14.7/10 in. Por lo tanto, ambas muestras con porcentajes de C.A. quedan descartados.

Ensayo de gravedad específica teórica máxima (ASTM D2041)

Con este ensayo se determinó los vacíos presentes en la mezcla asfáltica, lo cual nos proporcionó la información sobre la densidad y la calidad de la misma; así mismo, para conocer la relación asfalto-agregados y que se garantice una mezcla adecuada.

Tabla 10. Resultados de ensayo RICE del diseño MAC

	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023			
	TESISTAS:		ARENAS CASTRO, Rolando Junior QUISPE NUÑEZ, Yeliza	
ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA				
MUESTRA	1	2	3	4
CONTENIDO % C.A.	4.70	5.20	5.70	6.20
PESO DEL FRASCO	6047.0	6047.0	6047.0	6047.0
PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	8193.0	8193.0	8193.0	8193.0
DIFERENCIA DEL PESO	7713.0	7713.5	7709.0	7710.0
PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8915.0	8906.5	8905.0	8900.0
PESO NETO DE LA MUESTRA	1202.0	1193.0	1196.0	1190.0
AGUA DESPLAZADA	480.0	479.5	484.0	483.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA	2.504	2.488	2.471	2.464

Fuente: Elaboración propia

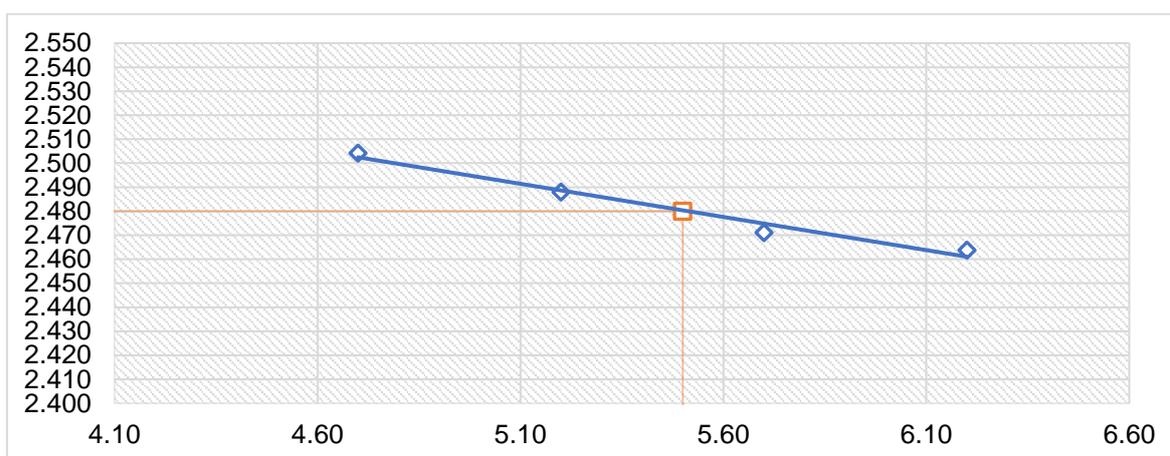


Figura 18. Gravedad específica teórica máxima

De los resultados de la tabla 12, se visualiza que la mezcla con 4.7% C.A. obtuvo un peso específico máximo de la muestra 2.504; en segundo lugar, la muestra con 5.2% de C.A. logró un peso específico máximo de la muestra 2.488; en tercer lugar, la muestra con 5.7% de C.A. logró un peso específico máximo de la muestra 2.471 y la mezcla con 6.2% de C.A. logró un peso específico máximo de la muestra 2.464.

Ensayo Marshall para el diseño MAC con 5.5% de C.A.

Después de someter las variadas dosificaciones de mezclas asfálticas para la obtención del % óptimo del cemento asfáltico residual, mediante la curva del método Illinois y los resultados vistos en la tabla 10 aplicados bajo los ensayos del método Marshall se concluye que el porcentaje de 5.5% de C.A. + 40% de grava triturada + 59.5% de arena triturada y 0.5% de filler, es la graduación óptima para la realización de las briquetas asfálticas.

Tabla 11. Resumen de ensayo Marshall para el diseño MAC con 5.5% de C.A.

MAC ÓPTIMO - MARSHALL	
PARÁMETROS DE DISEÑO	RESULTADOS
COMPACTACIÓN	75.0 N°
% C.A.	5.5 %
P.U. BRIQUETA	2.4 Kg/m ³
VACÍOS	4.2 %
V.M.A.	16.3 %
V.LL.C.A.	72.2 %
POLVO / ASFALTO	0.8 %
FLUJO	13.4 mm
ESTABILIDAD (KN)	12.4 KN
ESTABILIDAD/FLUJO	3690.7 Kg/cm

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 13, la biqueta con dosificación de 5.5% de C.A. + 40% de G.T., + 59.5% de A.T. y 0.5% de filler, efectuó los ensayos que comprende el método Marshall; por ello, se realizó una compactación de 75 golpes por lado, con el cual se obtuvo un peso unitario de 2.4 kg/m³, 4.2% de vacíos, un flujo de 13.4mm, estabilidad de 12.4 KN y 3690.7 kg/cm de estabilidad / flujo.

4.4. Diseño MAC con incorporación de grafeno

Para la fabricación de las muestras de estudio, se utilizó el grafeno como un complemento del filler de la mezcla asfáltica, con el cual se determinó que a mayor incorporación de grafeno se reduce la cantidad de cemento asfáltico. Por otra parte, para el cálculo del peso unitario del grafeno añadido a la mezcla, este fue en base al peso unitario de la probeta asfáltica.

Tabla 12. Resultados de diseño MAC con incorporación de 0.02% de grafeno

	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023			
	INFORME DE ENSAYO MARSHALL			
N° de Briquetas	1	2	3	Promedio
N° DE PROBETAS	01	02	03	04
% de Vacíos (ASTM D 3203)	4.4	4.5	4.3	4.4
V.M.A.	16.1	16.2	16.0	16.1
% Vacíos llenos con C.A.	72.7	72.2	73.1	72.7
Flujo 0,01"(0,25 mm)	13.0	14.0	14.0	13.7
Estabilidad sin corregir (Kg)	1169	1187	1193	
Estabilidad Corregida	1216	1234	1241	1230
Estabilidad / Flujo	3474	3798	3818	3697

Fuente: Elaboración propia

Para las 3 primeras muestras con incorporación de 0.02%, se estableció la siguiente distribución de agregados: 5.5% de C.A., 40% de G.T., 59.5% de A.T. y 0.48% de filler; al mismo tiempo, sabiendo que el peso unitario promedio de las mezclas corresponde a 2.373 kg/m³. Por otra parte, en la tabla 14, se pueden apreciar los resultados para el porcentaje mencionado: en % de vacíos la muestra logró un 4.4%, en flujo el valor fue de 3.425 mm, la estabilidad fue de 12.16 KN y un índice de estabilidad / flujo obtuvo una respuesta de 3697 kg/cm.

Tabla 13. Resultados de diseño MAC con incorporación de 0.05% de grafeno

	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023			
	INFORME DE ENSAYO MARSHALL			
N° de Briquetas	1	2	3	Promedio
N° DE PROBETAS	01	02	03	04
% de Vacíos (ASTM D 3203)	4.1	4.3	4.3	4.2
V.M.A.	16.2	16.3	16.3	16.3
% Vacíos llenos con C.A.	74.7	73.7	73.8	74.1
Flujo 0,01"(0,25 mm)	13.0	14.0	14.0	13.7
Estabilidad sin corregir (Kg)	1233	1254	1269	
Estabilidad Corregida	1283	1304	1320	1302
Estabilidad / Flujo	3946	3726	3771	3814

Fuente: Elaboración propia

Para las 3 siguientes muestras con incorporación de 0.05%, se estableció la siguiente distribución de agregados: 5.5% de C.A., 40% de G.T., 59.5% de A.T. y 0.45% de filler; al mismo tiempo, se logró determinar que el peso unitario promedio de las mezclas correspondiente a 2.378 kg/m³. Por otra parte, en la tabla 15, se pueden apreciar los resultados para el porcentaje mencionado: logrando 4.4% de vacíos, en el ensayo de flujo consiguió un valor de 3.425 mm, la estabilidad fue de 13 KN y un índice de estabilidad / flujo obtuvo una respuesta de 3814 kg/cm.

Tabla 14. Resultados de diseño MAC con incorporación de 0.1% de grafeno

	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023			
	INFORME DE ENSAYO MARSHALL			
N° de Briquetas	1	2	3	Promedio
N° DE PROBETAS	01	02	03	04
% de Vacíos ASTM D 3203)	4.1	4.1	3.8	4.0
V.M.A.	16.4	16.3	16.1	16.3
% Vacíos llenos con C.A.	75.1	75.2	76.3	75.5
Flujo 0,01"(0,25 mm)	14.0	14.0	14.0	14.0
Estabilidad sin corregir (Kg)	1296	1357	1322	
Estabilidad Corregida	1348	1411	1375	1378
Estabilidad / Flujo	3851	4032	3928	3937

Fuente: Elaboración propia

Para las 3 últimas muestras con incorporación de 0.1%, se estableció la siguiente distribución de agregados: 5.5% de C.A., 40% de G.T., 59.5% de A.T. y 0.40% de filler; al mismo tiempo, se logró determinar que el peso unitario promedio de las mezclas correspondiente a 2.372 kg/m³. Por otra parte, en la tabla 16, se pueden apreciar los resultados para el porcentaje mencionado: logrando 4% de vacíos, en el ensayo de flujo consiguió un valor de 3.5 mm, la estabilidad fue de 13.8 KN y un índice de estabilidad/flujo obtuvo una respuesta de 3937.1 kg/cm.

4.5. Objetivo específico 1.

Evaluar la resistencia de estabilidad/flujo de la carpeta asfáltica con la incorporación de grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.

Tabla 15. Resumen de resultados del ensayo de estabilidad

MEZCLA ASFÁLTICA.	Conv. 0.5% C.P.	0.48 C.P. 0.02% Grafeno	0.45 C.P. 0.05% Grafeno	0.40 C.P. 0.10% Grafeno
ESTABILIDAD (KN)	12.4	12.3	13.0	13.8

Fuente: Elaboración propia

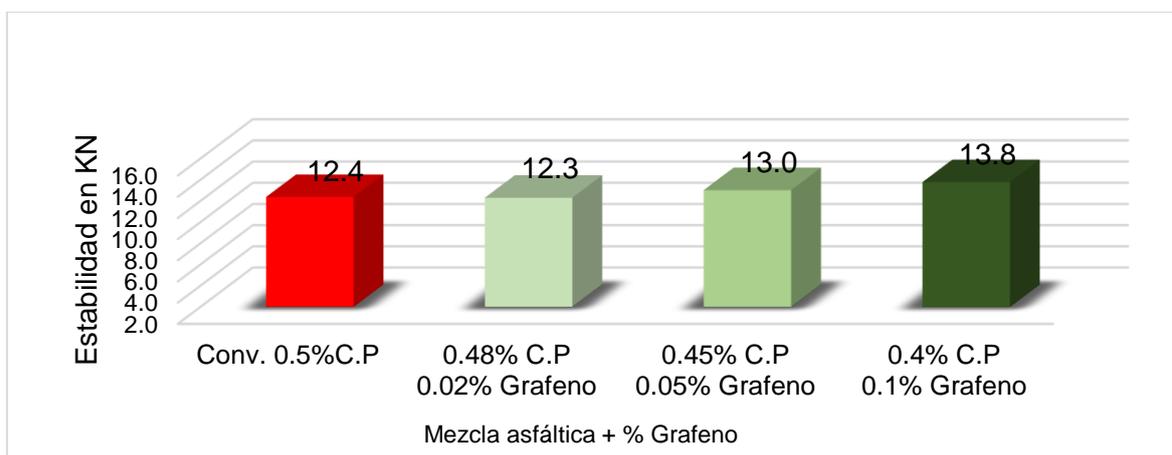


Figura 19. Resultados del ensayo de estabilidad de las muestras con incorporación de grafeno

Como se observa en la tabla 17 y figura 19, se observa que la briqueta con 0% de incorporación de grafeno y 0.5% de C. A., alcanzó en el ensayo de estabilidad un resultado de 12.4 KN. Por otra parte, también se logró determinar que las mezclas incorporadas con 0.02%, 0.05% y 0.1% de grafeno presentan resultados favorables debido a que se encuentran por encima del parámetro mínimo de 8.15 KN establecido por la norma MTC E 504.

Tabla 16. Resumen de resultados del ensayo de Flujo

MEZCLA ASFÁLTICA.	Conv. 0.5% C.P.	0.48 C.P. 0.02% Grafeno	0.45 C.P. 0.05% Grafeno	0.40 C.P. 0.10% Grafeno
FLUJO (10⁻¹ in)	13.4	13.3	13.7	14.0

Fuente: Elaboración propia

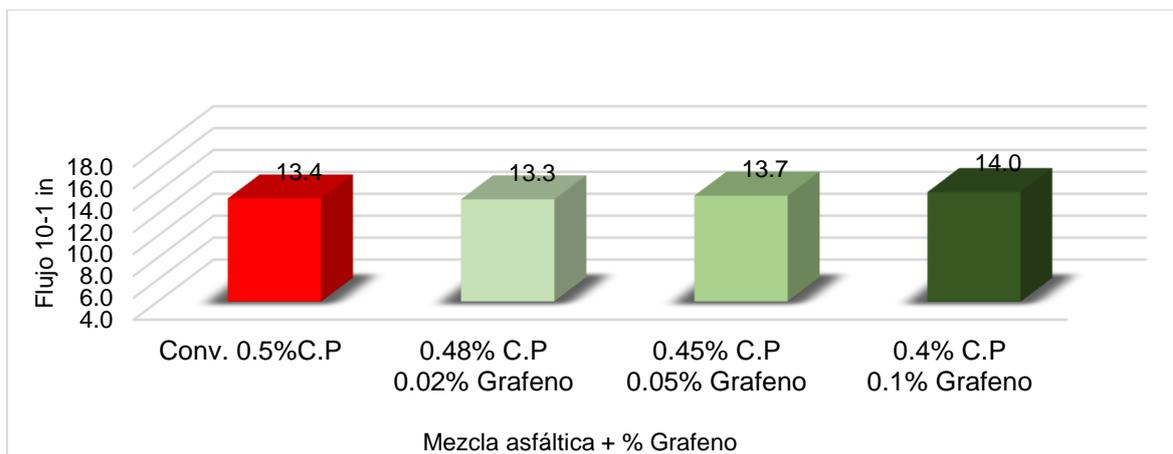


Figura 20. Resultados del ensayo de flujo de las muestras con incorporación de grafeno

Según la tabla 18 y la figura 20, se logra constatar que la mezcla con incorporación de 0% de grafeno y 0.5% de C.P., alcanzó como resultado 3.35 mm en el ensayo de flujo. Por otro lado, para las muestras con incorporación de grafeno, se aprecia que la M. A. con 0.48% C.P. y 0.02% grafeno, alcanzó un flujo de 3.325 mm; de igual forma, la M. A. con 0.45% C. P. y 0.05% de grafeno alcanzó un flujo de 3.425 mm; al mismo tiempo, la M. A. con 0.40% C. P. y 0.10% de grafeno alcanzó un flujo de 3.5 mm. Por lo tanto, se concluye que la muestra con 0.1% de incorporación de grafeno presenta resultados favorables para el flujo de mezclas establecidas y que, además, cumple con los requerimientos establecidos por la norma MTC E 504 ya que establece 8/10 in como mínimo y 14/10 in como máximo.

Tabla 17. Resumen de resultados del ensayo de Estabilidad/Flujo

MEZCLA ASFÁLTICA	Conv. 0.5% C.P.	0.48 C.P. 0.02% Grafeno	0.45 C.P. 0.05% Grafeno	0.40 C.P. 0.10% Grafeno
ESTABILIDAD/ FLUJO (Kg/cm)	3690.7	3696.5	3814.2	3937.1

Fuente: Elaboración propia

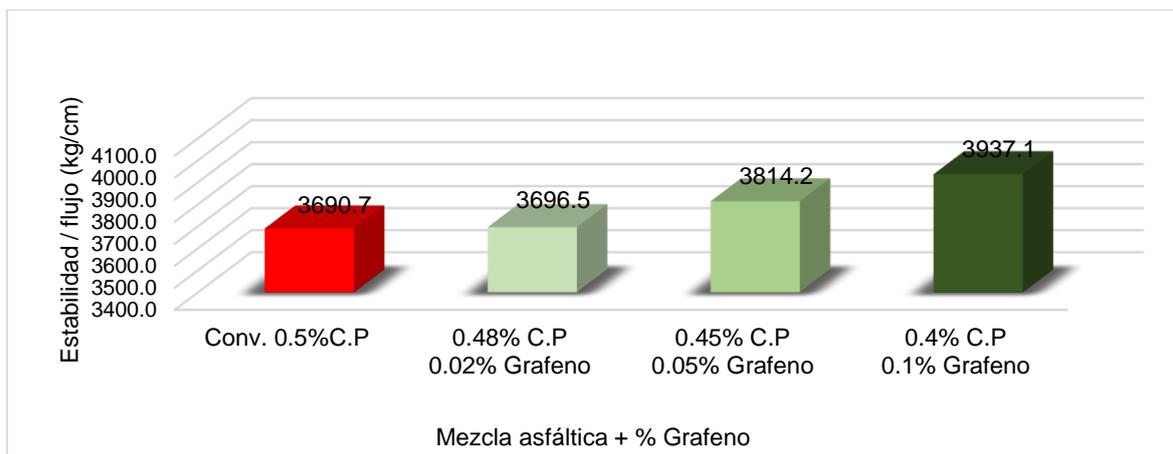


Figura 21. Resultados del ensayo de estabilidad/flujo de las muestras con incorporación de grafeno

En respuesta al objetivo específico 1; la norma para el ensayo Marshall MTC E 504 del Manual de Carreteras establece que la relación estabilidad/flujo debe encontrarse entre los rangos mínimos de 1700 kg/cm y máximo 4000 kg/cm. Entonces, cómo se visualiza en la tabla 19 y figura 21; concluimos que la mezcla asfáltica con incorporación de 0.4% C.P. y 0.1% de grafeno presenta un resultado favorable de 3937.1 kg/cm lo que nos señala un índice mayor de rigidez y resistencia.

4.6. Objetivo específico 2.

Diagnosticar el porcentaje de vacíos de la mezcla de la carpeta asfáltica con la incorporación de grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.

Tabla 18. Resumen de resultados del ensayo de porcentaje de vacíos

MEZCLA ASFÁLTICA	Conv. 0.5% C.P.	0.48 C.P. 0.02% Grafeno	0.45 C.P. 0.05% Grafeno	0.40 C.P. 0.10% Grafeno
% DE VACÍOS	4.2	4.4	4.2	4.0

Fuente: Elaboración propia

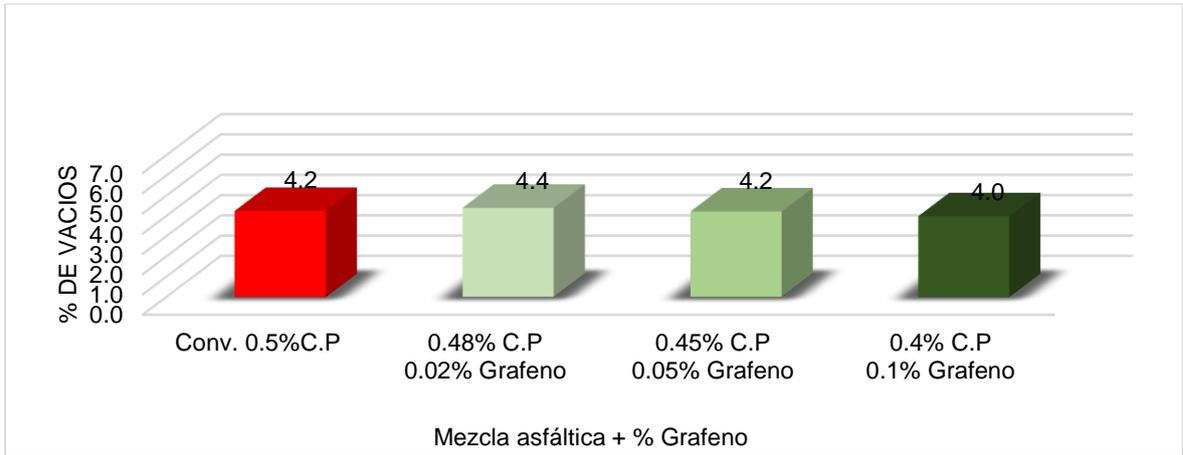


Figura 22. Resultados del ensayo de porcentaje de vacíos de las muestras con incorporación de grafeno

En respuesta al objetivo específico 2; la norma del MTC E 505, establece que el porcentaje de vacíos debe encontrarse entre los rangos mínimos de 3% y 5%. Entonces, cómo se visualiza en la tabla 20 y figura 22; concluimos que la mezcla asfáltica con incorporación de 0.4% C.P. y 0.1% de grafeno presenta un resultado favorable de 4%, lo que nos señala que la muestra se encuentra en un punto medio de equilibrio asegurando su resistencia a la deformación permanente y un menor daño de agrietamiento.

4.7. Objetivo específico 3.

Analizar el peso máximo de la carpeta asfáltica con la incorporación de grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.

Tabla 19. Resumen de resultados del ensayo RICE

MEZCLA ASFÁLTICA	Conv. 0.5% C.P.	0.48 C.P. 0.02% Grafeno	0.45 C.P. 0.05% Grafeno	0.40 C.P. 0.10% Grafeno
Ensayo Rice	2.480	2.488	2.478	2.470

Fuente: Elaboración propia

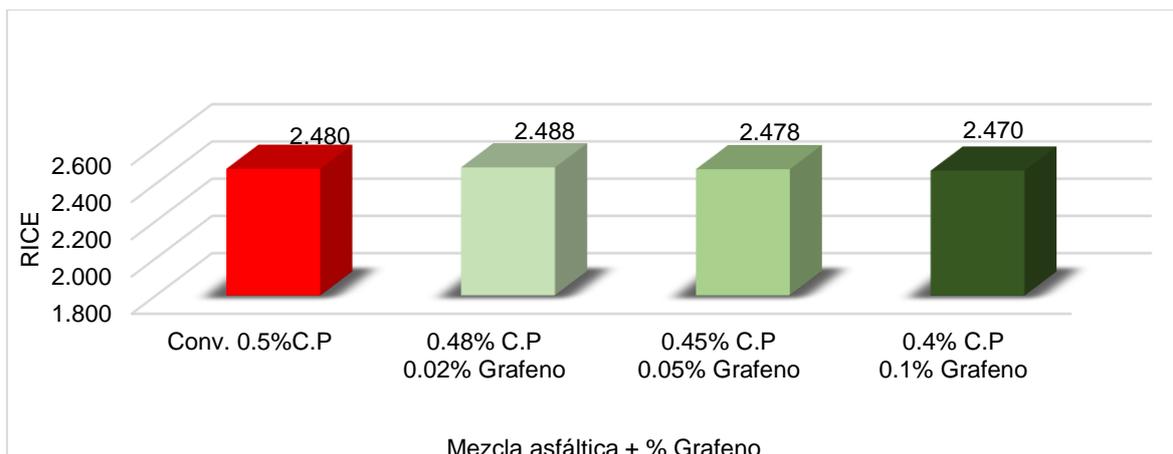


Figura 23. Resultados del ensayo RICE de las muestras con incorporación de grafeno

Como se observa en la tabla 21 y figura 23, se logra constatar que la mezcla con incorporación de 0% de grafeno y 0.5% de C. A., alcanzó un resultado de 2.480 gr/cc de peso específico máximo RICE. Por otro lado, para las muestras con incorporación de grafeno, se aprecia que la M. A. con 0.48 C.P. y 0.02% grafeno, alcanzó un valor de 2.488 gr/cc; de igual forma, la M. A. con 0.45 C. P. y 0.05% de grafeno alcanzó una respuesta de 2.478 gr/cc; y, por último, la M. A. con 0.40 C. P. y 0.10% de grafeno alcanzó un valor de 2.470 gr/cc.

4.8. Contrastación de hipótesis.

Hipótesis específica 1: La incorporación de grafeno mejora la capacidad de resistencia de estabilidad / flujo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.

H_0 = La incorporación de grafeno no mejora la capacidad de resistencia de estabilidad / flujo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.

H_a = La incorporación de grafeno mejora la capacidad de resistencia de estabilidad / flujo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.

Se realizó una prueba de normalidad para saber si los datos son paramétricos o no paramétricos.

Pruebas de normalidad							
GRUPOS		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ESTABILIDA	MAC	0.212	3		0.990	3	0.811
DFLUJO	MAC + 0.02%GRA	0.367	3		0.793	3	0.099
	MAC + 0.05%GRA	0.312	3		0.896	3	0.372
	MAC + 0.1%GRA	0.206	3		0.993	3	0.836

Figura 24. Prueba de normalidad hipótesis específica 1

Se utilizó Shapiro-Wilk para muestras menores a 30, con respecto a la Figura 24, se puede apreciar que su significancia es mayor al 5%, lo cual nos indica que es posible utilizar una prueba paramétrica. Entonces, se procede a realizar la prueba T de student.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
ESTABILIDA	Se asumen varianzas iguales	2.527	0.187	-0.140	4	0.895	-17.66667	126.17636	-367.98841	332.65508
DFLUJO	No se asumen varianzas iguales			-0.140	3.042	0.897	-17.66667	126.17636	-416.12336	380.79002

Figura 25. Prueba T de student 0.02% grafeno (Hipótesis 1)

De acuerdo a la Figura 25, se puede observar que la prueba de Levene es mayor al 5%, lo que nos indica que las varianzas son similares, procedemos a identificar que la significancia para la prueba T es mayor al 5%, por lo tanto, se opta por la hipótesis H₀.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
ESTABILIDA DFLUJO	Se asumen varianzas iguales	0.163	0.707	-1.514	4	0.205	-135.33333	89.41369	-383.58553	112.91887
	No se asumen varianzas iguales			-1.514	3.937	0.206	-135.33333	89.41369	-385.15826	114.49159

Figura 26. Prueba T de student 0.05% grafeno (Hipótesis 1)

De acuerdo a la Figura 26, podemos observar que la prueba de Levene es mayor al 5% lo que nos indica que las varianzas son iguales, procedemos a identificar que la significancia para la prueba T es mayor al 5% por lo tanto se opta por la hipótesis H_0 .

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
ESTABILIDA DFLUJO	Se asumen varianzas iguales	0.043	0.845	-3.265	4	0.031	-258.00000	79.00863	-477.36312	-38.63688
	No se asumen varianzas iguales			-3.265	3.944	0.032	-258.00000	79.00863	-478.58986	-37.41014

Figura 27. Prueba T de student 0.1% grafeno (Hipótesis 1)

De acuerdo a la Figura 27, podemos observar que la prueba de Levene es menor al 5% lo que nos indica que las varianzas no son iguales, procedemos a identificar que la significancia para la prueba T es menor al 5% por lo tanto se opta por la hipótesis H_a .

Hipótesis Específica 02: La incorporación de grafeno disminuye el porcentaje de vacíos de la mezcla de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.

H_0 = La incorporación de grafeno no disminuye el porcentaje de vacíos de la mezcla de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.

H_a = La incorporación de grafeno disminuye el porcentaje de vacíos de la mezcla de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.

Tal como se puede apreciar en la Figura 28, se realizó una prueba de normalidad para saber si los datos son paramétricos o no paramétricos.

Pruebas de normalidad							
GRUPOS		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VACIOS	MAC	0.232	3		0.980	3	0.726
	MAC + 0.02%GRA	0.175	3		1.000	3	1.000
	MAC + 0.05%GRA	0.385	3		0.750	3	0.000
	MAC + 0.1%GRA	0.385	3		0.750	3	0.000

Figura 28. Prueba de normalidad hipótesis específica 2

Se utilizó Shapiro-Wilk para muestras menores a 30, con respecto a la Figura 28, podemos remarcar que su significancia es mayor al 5% en 2 casos y el resto son muestras no paramétricas, de acuerdo a la teoría se procede a realizar la prueba T de student y la prueba de Mann-Whitney.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
VACIOS	Se asumen varianzas iguales	3.571	0.132	-0.555	4	0.609	-0.13333	0.24037	-0.80071	0.53404
	No se asumen varianzas iguales			-0.555	2.244	0.629	-0.13333	0.24037	-1.06694	0.80027

Figura 29. Prueba T de student 0.02% grafeno (Hipótesis 2)

De acuerdo a la Figura 29, podemos observar que la prueba de Levene es mayor al 5% lo que nos indica que las varianzas son iguales, procedemos a identificar que la significancia para la prueba t es mayor al 5% por lo tanto se opta por la hipótesis H_0 .

Estadísticos de prueba ^a	
	VACIOS
U de Mann-Whitney	4.000
W de Wilcoxon	10.000
Z	-0.221
Sig. asintótica(bilateral)	0.048
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	1,000 ^b

Figura 30. Prueba de Mann-Whitney 0.05% grafeno

Como se observa en la Figura 30, la significancia asintótica de la prueba de Mann-Whitney es menor al 5% por lo tanto se opta por la hipótesis H_a.

Estadísticos de prueba ^a	
	VACIOS
U de Mann-Whitney	2.000
W de Wilcoxon	8.000
Z	-1.107
Sig. asintótica(bilateral)	0.268
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,400 ^b

Figura 31. Prueba de Mann-Whitney 0.1% grafeno

Como se observa en la Figura 31, la significancia asintótica de la prueba de Mann-Whitney es menor al 5% por lo tanto se opta por la hipótesis H_a.

Hipótesis Específica 03: La incorporación de grafeno mejora sustancialmente el peso máximo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.

H₀= La incorporación de grafeno no mejora sustancialmente el peso máximo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.

Ha= La incorporación de grafeno mejora sustancialmente el peso máximo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.

Según la Figura 32, se realizó una prueba de normalidad para saber si los datos son paramétricos o no paramétricos.

Pruebas de normalidad							
GRUPOS		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RICE	MAC	0.175	3		1.000	3	1.000
	MAC + 0.02%GRA	0.175	3		1.000	3	1.000
	MAC + 0.05%GRA	0.175	3		1.000	3	1.000
	MAC + 0.1%GRA	0.175	3		1.000	3	1.000

Figura 32. Prueba de normalidad hipótesis específica 3

Se utilizó Shapiro-Wilk para muestras menores a 30, con respecto a la Figura 32, podemos remarcar que su significancia es mayor al 5%, de acuerdo a la teoría se procede a realizar la prueba T de student.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
RICE	Se asumen varianzas iguales	0.000	1.000	-1.960	4	0.122	-0.008000	0.004082	-0.019335	0.003335
	No se asumen varianzas iguales			-1.960	4.000	0.122	-0.008000	0.004082	-0.019335	0.003335

Figura 33. Prueba T de student 0.02% grafeno

De acuerdo a la Figura 33, podemos observar que la prueba de Levene es mayor al 5% lo que nos indica que las varianzas son iguales, procedemos a identificar que la significancia para la prueba T es mayor al 5% por lo tanto se opta por la hipótesis H₀.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
RICE	Se asumen varianzas iguales	0.000	1.000	0.490	4	0.650	0.002000	0.004082	-0.009335	0.013335
	No se asumen varianzas iguales			0.490	4.000	0.650	0.002000	0.004082	-0.009335	0.013335

Figura 34. Prueba T de student 0.05% grafeno

De acuerdo a la Figura 34, podemos observar que la prueba de Levene es mayor al 5% lo que nos indica que las varianzas son iguales, procedemos a identificar que la significancia para la prueba T es mayor al 5% por lo tanto se opta por la hipótesis H_0 .

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
RICE	Se asumen varianzas iguales	0.000	1.000	2.449	4	0.070	0.010000	0.004082	-0.001335	0.021335
	No se asumen varianzas iguales			2.449	4.000	0.070	0.010000	0.004082	-0.001335	0.021335

Figura 35. Prueba T de student 0.1% grafeno

De acuerdo a la Figura 35, podemos observar que la prueba de Levene es mayor al 5% lo que nos indica que las varianzas son iguales, procedemos a identificar que la significancia para la prueba T es mayor al 5% por lo tanto se opta por la hipótesis H_0 .

V. DISCUSIÓN

En esta sección, se presenta un análisis detallado de los resultados obtenidos en la presente investigación, con el propósito de profundizar en su significado e implicaciones. A través de esta discusión, se busca la explicación de los hallazgos, establecer conexiones con la literatura existente y destacar las contribuciones y limitaciones de la investigación. Además, se espera que las discusiones sirvan para proporcionar una visión integral de los resultados y su relevancia en el campo de estudio.

Con respecto al objetivo general “determinar la optimización de las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica incorporando grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023”, se logró obtener que los resultados respaldan la hipótesis planteada para este objetivo, ya que se pudo evidenciar un impacto positivo en las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica al introducir 5.5% de cemento asfáltico y 0.1% de grafeno como aditivo. La resistencia de estabilidad y flujo se vio mejorada, lo que indica una mayor capacidad de soporte de cargas y esfuerzos sin daños por fallas. Además, se observó que la mezcla tiene mejores características en cuanto al porcentaje de vacíos, logrando un valor aceptable, puesto que se encuentra dentro de los rangos establecidos por el MTC E504. A partir de lo expuesto, los hallazgos de este estudio, demostrando que la adición de grafeno mejora considerablemente las propiedades mecánicas de la carpeta de rodadura. Por otro lado, se concluye que los resultados obtenidos respaldan la viabilidad de utilizar el grafeno como aditivo en la construcción de vías de circunvalación en Huachipa, ya que puede contribuir a la mejora de la calidad de las vías, incrementando su vida útil y reduciendo los costos de mantenimiento y rehabilitación a largo plazo.

En cuanto al primer objetivo específico “evaluar la resistencia de estabilidad/flujo de la carpeta asfáltica con la incorporación de grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023”, se obtuvo que la muestra con adición de 5.5% de cemento asfáltico y 0.1% de grafeno, para el ensayo de estabilidad y flujo, obtuvo una respuesta de 3937.10 kg/cm. Por otra parte, los autores Baliyar et. al (2019), en su estudio, analizaron el ensayo mencionado

en muestras que contenían 5.6% de cemento asfáltico y 0.1% de grafeno, en donde alcanzaron un resultado de 4792.59 kg/cm. Estableciendo una comparación de resultados, en ambos estudios se logra denotar una variación en la estabilidad y flujo en las muestras incorporadas de grafeno, en relación a los patrones de estudio, siendo que la resistencia medida mediante el ensayo de Marshall, mostró valores superiores en la mezcla con adición de 0.1% de grafeno, frente a los otros porcentajes de estudio y a la mezcla convencional. Esto indica una mayor capacidad del pavimento para soportar cargas frente a las deformaciones. Entonces, se concluye que ambos resultados demuestran que el grafeno con 0.1% de grafeno mejora la resistencia de estabilidad y flujo, lo cual es favorable para su utilización en las vías de circunvalación del centro poblado de Huachipa.

Tabla 20. *Resumen de resultados de la discusión 1*

AUTOR	Arenas y Quispe (2023)	Baliyar et. al (2019)
Porcentaje de cemento asfáltico	5.5%	5.6%
Porcentaje de grafeno	0.1%	0.1%
Resultados del patrón en el ensayo de estabilidad/flujo	3690.70 Kg/cm	4333.79 Kg/cm
Resultados de briquetas con adición de grafeno del ensayo de estabilidad/flujo	3937.10 Kg/cm	4792.59 Kg/cm

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta al segundo objetivo específico “diagnosticar el porcentaje de vacíos de la mezcla de la carpeta asfáltica con la incorporación de grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023”, se logró obtener que la muestra con adición de 5.5% de cemento asfáltico y 0.1% de grafeno presenta una notoria disminución en el porcentaje de vacíos, alcanzando un resultado de 4%. Por otra parte, se hace referencia a los autores Baliyar, et. al (2019) quienes señalan que la incorporación de 0.1% de grafeno otorga una relación de vacíos del 4.6%. Estableciendo una comparación de resultados, se observa que, en nuestra investigación el grafeno reduce el porcentaje de vacíos con respecto a la mezcla convencional, lo que nos indica que, al incorporar grafeno

en la matriz asfáltica, este actúa como un agente de refuerzo de impermeabilidad y minimiza los vacíos de aire. Con lo expuesto anteriormente, se concluye que, a diferencia de los hallazgos del autor citado, nuestros resultados con respecto a este ensayo presentan mejoras. Es importante mencionar que, por parte de la autoría, se logró alcanzar un menor porcentaje vacíos, una diferencia de 0.6%, encontrándose así, que el resultado está en un punto de equilibrio, en relación a los rangos establecidos por el MTC E504, por lo que se logra determinar que la muestra sufrirá un menor daño por agrietamiento y abolladuras.

Tabla 21. *Resumen de resultados de la discusión 2*

AUTOR	Arenas y Quispe (2023)	Baliyar et. al (2019)
Porcentaje de cemento asfáltico	5.50%	5.60%
Porcentaje de grafeno	0.1%	0.1%
Resultados del patrón en el ensayo de porcentaje de vacíos	4.2%	4.1%
Resultados de briquetas con adición de grafeno del ensayo de porcentaje de vacíos	4.0%	4.6%

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, para el tercer objetivo específico “analizar el peso máximo de la carpeta asfáltica con la incorporación de grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023”, se logró determinar que todas las muestras adicionadas de grafeno (0.02%, 0.05% y 0.1% de adición), tienen resultados favorables; sin embargo, la muestra con 5.5% de cemento asfáltico y 0.05% de grafeno tiene una mejor respuesta, puesto que se encuentra más cerca del resultado de la mezcla convencional, teniendo así, un valor de 2.478 gr/cc. Por otra parte, Álvarez, et. al (2020), quienes también investigaron el efecto del grafeno en el peso máximo de la carpeta asfáltica, en donde concluyeron que la mezcla con 0.05% de grafeno, presenta índices factibles en cuanto al peso específico de la mezcla, teniendo una respuesta de 2.454 gr/cc. Con lo mencionado anteriormente, los resultados de su investigación, respaldan los hallazgos de

esta tesis, demostrando que la incorporación de grafeno conduce a una variación en el peso específico de la mezcla.

Tabla 22. *Resumen de resultados de la discusión 3*

AUTOR	Arenas y Quispe (2023)	Álvarez, et. al (2020)
Porcentaje de grafeno	0.05%	0.05%
Resultados del patrón en el ensayo de rice	2.480 gr/cc	2.462 gr/cc
Resultados de briquetas con adición de grafeno del ensayo de rice	2.478 gr/cc	2.454 gr/cc

Fuente: Elaboración propia

VI. CONCLUSIONES

La incorporación de grafeno en la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa en el año 2023, tal como se planteó en este estudio, demostró un claro mejoramiento en las propiedades mecánicas del material. En ese sentido, la aplicación de 0.1% de este aditivo resulta muy prometedora en la construcción de vías, contribuyendo a la optimización de la infraestructura vial y brindando beneficios económicos y de durabilidad a largo plazo.

Se concluye que la incorporación de grafeno de 0.1%, influye de manera positiva en la resistencia de estabilidad / flujo de la mezcla, alcanzando un valor de 3937.10 kg/cm, frente a la resistencia de la mezcla convencional que tiene una respuesta de 3690.70 kg/cm. Esto indica que el grafeno actúa como un refuerzo en la matriz asfáltica, aumenta su resistencia a los esfuerzos de carga y deformación. Los resultados de esta investigación son de gran relevancia, se determinó que, al tener mayor resistencia de estabilidad y flujo en la carpeta asfáltica, se tienen vías de circunvalación con mayor durabilidad.

Los resultados de esta investigación demuestran que la adición de 0.1% de grafeno en la mezcla de la carpeta asfáltica reduce de manera significativa el porcentaje de vacíos, logrando un resultado de 4% frente a la mezcla convencional que tiene un valor de 4.2%. Esto indica que, al incorporar grafeno, se tiene un pavimento más compacto, con mejoras en términos de durabilidad y rendimiento. Además, la adherencia entre las partículas de los agregados y el asfalto, también es afectado positivamente.

En conclusión, los resultados de esta investigación demuestran que la incorporación de 0.05% de grafeno en la carpeta asfáltica, tiene una mejora significativa en cuanto al peso máximo, alcanzando un resultado de 2.478 gr/cc, siendo este mismo la respuesta más cercana frente a la muestra patrón, la cual obtuvo un valor de 2.480 gr/cc, lo que indica una mayor densidad y compacidad de la mezcla. Lo cual se traduce en la contribución para la construcción de un pavimento que presente una mejor resistencia y que sea más duradero en las vías de circunvalación de Huachipa en el año 2023.

VII. RECOMENDACIONES

En relación al porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica, es importante considerar que, si la muestra presenta un índice alto, esto nos manifiesta que la compactación será deficiente, lo cual resultará en una reducción de la resistencia y durabilidad de los pavimentos. Asimismo, si la relación de vacíos es media, esto nos indica que se tiene una compactación razonable, pero con mejoras aún posibles. Por último, si se tiene un porcentaje de vacíos alto, se obtendrá una compactación óptima, lo cual resultará en mayor resistencia y durabilidad.

En lo que respecta a la conveniencia de obtener grandes o pequeños resultados en el ensayo RICE, se recomienda buscar un equilibrio, ya que, si los hallazgos son demasiados grandes, esto demostraría que la mezcla es demasiado densa y rígida, lo que resultaría en una menor resistencia a la fatiga y a la deformación. Por otro lado, si los resultados son demasiados pequeños, podría indicar una mezcla suelta y muy porosa, lo que afectaría negativamente la resistencia estructural de los pavimentos.

Se recomienda que el presente estudio, sirva como base para promover la implementación del grafeno en carreteras, generando así un impacto en la sociedad por la conservación del medio ambiente. El grafeno ofrece beneficios significativos, contribuye a la disminución en el consumo de materiales tradicionales, así como la reducción de residuos y emisiones contaminantes.

Recomendamos que se fomente la concientización hacia la población sobre los beneficios del grafeno en carreteras y que se promueva su adopción en proyectos de infraestructura vial, a través de campañas de sensibilización y educación sobre los avances tecnológicos de materiales que muestra significancia positiva en cuanto al desarrollo sostenible. Al mismo tiempo, se espera que el estudio sirva para fomentar la colaboración entre el gobierno y las entidades privadas para impulsar la investigación e implementación de tecnologías sostenibles.

Según los resultados obtenidos, se logró demostrar que, a mayor incorporación de grafeno, se obtiene una mejor respuesta en cuanto a las propiedades

mecánicas de la carpeta asfáltica, la mezcla convencional tiene un mejor desempeño estructural. Por ello, se recomienda que, para futuras investigaciones, se fomente la utilización de grafeno en cantidades mayores a las del 0.1% de incorporación y que se tenga en cuenta, el peso del cemento asfáltico de la mezcla. Al mismo tiempo, recomendamos la utilización de otros métodos de diseño de mezclas asfálticas, tales como el superpave, entre otros. Y que se puedan comparar las ventajas y desventajas del método utilizado en el presente estudio, de tal manera que se pueda ampliar el conocimiento del mejoramiento de las mezclas asfálticas en caliente.

Recomendamos que se investigue el comportamiento de la mezcla asfáltica, utilizando otro tipo de grafeno, con un grado diferente de pureza. Un material que tenga características diferentes, a lo expuesto en este estudio.

REFERENCIAS

¿QUÉ es el grafeno y para qué sirve? Un material innovador y revolucionario. Repsol. 2023. Disponible en: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologiainnovacion/grafeno/index.cshtml#:~:text=El%20grafeno%20es%20un%20material,y%20con%20una%20alta%20resistencia>.

ALAVARO, José y ROQUE, Bryan. Uso de polvo de grafito como aditivo en el concreto $f'c$ 210 kg/cm² a fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Tesis (Título de Ingeniero). Lima: Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020. 145 pp.

ALARCÓN, Lilibian, BALDERRAMA, Jorge y NAVARRO, Rubén. Validez de contenido por juicio de expertos: propuesta de una herramienta virtual. Apert. (Guadalaj., Jal.) [en línea]. 2017, vol.9, n.2 [Fecha de consulta: 07 de octubre del 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S166561802017000300042&lng=es&nrm=iso
ISSN 2007-1094

ALIAGA, Alejandro y CONTRERAS, Maycol. Incorporación del grafeno para mejorar el comportamiento mecánico a compresión del concreto $F'c = 210$ kg/cm², Lima 2019. Tesis (Título de Ingeniero). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 115 pp. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44674/Aliaga_PA_M-Contreras_GMC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ÁLVAREZ, Pablo, BALLESTER, Mirela, MARZÁ, Aida y QUINTANA, Carlos. Grafeno funcionalizado como aditivo en mezclas bituminosas [en línea]. Vol. X, n° 37, 2022. Disponible en <https://asefma.es/wp-content/uploads/2020/05/Revista-Asfalto-y-Pavimentaci%C3%B3n-37-1.pdf>.
ISSN: 2174-2189

ANGELES, Ana. Análisis situacional de salud del distrito de Lurigancho-Chosica 2019 [en línea]. Lima-Perú: Ministerio de Salud, 2019 [fecha de consulta: 16 de mayo del 2023]. Disponible en: <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/asis-lima->

2019/CD_MINSA/DOCUMENTOS_ASIS/ASIS_DISTRITO%20CHOSICA%202019.pdf

ANNUAL report 2019-2020 [en línea]. Suiza: World Economic Forum [Fecha de consulta: 06 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.weforum.org/reports/annual-report-2019-2020/>

ARGIBAY, Juan. Muestra en investigación cuantitativa. ARGIBAY, Juan Carlos. Muestra en investigación cuantitativa. Subj. procesos cogn. [en línea]. 2009, vol.13, n. 1 [Fecha de consulta: 26 de abril del 2023]. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185273102009000100001&lng=es&nrm=iso.
ISSN 1852-7310.

ARIAS, José. Metodología de investigación Online Herramientas digitales para recolectar datos. [en línea]. Perú: 2020 [fecha de consulta: 26 de abril del 2023]. Disponible en: https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2237/1/AriasGonzales_MetodosDeInvestigacionOnline_libro.pdf
ISBN. 978-612-00-5506-9

BASTIDAS, Juan y RONDON, Hugo. Caracterización de mezclas de concreto asfáltico. [en línea]. Colombia: Bogotá, 2020. 256 pp.
ISBN: 978-958-5106-18-5

BEDOYA, Crihstian. Diseño de un instrumento tipo escala likert para la descripción de las actitudes hacia la tecnología por parte de los profesores de un colegio público de Bogotá. Tesis (Maestría en educación). Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017. Disponible en: <https://repositoriosed.educacionbogota.edu.co/handle/001/2588>

BOTTO, Raisa y SANTACRUZ, Paola. Evaluación de las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto para uso en pavimento rígido, adicionado con nanocompuestos de carbono. Tesis (Maestría en Ingeniería). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2017. 80 pp. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/21742/BottoLugoRaisalsabel2017.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

CARNEIRO, Lalsa, DE PAULA, Jefferso, LUDVIG, Péter y NICODEMOS, Sidney. O uso de óxido de grafeno para reparação de pavimento asfáltico - Uma revisão [en línea]. Vol 3, 23 de enero 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/338764532_O_uso_de_oxido_de_grafeno_para_reparacao_de_pavimento_asfaltico_-_Uma_revisao

CARRASCO, Sergio. Metodología de la Investigación Científica Pautas Metodológicas para Diseñar y Elaborar El proyecto de Investigación. Utea [en línea]. 2017, vol. 2 [Fecha de consulta: 7 de setiembre del 2022]. Disponible en: <http://sisbiblio.utea.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=3784>
ISSN: 9972-342425

CASAYCO, Cesar y MORALES, Caros. Incorporación del Óxido de Grafeno para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$, Lima, 2019. Tesis (Título de Ingeniero). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 125 pp.

CATALAN, Policarpo, MORENO, Jatziri, GALVAN, Arturo y ARROYO, Roberto. Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe mediante ensayos de laboratorio. Acta universitaria [en línea]. 2019, vol. 29 [Fecha de consulta: 22 de abril del 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018862662019000100118&lng=es&nrm=iso.
ISSN 2007-9621.

CHOQUE, Leopoldo. Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, agregando grafeno. Tesis (Doctor en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional Federico Villareal, 2021. 147 pp Disponible en: https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/5000/Choque_Flores_Leopoldo_Doctorado_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CONDORI, Porfirio. Universo, población y muestra. [en línea]. (2020). Curso Taller. [fecha de consulta: 26 de abril del 2022]. Disponible en: <https://www.aacademica.org/cporfirio/18.pdf>

El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones por Villasís Keever Miguel [et al]. [en línea]. Rev Alerg Mex. 2018;65(4):414-421.

Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v65n4/2448-9190-ram-65-04-414.pdf>

EVALUACIÓN de las Propiedades Mecánicas de una Mezcla Densa en Caliente Modificada con un Desecho de PVC [en línea]. Colombia: Revista Tecno Lógicas, 2011 [fecha de consulta: 12 de mayo del 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/n27/n27a02.pdf>
ISSN: 2256-5337

FARFAN, Daniel y ROMERO, Zbigniew. Propiedades Mecánicas del Asfalto en caliente adicionando 1.5% de Caucho Reciclado Granular, Chimbote – 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Chimbote – Perú: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45919?locale-attribute=es>

Graphene sandwiched crumb rubber dispersed hot mix asphalt por Baliyar, Bineet [et al]. Burla – India: Veer Surendra Sai University of Technology, febrero del 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.02.003>

HERRERA, Pâmela GAMELEIRA, Eduarda y UEDA, Natalia. Incorporação de óxido de grafeno em concreto: avaliação das resistências à compressão e tração [en línea]. Vol. 14, nº 1, marzo 2022. Disponible en: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/19887/209209216414>. ISSN: 2176-7270

HINESTROZA, Jorge y URREGO, Mateo. Análisis del oxido de grafeno usado como aditivo para el concreto. Tesis (Título de ingeniero civil). Colombia: Universidad Antonio Nariño, Sede Pereira, Risaralda, 2021, 84 pp. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/3850/1/2021HinestrozaMuriIloJorgeHern%C3%A1n.pdf>

INVESTIGACIÓN científica del grafeno en la industria de la construcción (estado del arte) [en línea]. Lima: Universidad de Lima, 2022 [fecha de consulta: 12 de mayo del 2023]. Disponible en: https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/download/5

798/5621/

ISSN: 2523-6326

López José. Población estadística. [en línea]. 08 de noviembre, 2018. [fecha de consulta: 26 de abril del 2022]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/muestra-estadistica.html>

LÓPEZ, Pedro. Población y muestreo “punto cero”. (71): 71-74, 2018

LOZADA, José. Investigación aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Cienciamérica [en línea]. 2014, vol. 03, n. 1 [fecha de consulta: 16 de marzo del 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

ISSN: 1390-9592

MAESTRE, Henry. Grafeno, la tecnología del futuro para mantenimientos a las pistas de aeropuertos colombianos. Tesis (Administración Aeronáutica). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2020, 36 pp. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36379/MaestreHenry2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Manual de Ensayo de Materiales. Perú: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016. 1269 pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. (29 de mayo de 2020). Estadísticas MTC - Transportes. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informespublicaciones/344790estadistica-infraestructura-de-transportes-infraestructura-vial>

MUESTRA en investigación cuantitativa [en línea]. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales, 2009 [Fecha de consulta: 16 de octubre del 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73102009000100001 ISSN: 1666-244X

PAZ, Irene. El grafeno: Posibilidades del grafeno en la arquitectura [en línea]. Madrid-España: Universidad Politécnica de Madrid, 2019 [fecha de consulta: 16

de mayo del 2023]. Disponible en:
https://oa.upm.es/49708/1/TFG_Paz_Ortega_Irene.pdf

PÉREZ, Gonzalo, et al. (2021). Alternativas para el incremento de la adherencia del carrizo, para mejorar su respuesta a la flexión. *Revista Arquitectura e Ingeniería* [en línea]. 14(3), 1–12. [fecha de consulta: 28 de mayo del 2022]. Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/1939/193969257002/html/ISSN_1990-8830

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. [en línea]. Vol. 37, n° 1. [fecha de consulta: 26 de abril del 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
ISSN. 227-232

RAMOS, Carlos. Diseños de investigación experimental. [en línea]. Vol. 10, N° 1. 2021. [fecha de consulta: 26 de abril del 2022]. Disponible en <https://cienciamerica.com/index.php/uti/article/view/356/698>
ISSN. 1390-9592

REVISTA Grafeno: Nano-partícula perfecta para el uso en materiales de construcción [en línea]. Guatemala: Carolina Benavides, 2021 [fecha de consulta: 2 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://revistaconstruir.com/grafeno-nano-particula-perfecta-para-el-uso-en-materiales-de-construccion/>

RONDON, Hugo, REYES, Fredy y URAZÁN, Carlos. Efecto de disminución de la velocidad vehicular en la durabilidad de una capa asfáltica. *Ingeniare* [en línea]. 2013, vol. 21, n. 1 [Fecha de consulta: 08 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/772/77225903001.pdf>
ISSN: 0718-3291

SOLMINIHAC, Hernán, ECHAVEGUREN, Tomás y CHAMORRO, Alondra. *Gestión de infraestructura vial*. 3a ed. Santiago: Ediciones UC, 2018. 352 pp. ISBN: 978-956-14-2275-9

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. *Metodología de la Investigación e Investigación Aplicada para Ciencias Económicas y Administrativas*. Estelí,

2018. 92 pp. Disponible en: <https://opomania.net/wp-content/uploads/2021/05/Metadologia-de-la-investigacion-basica-e-investigacion-aplicada.pdf>

URCUYO, Roberto, GONZALES, Diego y CORDERO, Karla. Perspectivas y aplicaciones reales del grafeno después de 16 años de su descubrimiento. [en línea]. Costa Rica: San José. [fecha de consulta: 2 de mayo del 2022]. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/90134/79075>

VALENCIA, Asdrúbal. El grafeno. [en línea]. 2010. [fecha de consulta: 26 de abril del 2022]. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/materiales/article/download/9172/8476/6476>

VASQUEZ, Reiner, VASQUEZ, Wily y MUÑOZ, Sócrates. Uso de aditivos adherentes en el diseño de mezclas asfálticas en caliente: una revisión. Gaceta Técnica [en línea]. 2021, 22(1), 66-78 [fecha de Consulta 23 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=570365587003>
ISSN: 1856-9560

WESTREICHER, Guillermo. Recolección de datos. [en línea]. 07 de agosto, 2020. [fecha de consulta: 26 de abril del 2022]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/recoleccion-de-datos.html>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de operacionalización de variables

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente: Grafeno.	"Actualmente, el grafeno es uno de los materiales más resistentes. Está compuesto por carbono puro y sus átomos están organizados en forma de hexágonos regulares" (González y Cordero, 2020, p. 53).	Se utilizará el grafeno en forma de polvo, añadiendo porcentajes de 0.02%, 0.05% y 0.1% a la carpeta asfáltica, para luego determinar sus propiedades mecánicas.	Porcentaje de grafeno	0.02%	Razón
				0.05%	
				0.1%	
			Ensayos granulométricos	Módulo de finura	
				Durabilidad	
				Adherencia	
Variable dependiente: Las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica.	"Las propiedades mecánicas son aquellas características inherentes que permiten diferenciar a un material de otro. En cuanto a la carpeta asfáltica se refiere a la resistencia, deformación y capacidad de soportar cargas" (Catalán, et al., 2019, p. 2).	Se estudiarán las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica con incorporación de grafeno, a través de ensayos de ingeniería e instrumentos de evaluación con los cuales obtendremos informes del método MARSHALL y del ensayo de peso específico (RICE).	Marshall Modificado	Estabilidad / Flujo	
				Porcentaje de vacíos	
			Ensayo de peso específico (RICE)	Peso específico máximo	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02: Matriz de consistencia

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Tipo de investigación
¿De qué manera la incorporación de grafeno mejora las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023?	Determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica incorporando grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.	La incorporación de grafeno mejora considerablemente las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.	Grafeno	Porcentaje de grafeno	0.02%	Aplicada.
					0.05%	
					0.1%	
				Ensayos granulométricos	Módulo de finura	Nivel de investigación
Durabilidad	Explicativo.					
Adherencia						
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable dependiente			Diseño de investigación
¿Cómo influye la incorporación de grafeno en la resistencia de estabilidad / flujo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023?	Evaluar la resistencia de estabilidad / flujo de la carpeta asfáltica con la incorporación de grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.	La incorporación de grafeno mejora la capacidad de resistencia de estabilidad / flujo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.	Las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica.	Marshall Modificado	Estabilidad / Flujo	Experimental.
						Enfoque
						Cuantitativo.
						Población y Muestra
¿De qué manera repercute la incorporación de grafeno en el porcentaje de vacíos de la mezcla de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023?	Diagnosticar el porcentaje de vacíos de la mezcla de la carpeta asfáltica con la incorporación de grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.	La incorporación de grafeno disminuye el porcentaje de vacíos de la mezcla de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.			Porcentaje de vacíos	Población: las vías de circunvalación de Huachipa Muestra: Av. Huachipa.
¿Cómo influye incorporación de grafeno en el peso máximo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023?	Analizar el peso máximo de la carpeta asfáltica con la incorporación de grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.	La incorporación de grafeno mejora sustancialmente el peso máximo de la carpeta asfáltica para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023.		Ensayo de peso específico (RICE)	Peso específico máximo	Técnicas e instrumentos de medición
						Fichas de evaluación de datos, documentación técnica de los ensayos a realizar, observación cuantitativa.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Panel fotográfico

PANEL FOTOGRÁFICO		
Nombre de la tesis: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023		
Actividad:	Granulometría	
		
		

PANEL FOTOGRAFICO

Nombre de la tesis:

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023

Actividad:

Diseño MAC



PANEL FOTOGRAFICO

Nombre de la tesis:

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023

Actividad: Briqueetas con incorporación de grafeno



PANEL FOTOGRAFICO

Nombre de la tesis:

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023

Actividad:

Ensayo de RICE



PANEL FOTOGRAFICO

Nombre de la tesis:

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023

Actividad: Ensayo MARSHALL



PANEL FOTOGRAFICO

Nombre de la tesis:

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023

Actividad: Ensayo MARSHALL



Anexo 4. Certificados de laboratorio



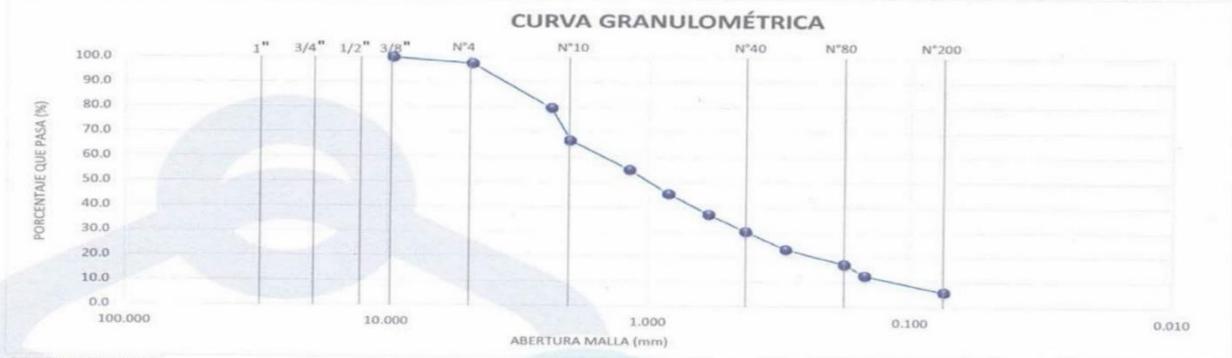
Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
 Fijo: 01 656 6232
 informes@jcgeotecniasac.com
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
 Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
-------------------------------------	--

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa	
1"	25.400	0	-	-	100.0	
3/4"	19.050	-	-	-	100.0	Calculos.
1/2"	12.700	-	-	-	100.0	Tara
3/8"	9.525	-	-	-	100.0	Peso de Tara
1/4"	6.350	-	-	-	100.0	Tara + muestra Humeda
N° 4	4.760	24.0	2.4	2.4	97.6	Tara + muestra Seca
N° 6	3.360					Contenido de Humedad (%)
N° 8	2.380	180.0	18.0	20.4	79.6	
N° 10	2.000	130.3	13.0	33.4	66.6	Muestra Seca
N° 16	1.190	116.7	11.7	45.1	54.9	
N° 20	0.840	95.8	9.6	54.7	45.3	
N° 30	0.590	83.1	8.3	63.0	37.0	
N° 40	0.426	68.5	6.9	69.8	30.2	
N° 50	0.297	72.3	7.2	77.1	22.9	Proporciones Agregados.
N° 80	0.177	60.6	6.1	83.1	16.9	Agregado Grueso.
N° 100	0.149	45.0	4.5	87.6	12.4	Agregado Fino.
N° 200	0.074	64.2	6.4	94.1	5.9	Fino Malla 200.
-200	-	59.5	6.0	100.0		



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
<small>Jefe de Laboratorio</small>	<small>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</small>	<small>Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO</small>



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

www.jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabaylo - Lima

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

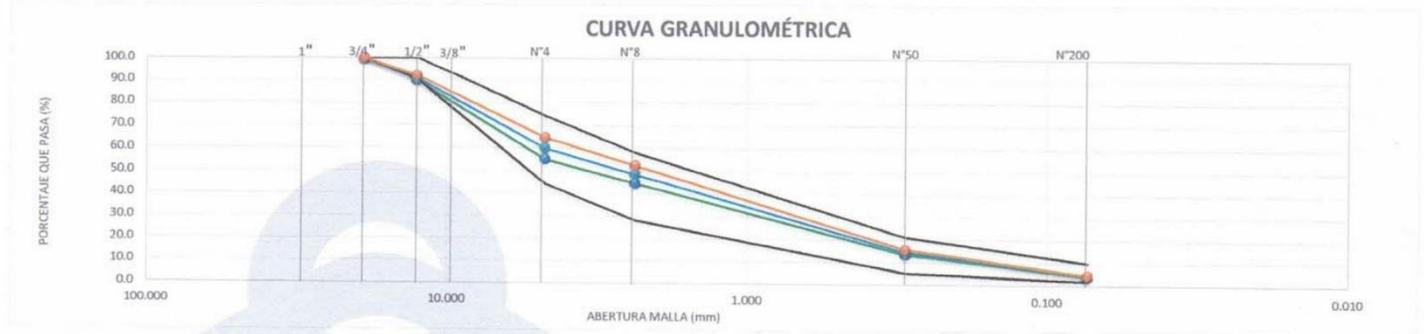
CERTIFICADO DE ENSAYO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (COMBINACIÓN DE AGREGADOS)

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
 Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
 Ubicación : HUACHIPA - 2023
 Fecha de ensayo : 26/04/2023

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				1	2	3	ASTM D 3515 "D 5"	
	ABERT. mm	Grava triturada	Arena triturada	Filler	% Pasa	% Pasa	% Pasa		
1"	25.400				100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	77.3	100.0	100.0	89.8	90.9	92.0	90.0	100.0
3/8"	9.525							na	
1/4"	6.350								
N° 4	4.760	3.2	97.6	100.0	55.1	69.9	64.6	44.0	74.0
N° 6	3.360								
N° 8	2.380		79.6	100.0	44.5	48.5	52.4	28.0	58.0
N° 10	2.000								
N° 16	1.190								
N° 20	0.840								
N° 30	0.590								
N° 40	0.426								
N° 50	0.297		22.9	98.0	13.4	14.6	15.6	5.0	21.0
N° 80	0.177								
N° 100	0.149								
N° 200	0.074		5.9	95.0	4.1	4.4	4.6	2.0	10.0
-200	-								

Mezcla N° 01	45.0	54.5	0.5
Mezcla N° 02	40.0	59.5	0.6
Mezcla N° 03	35.0	64.5	0.5

OK



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
ABRASIÓN LOS ÁNGELES

Solicitantes : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA CARPETA ASFALTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VIAS DE CIRCUNVALACION
EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
F. de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación : Cantera "ARENERA SAN MARTIN DE PORRES"
Descripción : Grava triturada

ABRASIÓN LOS ÁNGELES (MTC E207)

MUESTRA	1	2	3	4	5	6
GRADACIÓN	"B"	"B"				
PESO MUESTRA	5005	5004				
1.1/2" - 1"						
1" - 3/4"						
3/4" - 1/2"	2504	2501				
1/2" - 3/8"	2501	2503				
3/8" - 1/4"	-	-				
1/4" - Nº 4	-	-				
Nº 4 - Nº 8	-	-				
RETENIDO Nº12	4100	4110				
PASA Nº 12	905	894				
% DESGASTE	18.1	17.9				

PROMEDIO 18.0 %

Observaciones :

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**CERTIFICADO DE ENSAYO
SALES SOLUBLES TOTALES**

Solicitantes : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA CARPETA ASFALTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VIAS DE CIRCUNVALACION EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
F. de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación : Cantera "ARENERA SAN MARTIN DE PORRES"
Descripción : Grava triturada

SALES SOLUBLES TOTALES (MTC E219)

Ensayo	Resultados		Especificación
	ppm	%	%
Contenido de sales solubles	1024.0	0.10	0.5 máx.

Observaciones:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2

Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO

Solicitantes : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
F. de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación : Cantera "ARENERA SAN MARTIN DE PORRES"
Descripción : Grava triturada

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO (MTC 209)

ANÁLISIS CUANTITATIVO

AGREGADO GRUESO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
2 1/2"	2"		3000±300							
2"	1 1/2"		2000±200							
1 1/2"	1"		1000±50							
1"	3/4"		500±30							
3/4"	1/2"	22.7	670±10	670.0		633.6	36.4	5.4	1.24	
1/2"	3/8"	31.6	330±5	300.0		286.0	14.0	4.7	1.47	
3/8"	N° 4	42.5	300±5	300.0		287.8	12.2	4.1	1.73	

TOTAL 4.44

OBSERVACIONES:

Solución en Sulfato de Magnesio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabaylo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

Solicitantes : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
F. de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación : Cantera "ARENERA SAN MARTIN DE PORRES"
Descripción : Arena triturada

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (MTC E205)

		AGREGADO FINO				
MUESTRA		1	2	3	4	PROMEDIO
A	Peso del mat. sat. superf. Seco (en el aire) (g)	500.00	500.00			
B	Peso fiola calibrada con agua (g)	654.32	654.32			
C	Peso fiola con agua + peso del mat. s.s.s. (g)	1154.32	1154.32			
D	Peso del mat. + peso fiola + H2O (g)	967.32	967.50			
E	Vol. de masa + vol. de vacíos (cc)	187.00	186.82			
F	Peso mat. seco en el horno (105°C) (g)	492.00	491.60			
G	Vol. de masa (g)	179.00	178.42			
H	Peso específico bulk (base seca) (g/cc)	2.631	2.631			2.631
I	Peso específico bulk (base saturada) (g/cc)	2.674	2.676			2.675
J	Peso específico aparente (base seca) (g/cc)	2.749	2.755			2.752
K	% de absorción	1.63	1.71			1.7

Observaciones:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS

Solicitantes : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
F. de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación : Cantera "ARENERA SAN MARTIN DE PORRES"
Descripción : Grava triturada

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS (MTC E210)

Porcentaje con una o más caras fracturadas

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	490.3	480.0	97.9	43.81	42.89
1/2"	3/8"	329.5	317.7	96.4	29.44	28.39
3/8"	1/4"	299.3	250.4	83.7	26.74	22.38

TOTAL 93.66 %

Porcentaje con dos o más caras fracturadas

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	490.3	449.6	91.7	43.81	40.18
1/2"	3/8"	329.5	254.3	77.2	29.44	22.72
3/8"	1/4"	299.3	218.0	72.8	26.74	19.48

TOTAL 82.38 %

Observaciones:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:

Revisado por:

Aprobado por:



Jefe de Laboratorio

ABEL MARCELO PASQUEL
INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Ingeniero de Suelos y Pavimentos

CONTROL DE CALIDAD
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2

Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS

Solicitantes : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
F. de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación : Cantera "ARENERA SAN MARTIN DE PORRES"
Descripción : Grava triturada

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (ASTM D4791)

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz.	(g)	(g)	(B/A)*100	%	(Cx D)/100
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	490.3	23.9	4.9	43.81	2.14
1/2"	3/8"	329.5	20.4	6.2	29.44	1.82
3/8"	1/4"	299.3	24.1	8.1	26.74	2.15

TOTAL 6.11 %

Observaciones:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:



Jefe de Laboratorio

Revisado por:


ABEL MARCELO PASQUEL
INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Ingeniero de Suelos y Pavimentos

Aprobado por:


CONTROL DE CALIDAD
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
EQUIVALENTE DE ARENA

Solicitantes : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA CARPETA ASFALTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VIAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
F. de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación : Cantera "ARENERA SAN MARTIN DE PORRES"
Descripción : Arena triturada

EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E514)

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
	1	2	3	4
Tamaño máximo (pasa malla N° 4) mm	4.76	4.76	4.76	
Hora de entrada a saturación	09:15	09:23	09:36	
Hora de salida de saturación (10')	09:25	09:33	09:46	
Hora de entrada a decantación	09:27	09:35	09:48	
Hora de salida de decantación (20')	09:47	09:55	10:08	
Lectura Inicial pulg	5.0	5.0	5.1	
Lectura Final pulg	3.4	3.3	3.4	
Equivalente de Arena %	68.0	66.0	66.7	
PROMEDIO	67.0 %			

Observaciones:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2

Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA
-------------------------------------	--

Solicitantes : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
F. de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra	: Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación	: Cantera "ARENERA SAN MARTIN DE PORRES"
Descripción	: Arena triturada

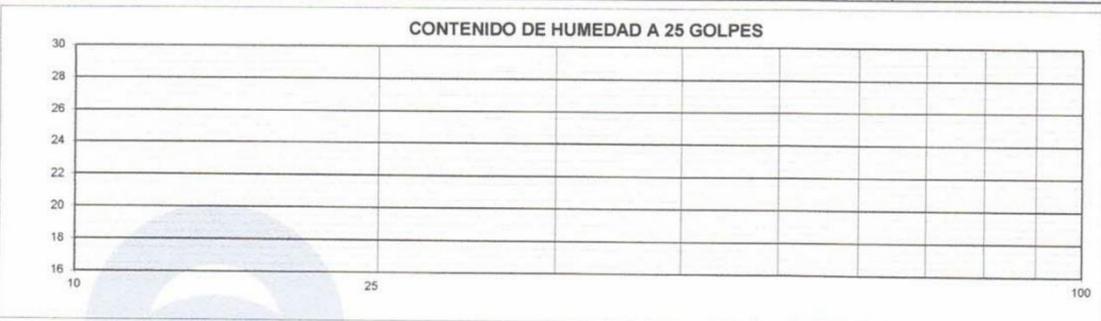
LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 111)

LÍMITE LÍQUIDO			
Nº TARRO	1	2	3
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)			
PESO DE AGUA (g)			
PESO DEL TARRO (g)			
PESO DEL SUELO SECO (g)			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
NUMERO DE GOLPES			

N.P

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº TARRO	4	5	6
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)			
PESO DE AGUA (g)			
PESO DEL TARRO (g)			
PESO DEL SUELO SECO (g)			
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)			

N.P



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	
LIMITE PLASTICO	
INDICE DE PLASTICIDAD	

OBSERVACIONES
Pasante la malla Nº 40

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabaylo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

Solicitantes : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
F. de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación : Cantera "ARENERA SAN MARTIN DE PORRES"
Descripción : Grava triturada

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (MTC E206)

		AGREGADO GRUESO				
MUESTRA		1	2	3	4	PROMEDIO
A	Peso del mat. sat. superf. seco (en el aire) (g)	1595.0	1590.0			
B	Peso del mat. sat. superf. seco (en el agua) (g)	1017.0	1016.0			
C	Vol. de masa + Vol. de vacíos (cc)	578.0	574.0			
D	Peso del material seco en el horno (105°C) (g)	1582.0	1579.0			
E	Vol. de masa (g)	565.0	563.0			
F	Peso específico bulk (base seca) (g./cc)	2.737	2.751			2.744
G	Peso específico bulk (base saturada) (g./cc)	2.760	2.770			2.765
H	Peso específico aparente (base seca) (g./cc)	2.800	2.805			2.802
I	% de absorción	0.82	0.70			0.8

Observaciones:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO

Solicitantes : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA

Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023

Ubicación : HUACHIPA - 2023

F. de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación : Cantera "ARENERA SAN MARTIN DE PORRES"
Descripción : Arena triturada

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO (MTC 209)

ANÁLISIS CUANTITATIVO

AGREGADO FINO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso mín. requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	N° 04	2.4	100	100	--	0.0	100.0	0.0	0.00	--
N° 04	N° 08	18.0	100	100	--	94.1	5.9	5.9	1.06	--
N° 08	N° 16	13.0	100	100	--	92.8	7.2	7.2	0.94	--
N° 16	N° 30	11.7	100	100	--	92.3	7.7	7.7	0.90	--
N° 30	N° 50	9.6	100	100	--	90.5	9.5	9.5	0.91	--
N° 50	N° 100	8.3	100	100	--	89.4	10.6	10.6	0.88	--

TOTAL 4.69

OBSERVACIONES:

Solución en Sulfato de Magnesio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL / CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabaylo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
SALES SOLUBLES TOTALES

Solicitantes : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
F. de ensayo : 26/04/2023

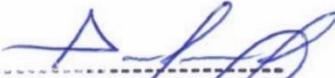
Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación : Cantera "ARENERA SAN MARTIN DE PORRES"
Descripción : Arena triturada

SALES SOLUBLES TOTALES (MTC E219)

Ensayo	Resultados		Especificación
	ppm	%	%
Contenido de sales solubles	1017.0	0.10	0.5 máx.

Observaciones:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2

Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
AZUL DE METILENO

Solicitantes : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
F. de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica con asfalto convencional
Identificación : Cantera "ARENERA SAN MARTIN DE PORRES"
Descripción : Arena triturada

AZUL DE METILENO (AASHTO TP 57)

	Resultados	Especificación
	mg/g	mg/g
Contenido de reactividad	5.0 mg/g	8.0 máx.

Observaciones:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

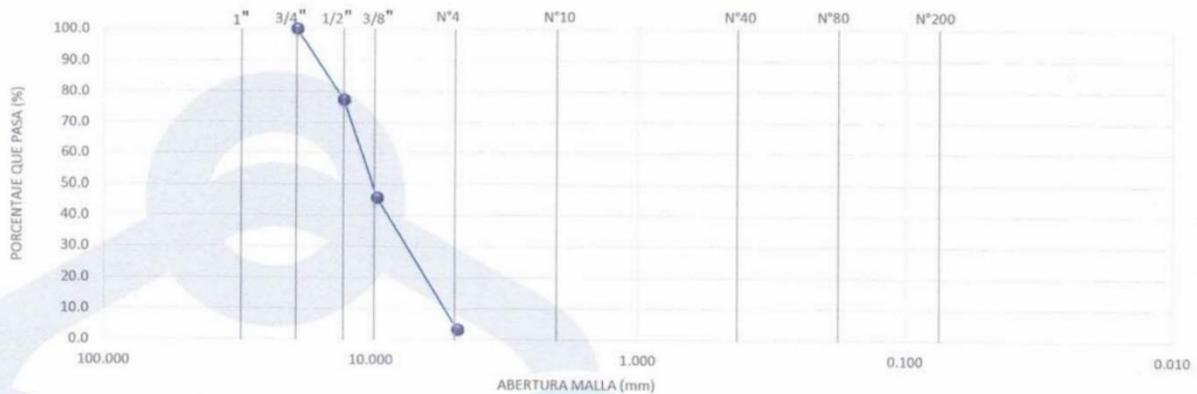
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa	
1"	25.400	-	-	-	100.0	
3/4"	19.050	-	-	-	100.0	Calculos.
1/2"	12.700	955.0	22.7	22.7	77.3	Tara L-2
3/8"	9.525	1,326.0	31.6	54.3	45.7	Peso de Tara 200.00 g
1/4"	6.350	-	-	-	-	Tara + muestra Humeda 4,434.00 g
N° 4	4.760	1,784.0	42.5	96.8	3.2	Tara + muestra Seca 4,400.00 g
N° 6	3.360	-	-	-	-	Contenido de Humedad (%) 0.8 %
N° 8	2.380	73.0	1.7	98.5	1.5	
N° 10	2.000	25.0	0.6	-	-	Muestra Seca 4,200.0 g
N° 16	1.190	-	-	-	-	
N° 20	0.840	-	-	-	-	
N° 30	0.590	-	-	-	-	
N° 40	0.426	-	-	-	-	Proporciones Agregados.
N° 50	0.297	-	-	-	-	
N° 80	0.177	-	-	-	-	Agregado Grueso. 96.8 %
N° 100	0.149	-	-	-	-	Agregado Fino. 3.2 %
N° 200	0.074	-	-	-	-	Fino Malla 200. 0.0 %
-200	-	-	-	-	-	

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

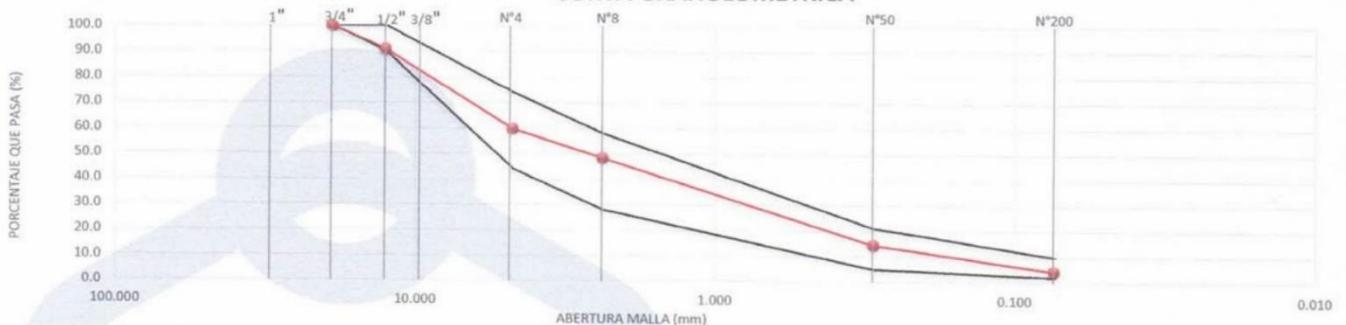
CERTIFICADO DE ENSAYO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (COMBINACIÓN DE AGREGADOS)

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					ASTM D 3515 "D 5"	
	ABERT. mm	Grava triturada	Arena triturada	Filler	% Pasa		
1"	25.400						
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	77.3	100.0	100.0	90.9	90.0	100.0
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
N° 4	4.760	3.2	97.6	100.0	59.9	44.0	74.0
N° 6	3.360						
N° 8	2.380		79.6	100.0	48.5	28.0	58.0
N° 10	2.000						
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.426						
N° 50	0.297		22.9	98.0	14.5	5.0	21.0
N° 80	0.177						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074		5.9	95.0	4.4	2.0	10.0
-200	-						

Mezcla de agregados 40.0 59.5 0.5

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
MARSHALL

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	No 4	No 8	No 50	No 200	
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	59.9	48.5	14.5	4.4	
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	90 - 100	44 - 74	28 - 58	5 - 21	2 - 10	
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				4.7			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				38.26			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				57.04			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla				0.00			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023			
6	Peso Específico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc				2.744			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.631			
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc				3.110			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc							
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc							
11	Altura promedio de la briqueeta cm							
12	Peso de la briqueeta al aire (gr)			1190.0	1205.6	1202.3		
13	Peso de la briqueeta al agua por 60'(gr)			1194.8	1210.3	1207.0		
14	Peso de la briqueeta desplazada (gr)			687.3	695.2	694.4		
15	Volumen de la briqueeta por desplazamiento (cc) = (13-14)			507.5	515.1	512.6		
16	Peso específico Bulk de la Briqueeta = (12/15)			2.345	2.341	2.345	2.344	
17	Peso Específico Máximo - Rice (ASTM D 2041)				2.504			
18	% de Vacíos = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)			6.4	6.5	6.3	6.4	3 - 5
19	Peso Específico Bulk Agregado Total				2.675			
20	Peso Específico Efectivo Agregado total				2.697			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado				0.30			
22	% de Asfalto Efectivo				4.41			
23	Relación Polvo/Asfalto				0.99			
24	V.M.A.			16.5	16.6	16.4	16.5	0.6 - 1.3
25	% Vacíos llenos con C.A.			61.4	60.7	61.5	61.2	14
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)			12.0	12.0	12.0	12.0	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)			1175	1138	1165		
28	Factor de estabilidad			1.04	1.00	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28			1222	1138	1165	1175	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo			4073	3793	3883	3917	1700 - 4000

Elaborado por:

Revisado por:

Aprobado por:



Jefe de Laboratorio

ABEL MARCELO PASQUEL
INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Ingeniero de Suelos y Pavimentos

CONTROL DE CALIDAD
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
MARSHALL

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISEP NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	No 4	No 8	No 50	No 200	
% PASA MATERIAL	100.0	100	90.9	59.9	48.5	14.5	4.4	
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	90 - 100	44 - 74	28 - 58	5 - 21	2 - 10	
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.2			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				38.05			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				56.27			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla				0.47			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4* (Bulk) gr/cc				2.744			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.631			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc				3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc							
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc							
11	Altura promedio de la briqueta cm							
12	Peso de la briqueta al aire (gr)			1201.3	1201.7	1200.0		
13	Peso de la briqueta al agua por 60 '(gr)			1204.5	1204.9	1203.0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)			695.9	696.7	696.7		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)			508.6	508.2	506.3		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)			2.362	2.365	2.370	2.366	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.488			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)			5.1	5.0	4.7	4.9	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total				2.677			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total				2.700			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado				0.32			
22	% de Asfalto Efectivo				4.90			
23	Relación Polvo/Asfalto				0.89			
24	V.M.A.			16.4	16.3	16.1	16.2	0.6 - 1.3
25	% Vacios llenos con C.A.			69.1	69.5	70.5	69.7	14
26	Flujo 0,01*(0,25 mm)			13.0	13.0	13.0	13.0	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)			1204	1219	1234		
28	Factor de estabilidad			1.00	1.04	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28			1204	1268	1283	1252	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo			3705	3901	3949	3851	1700 - 4000

Elaborado por:



Jefe de Laboratorio

Revisado por:

ABEL MARCELO PASQUEL
INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Ingeniero de Suelos y Pavimentos

Aprobado por:

CONTROL DE CALIDAD
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
MARSHALL

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	No 4	No 8	No 50	No 200	
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	59.9	48.5	14.5	4.4	
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	90 - 100	44 - 74	28 - 58	5 - 21	2 - 10	
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.7			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				37.85			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				55.97			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla				0.47			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4* (Bulk) gr/cc				2.744			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.631			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc				3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc							
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc							
11	Altura promedio de la briqueta cm							
12	Peso de la briqueta al aire (gr)			1203.1	1200.5	1198.3		
13	Peso de la briqueta al agua por 60´(gr)			1205.7	1202.8	1201.0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)			698.9	696.8	696.9		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)			506.8	506.0	504.1		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)			2.374	2.373	2.377	2.375	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.471			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)			3.9	4.0	3.8	3.9	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total				2.677			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total				2.702			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado				0.35			
22	% de Asfalto Efectivo				5.37			
23	Relación Polvo/Asfalto				0.81			0.6 - 1.3
24	V.M.A.			16.4	16.4	16.3	16.4	14
25	% Vacios llenos con C.A.			76.0	75.7	76.6	76.1	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)			13.0	14.0	14.0	13.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)			1180	1145	1159		
28	Factor de estabilidad			1.04	1.04	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28			1227	1191	1205	1208	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo			3776	3402	3444	3541	1700 - 4000

Elaborado por:



Jefe de Laboratorio

Revisado por:

ABEL MARCELO PASQUEL
INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Ingeniero de Suelos y Pavimentos

Aprobado por:

CONTROL DE CALIDAD
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2

Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
MARSHALL

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	No 4	No 8	No 50	No 200	
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	59.9	48.5	14.5	4.4	
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	90 - 100	44 - 74	28 - 58	5 - 21	2 - 10	
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				6.2			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				37.65			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				55.68			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla				0.47			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc				1.023			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc				2.744			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.631			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc				3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc							
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc							
11	Altura promedio de la briqueta cm							
12	Peso de la briqueta al aire (gr)			1200.1	1201.3	1200.1		
13	Peso de la briqueta al agua por 60''(gr)			1201.4	1202.6	1201.3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)			697.1	698.3	696.2		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)			504.3	504.3	505.1		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)			2.380	2.382	2.376	2.379	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.464			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)			3.4	3.3	3.6	3.4	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total				2.677			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total				2.717			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado				0.55			
22	% de Asfalto Efectivo				5.68			
23	Relación Polvo/Asfalto				0.77			0.6 - 1.3
24	V.M.A.			16.6	16.5	16.8	16.6	14
25	% Vacios llenos con C.A.			79.5	80.0	78.7	79.4	
26	Flujo 0,01*(0,25 mm)			15.0	14.0	15.0	14.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)			1078	1100	1090		
28	Factor de estabilidad			1.04	1.04	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28			1121	1144	1134	1133	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo			2990	3269	3023	3094	1700 - 4000

Elaborado por:



Jefe de Laboratorio

Revisado por:

ABEL MARCELO PASQUEL
INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Ingeniero de Suelos y Pavimentos

Aprobado por:

CONTROL DE CALIDAD
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA

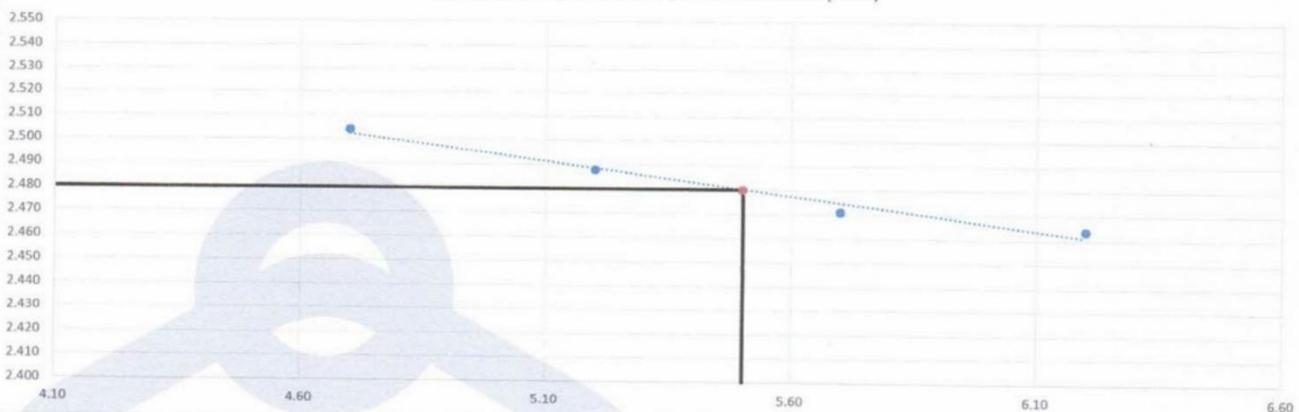
Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)

MUESTRA N°	01	02	03	04	05
1.- PESO DEL FRASCO	6047.0	6047.0	6047.0	6047.0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	8193.0	8193.0	8193.0	8193.0	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	7713.0	7713.5	7709.0	7710.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8915.0	8906.5	8905.0	8900.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1202.0	1193.0	1196.0	1190.0	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	480.0	479.5	484.0	483.0	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.504	2.488	2.471	2.464	
CONTENIDO % C.A.	4.70	5.20	5.70	6.20	

GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (RICE)



Peso Específico Máximo - Óptimo

2.480

% de C.A. Óptimo de diseño

5.50

Elaborado por:

Revisado por:

Aprobado por:



Jefe de Laboratorio

ABEL MARCELO PASQUEL
INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Ingeniero de Suelos y Pavimentos

CONTROL DE CALIDAD
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242
Fijo: 01 656 6232
informes@jcgeotecniasac.com
Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

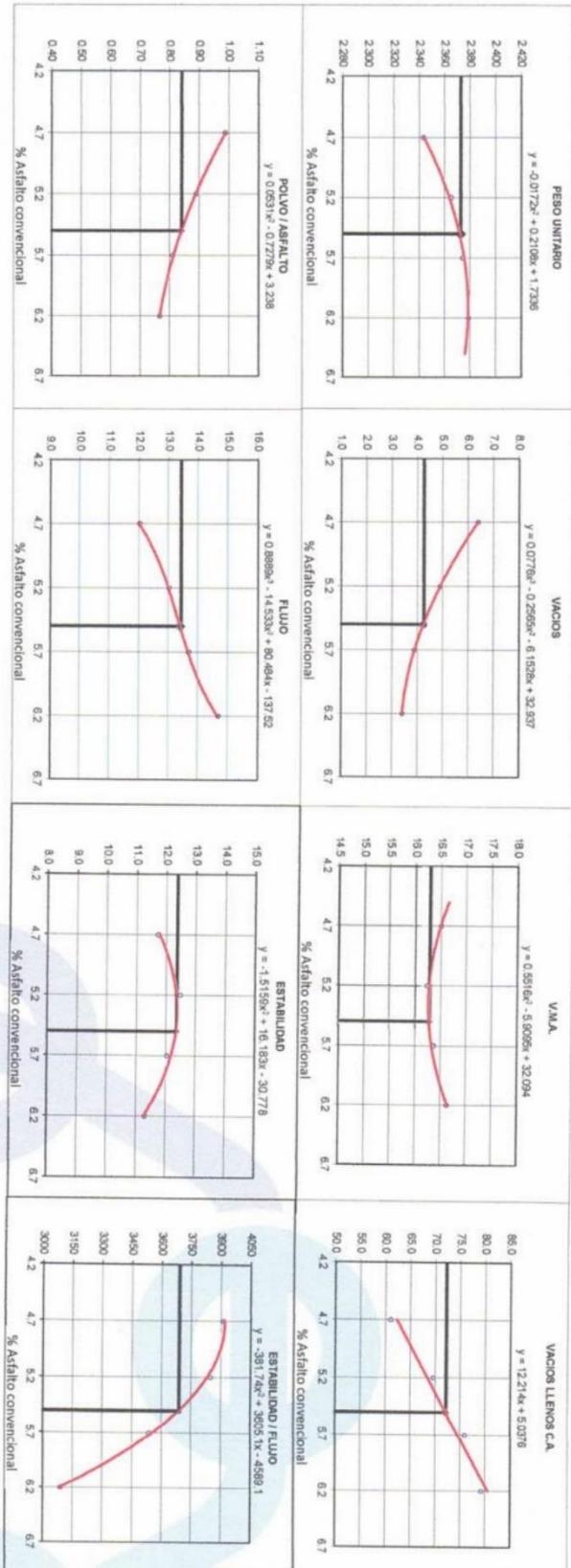
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISEPÉ NUÑEZ, YEILZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO
CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE



	4.7	5.2	5.7	6.2
% C.A.	4.7	5.2	5.7	6.2
P.U. BIRQUETA	2.344	2.366	2.375	2.379
VACIOS	6.4	4.9	3.9	3.4
V.M.A.	16.5	16.2	16.4	16.6
V.L.L.C.A.	61.2	68.7	76.1	79.4
POLVO / ASF.	0.99	0.99	0.81	0.77
FLUJO	12.0	13.0	13.7	14.7
ESTABILIDAD	11.8	12.6	12.1	11.3
ESTAB. / FLUJO	3917	3851	3541	3094

ABEL MARCELO PASQUEL
INGENIERO CIVIL - CIPN° 221456
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

	75	75
GVES	5.50	75
% C.A.	2.37	4.2
P. UNITARIO	16.3	3-5
VACIOS	72.2	14.0
V.M.A.	0.84	0.8-1.3
V.L.L.C.A.	13.4	8-14
POLVO / ASFALTO	12.4	8.15 FN.
FLUJO	3891	1700-4000
ESTABILIDAD		
ESTABILIDAD / FLUJO		

CARACTERÍSTICAS MARSHALL



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD
-------------------------------------	--

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

INFORME DE ENSAYO ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD



Nº de Muestras	01	02	03	04
Nº de Golpes Marshall	50	50	5	5
1.- Peso Briqueta al Aire	1203.0	1201.5	1205.0	1203.9
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1207.4	1205.6	1215.0	1214.1
3.- Peso por Desplazamiento	686.2	684.7	651.7	650.6
4.- Volumen de la Briqueta	521.2	520.9	563.3	563.5
5.- Peso Unitario (Gr/cc)	2.308	2.307	2.139	2.136
PROMEDIOS	2.307		2.138	

2.307	2.138
50	5

1
0.170
GEB(50) - GEB(5)

IC =	5.90
------	------

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2

Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
INMERSIÓN - COMPRESIÓN

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

INFORME DE ENSAYO DE INMERSIÓN - COMPRESIÓN

	N° DE PROBETAS	Grupo seco (curado 4 horas a 25°C)		Grupo húmedo (curado 24 horas a 60°C)	
		01	02	03	04
1	Diametro	10.12	10.10	10.11	10.11
2	Espesor	8.60	8.61	8.59	8.60
3	Contenido de Cemento Asfáltico	5.50	5.50	5.50	5.50
4	Peso Probeta al Aire	1643.7	1640.7	1640.0	1639.8
5	Peso de la Probeta Saturada (60')	1647.8	1645.0	1644.0	1643.7
6	Peso de la Probeta en el Agua	950.1	952.0	951.1	949.0
7	Volumen de la Probeta	697.7	693.0	692.9	694.7
8	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.356	2.368	2.367	2.360
9	Fuerza (kg)	3659	3632	2955	2910
10	Area (cm ²)	80.44	80.12	80.28	80.28
11	Resistencia a la compresión (Mpa)	4.5	4.4	3.6	3.6
12	Promedio Resistencia a la comp, 4 h (kg)	4.5			
13	Promedio Resistencia a la comp, 24 h (kg)			3.6	
14	Resistencia a la compresión (Mpa)			4.0	
15	Resistencia retenida (%)			80.4	

Obsevaciones :

- Pesos unitarios calculado a 25°C
- Ensayos realizados en prensa de concreto.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
(RESUMEN)

1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado grava triturada TM 3/4" (Cantera Chillon) : 40.0 %
Agregado arena triturada (Cantera Chillon) : 59.5 %
Filler : 0.5 %
Gradación : ASTM D 3515 "D5" "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto : PEN 60 / 70
% optimo de asfalto residual : 5.50

3.- Características marshall modificado

Parámetros de diseño	- 0.2 %	% Óptimo	+0.2 %	Especificación EG 2013
GOLPES N°		75.0		75
CEMENTO ASFÁLTICO %	5.30	5.50	5.70	
PESO UNITARIO kg/m ³	2.368	2.373	2.376	
VACIOS %	4.7	4.2	3.9	3 - 5
V.M.A. %	16.3	16.3	16.3	14
V. LL.C.A. %	69.8	72.2	74.7	
POLVO / ASFALTO %	0.87	0.84	0.81	0.6 - 1.3
FLUJO mm	13.1	13.4	13.7	8 - 14
ESTABILIDAD kN	12.4	12.4	12.2	8,15
ESTABILIDAD/ FLUJO kg/cm	3775.0	3690.7	3571.3	1700 - 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Mpa		4.0		2.1
RESISTENCIA RETENIDA %		80.4		75

Observaciones:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

www.jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2

Carabayllo - Lima

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
INMERSIÓN - COMPRESIÓN

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 26/04/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

INFORME DE ENSAYO DE INMERSIÓN - COMPRESIÓN

	N° DE PROBETAS	Grupo seco (curado 4 horas a 25°C)		Grupo húmedo (curado 24 horas a 60°C)	
		01	02	03	04
1	Diametro	10.12	10.10	10.11	10.11
2	Espesor	8.60	8.61	8.59	8.60
3	Contenido de Cemento Asfáltico	5.50	5.50	5.50	5.50
4	Peso Probeta al Aire	1643.7	1640.7	1640.0	1639.8
5	Peso de la Probeta Saturada (60')	1647.8	1645.0	1644.0	1643.7
6	Peso de la Probeta en el Agua	950.1	952.0	951.1	949.0
7	Volumen de la Probeta	697.7	693.0	692.9	694.7
8	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.356	2.368	2.367	2.360
9	Fuerza (kg)	3659	3632	2955	2910
10	Area (cm ²)	80.44	80.12	80.28	80.28
11	Resistencia a la compresión (Mpa)	4.5	4.4	3.6	3.6
12	Promedio Resistencia a la comp, 4 h (kg)	4.5			
13	Promedio Resistencia a la comp, 24 h (kg)			3.6	
14	Resistencia a la compresión (Mpa)			4.0	
15	Resistencia retenida (%)			80.4	

Obsevaciones :

- Pesos unitarios calculado a 25°C
- Ensayos realizados en prensa de concreto.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2

Carabaylo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

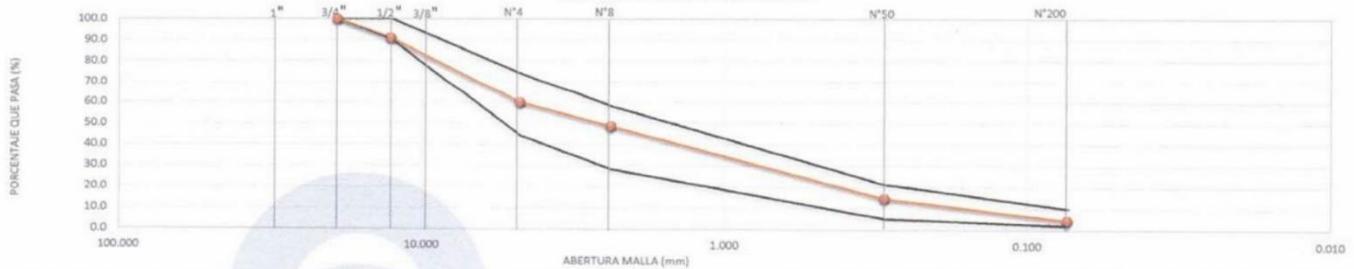
CERTIFICADO DE ENSAYO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (COMBINACIÓN DE AGREGADOS)

Solicitante : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
Proyecto : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCVNALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
Ubicación : HUACHIPA - 2023
Fecha de ensayo : 20/05/2023

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					1	2	3	ASTM D 3515 "D 5"	
	ABERT. mm	Grava triturada	Arena triturada	Filler	Grafeno	% Pasa	% Pasa	% Pasa		
1"	25.400									
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	77.3	100.0	100.0	100.0	90.9	90.9	90.9	90.0	100.0
3/8"	9.525								na	
1/4"	6.350									
N° 4	4.760	3.2	97.6	100.0	100.0	59.9	59.9	59.9	44.0	74.0
N° 6	3.360									
N° 8	2.380		79.6	100.0	100.0	48.5	48.5	48.5	28.0	58.0
N° 10	2.000									
N°16	1.190									
N° 20	0.840									
N° 30	0.590									
N° 40	0.426									
N° 50	0.297		22.9	98.0	100.0	14.6	14.6	14.6	5.0	21.0
N° 80	0.177									
N° 100	0.149									
N° 200	0.074		5.9	95.0	100.0	4.4	4.4	4.4	2.0	10.0
-200	-									

Mezcla N° 01 (0.02% de grafeno)	40.00	59.50	0.48	0.02
Mezcla N° 02 (0.05% de grafeno)	40.00	59.50	0.45	0.08
Mezcla N° 03 (0.10% de grafeno)	40.00	59.50	0.40	0.10

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabaylo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
MARSHALL

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
SOLICITANTE : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
UBICACIÓN DE PROYECTO : HUACHIPA - 2023
FECHA DE ENSAYO : 20/05/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación
Descripción : Nucleos moldeados con el % óptimo del diseño convencional incorporando Grafeno como filler en la composición granulométrica (0.10%)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	No 4	No 8	No 50		No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	59.9	48.5	14.5		4.4
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	90 - 100	44 - 74	28 - 58	5 - 21		2 - 10
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.50			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				37.93			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				56.09			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla				0.47			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc				2.744			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.631			
8	Peso Especifico del Grafeno gr/cc				3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc							
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc							
11	Altura promedio de la briqueta cm							
12	Peso de la briqueta al aire (gr)			1203.5	1200.6	1201.6		
13	Peso de la briqueta al agua por 60° (gr)			1204.6	1201.9	1203.0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)			696.7	695.3	697.2		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)			507.9	506.6	505.8		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta			2.369	2.370	2.376	2.372	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.470			
18	% de Vacios (ASTM D 3203)			4.1	4.1	3.8	4.0	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total				2.677			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total				2.692			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado				0.21			
22	% de Asfalto Efectivo				5.30			
23	Relación Polvo/Asfalto						0.82	0.6 - 1.3
24	V.M.A.			16.4	16.3	16.1	16.3	14
25	% Vacios llenos con C.A.			75.1	75.2	76.3	75.5	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)			14.0	14.0	14.0	14.0	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)			1296	1357	1322		
28	Factor de estabilidad			1.04	1.04	1.04		
29	Estabilidad Corregida			1348	1411	1375	1378	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo			3851	4032	3928	3937	1700 - 4000

Elaborado por:



Jefe de Laboratorio

Revisado por:

ABEL MARCELO PASQUEL
INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Ingeniero de Suelos y Pavimentos

Aprobado por:

CONTROL DE CALIDAD
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2

Carabaylo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO MARSHALL
-------------------------------------	-----------------------------------

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
SOLICITANTE : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
UBICACIÓN DE PROYECTO : HUACHIPA - 2023
FECHA DE ENSAYO : 20/05/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación :
Descripción : Nucleos moldeados con el % optimo del diseño convencional incorporando Grafeno como filler en la composición granulometrica (0.05%)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	No 4	No 8	No 50		No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	59.9	48.5	14.5		4.4
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	90 - 100	44 - 74	28 - 58	5 - 21		2 - 10
BRQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.50			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				37.93			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				56.09			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla				0.47			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc				2.744			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.631			
8	Peso Especifico del Grafeno gr/cc				3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc							
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc							
11	Altura promedio de la briqueta cm							
12	Peso de la briqueta al aire (gr)			1198.6	1204.5	1201.4		
13	Peso de la briqueta al agua por 60''(gr)			1200.0	1206.0	1202.7		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)			695.3	698.2	696.3		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)			504.6	507.8	506.4		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta			2.375	2.372	2.372	2.373	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.478			
18	% de Vacios (ASTM D 3203)			4.1	4.3	4.3	4.2	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total				2.677			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total				2.702			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado				0.34			
22	% de Asfalto Efectivo				5.18			
23	Relación Polvo/Asfalto				0.84		0.84	0.6 - 1.3
24	V.M.A.			16.2	16.3	16.3	16.2	14
25	% Vacios llenos con C.A.			74.4	73.7	73.8	74.0	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)			13.0	14.0	14.0	13.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)			1233	1254	1269		
28	Factor de estabilidad			1.04	1.04	1.04		
29	Estabilidad Corregida			1282	1304	1320	1302	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo			3946	3726	3771	3814	1700 - 4000

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO
--	--	--



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
MARSHALL

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
SOLICITANTE : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
UBICACIÓN DE PROYECTO : HUACHIPA - 2023
FECHA DE ENSAYO : 20/05/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación :
Descripción : Nucleos moldeados con el % optimo del diseño convencional incorporando Grafeno como filler en la composición granulometrica (0.02%)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	No 4	No 8	No 50	No 200	
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	90.9	59.9	48.5	14.5	4.4	
ESPECIFICACIONES	100	100 - 100	90 - 100	44 - 74	28 - 58	5 - 21	2 - 10	
BRQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.50			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				37.93			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				56.09			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla				0.47			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc				2.744			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.631			
8	Peso Especifico del Grafeno gr/cc				3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc							
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc							
11	Altura promedio de la briqueta cm							
12	Peso de la briqueta al aire (gr)			1202.9	1201.7	1200.6		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)			1204.2	1202.9	1201.9		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)			698.5	696.9	697.6		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)			505.7	506.0	504.3		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta			2.378	2.375	2.381	2.378	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.488			
18	% de Vacios (ASTM D 3203)			4.4	4.5	4.3	4.4	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total				2.677			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total				2.714			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado				0.51			
22	% de Asfalto Efectivo				5.02			
23	Relación Polvo/Asfalto				0.87		0.87	0.6 - 1.3
24	V.M.A.			16.1	16.2	16.0	16.1	14
25	% Vacios llenos con C.A.			72.7	72.0	73.1	72.6	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)			14.0	13.0	13.0	13.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)			1169	1187	1193		
28	Factor de estabilidad			1.04	1.04	1.04		
29	Estabilidad Corregida			1216	1234	1241	1230	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo			3474	3798	3818	3697	1700 - 4000

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC. GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2
Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

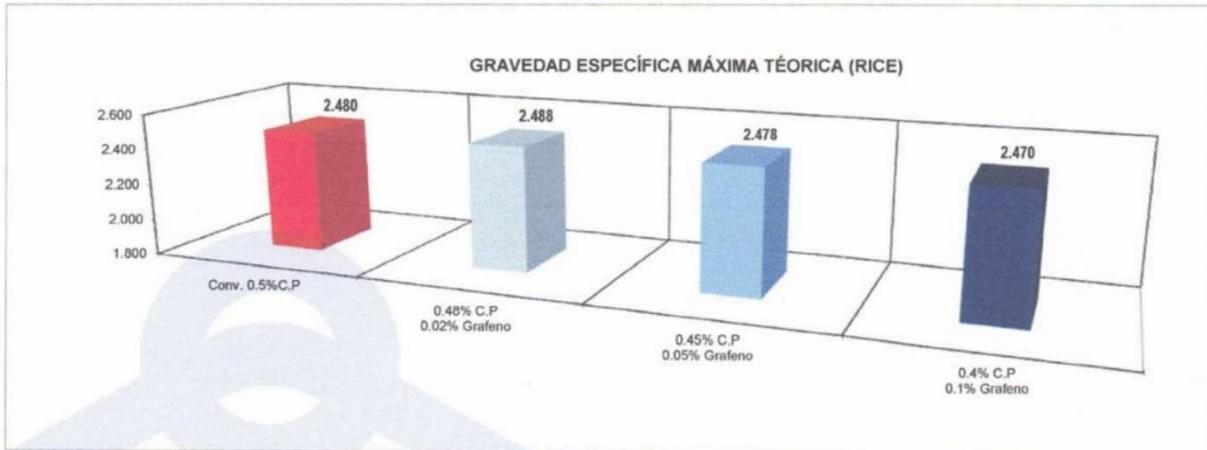
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
SOLICITANTE : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
UBICACIÓN DE PROYECTO : HUACHIPA - 2023
FECHA DE ENSAYO : 20/05/2023

Tipo de muestra : Diseño de mezcla asfáltica en caliente
Identificación : Cantera
Descripción : Comparativo de mezcla asfáltica en caliente incorporando Grafeno como filler en la composición granulométrica (0.02%, 0.05% y 0.10%)

MUESTRA N°	Núcleo 0.02 % de grafeno	Núcleo 0.05 % de grafeno	Núcleo 0.10 % de grafeno		
1.- PESO DEL FRASCO	6047.0	6047.0	6047.0		
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	8193.0	8193.0	8193.0		
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	7709.0	7705.9	7704.0		
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8913.0	8912.9	8912.0		
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1204.0	1207.0	1208.0		
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	484.0	487.1	489.0		
PESO ESPECÍFICO MÁXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.488	2.478	2.470		
CONTENIDO % C.A.	5.50	5.50	5.50		



MEZCLA ASFÁLTICA.	Conv. 0.5% C.P.	0.48 C.P. 0.02% Grafeno	0.45 C.P. 0.05% Grafeno	0.40 C.P. 0.10% Grafeno
Ensayo Rice	2.480	2.488	2.478	2.470

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

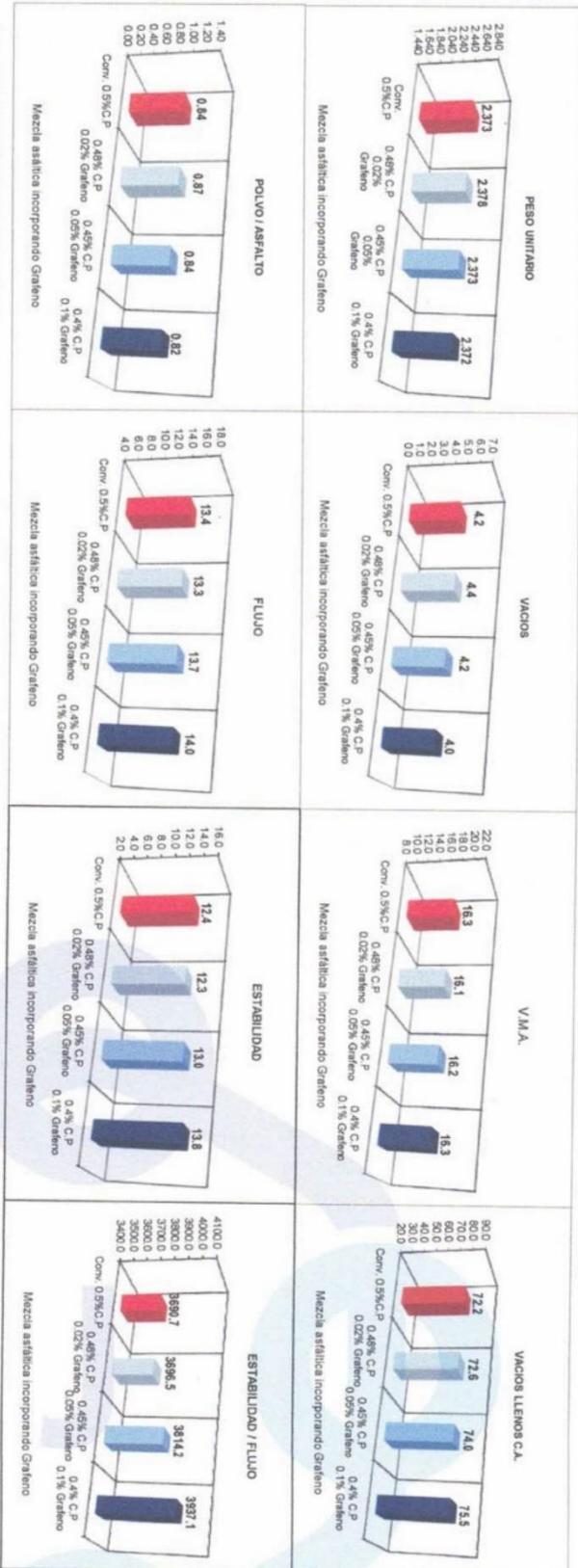
CERTIFICADO DE ENSAYO
DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
 SOLICITANTE : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELZA
 UBICACIÓN DE PROYECTO : HUACHIPA - 2023
 FECHA DE ENSAYO : 20/05/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Descripción : Comparativo de mezcla asfáltica en caliente incorporando Grafeno como filler en la composición granulométrica (0.02%, 0.05% y 0.10%)

COMPARATIVO DE RESULTADOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS INCORPORANDO GRAFENO COMO FILLER EN LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA
GRÁFICOS DE BARRAS



MEZCLA ASFÁLTICA	CONV.	0.48 C.P.	0.45 C.P.	0.40 C.P.
P.U. BROQUETA	2.373	0.02% Grafeno	2.373	0.10% Grafeno
VACIOS	4.2	4.4	4.0	4.0
V.M.A.	16.3	16.1	16.2	16.3
VILLA	72.2	72.6	74.0	75.5
POLVO ASF.	0.84	0.87	0.84	0.82
FLUJO	13.4	13.3	13.7	14.0
ESTABILIDAD	12.4	12.3	13.0	13.8
ESTAB/FLUJO	3696.5	3814.2	3937.1	-

LEYENDA

Mezcla Convencional 0.5% C.P.	[Red Bar]
Mezcla 0.48% C.P./0.02% de Grafeno	[Light Blue Bar]
Mezcla 0.45% C.P./0.05% de Grafeno	[Medium Blue Bar]
Mezcla 0.40% C.P./0.10% de Grafeno	[Dark Blue Bar]

ABEL MARCELO PASQUEL
INGENIERO CIVIL - DIP N° 221456
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 986 575 242

Fijo: 01 656 6232

informes@jcgeotecniasac.com

Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2

Carabayllo - Lima

www.jcgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO COMPARATIVO DE MEZCLA EN CALIENTE
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA INCORPORANDO GRAFENO PARA LAS VÍAS DE CIRCUNVALACIÓN EN HUACHIPA, 2023
SOLICITANTE : ARENAS CASTRO, ROLANDO - QUISPE NUÑEZ, YELIZA
UBICACIÓN DE PROYECTO : HUACHIPA - 2023
FECHA DE ENSAYO : 20/05/2023

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación :
Descripción : Comparativo de mezcla asfáltica en caliente incorporando Grafeno como filler en la composición granulométrica (0.02%, 0.05% y 0.10%)

COMPARATIVO DE MEZCLA EN CALIENTE
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
(RESUMEN)

1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado grava triturada TM 3/4"
Agregado arena triturada
Filler (Cemento portland)
Filler (Grafeno)

40.0	40.0	40.0	40.0
59.5	59.5	59.5	59.5
0.5	0.48	0.45	0.40
0.0	0.02	0.05	0.10

Gradación : ASTM D3515 - D5 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto : PEN 60/70
% optimo de asfalto residual : 6.5

3.- Características marshall modificado

Parámetros de diseño	Conv. 0.5% C.P.	0.48 C.P. 0.02% Grafeno	0.45 C.P. 0.05% Grafeno	0.40 C.P. 0.10% Grafeno	Especificación EG 2013
GOLPES N°	75	75	75	75	75
CEMENTO ASFÁLTICO %	5.50	5.50	5.50	5.50	
PESO UNITARIO kg/m ³	2.373	2.378	2.373	2.372	
VACIOS %	4.2	4.4	4.2	4.0	3 - 5
V.M.A. %	16.3	16.1	16.2	16.3	14
V. LL. C.A. %	72.2	72.6	74.0	75.5	
POLVO / ASFALTO %	0.84	0.87	0.84	0.82	0.6 - 1.3
FLUJO 0.01", 0.25 mm	13.4	13.3	13.7	14.0	8 - 14
ESTABILIDAD kN	12.4	12.3	13.0	13.8	8,15
ESTABILIDAD/ FLUJO kg/cm	3690.7	3696.5	3814.2	3937.1	1700 - 4000

Observaciones:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 17259 - 2023

PROFORMA : 5341A

Fecha de emisión : 2023 - 03 - 29

Página 1

SOLICITANTE : INGEPAV INGENIEROS S.A.C.

Dirección CAL.21 MZA. Z LOTE.34 URB. COOPPIP - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	PRENSA MARSHALL
Marca	No Indica
Modelo	MA - 75
N°de serie	156
Intervalo de Indicación	0 - 5000kg
Procedencia	PERUANA
Identificación	No Indica
Fecha de Calibración	2023 - 03 - 21
Ubicación	LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipo de medición basados a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad garantizando la satisfacción de nuestros clientes

Este certificado da calibración documenta la trazabilidad a los Patrones Nacionales o Internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de INGEPAV INGENIEROS S.A.C

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus Instrumentos a intervalos apropiados

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa utilizando el PIC 023 Procedimiento para la calibración de prensas, celdas y anillos de carga

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	25,1 °C	24,9 °C
Humedad Relativa	50,5 %	47,4 %

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento

El presente documento carece de valor sin firma y sello



N. Nicolás Ramos Paucor
Gerente Técnico
CFP: 0316

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 18267 - 2023

PROFORMA : 56378

Fecha de emisión: 2023 - 01 - 03

Página 1

SOLICITANTE: INGEPAV INGENIEROS S.A.C
Dirección CAL.21 MZA. Z LOTE.34 URB. COOP PIP - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN BAÑO TERMOSTÁTICO
Marca METROTEST
Modelo No Indica
N°de serie 43- 1L12NB11BR BAWAS
Líquido termostático Agua destilada
Muestra Briqueta de asfalto
Procedencia PERU.
Identificación 146
Fecha de Calibración 2023 - 21 - 02
Ubicación LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipo de medición basados a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad garantizando la satisfacción de nuestros clientes

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los Patrones Nacionales o Internacionales de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de INGEPAV INGENIEROS S.A.C

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro termómetro patrón según Procedimiento PC - 019 "Procedimiento de calibración para baños termostáticos" Primera Edición Abril 2009 SNM - INDECOPI

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	25,1 °C	24,9 °C
Humedad Relativa	50,5 %	47,4 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento

El presente documento carece de valor sin firma y sello



Lic. Nicolfa Ramos /uscar
Gerente Técnica
CFP: 0316

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-05P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019

Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023

ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cedula N° : 230-2019-INACAL/DA

Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL-DA

Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditacion al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

SEGUNDO. - EL GESTOR abonará a GERENTE COMERCIAL por la elaboración de los ensayos:

- > 50% del monto, equivalente a S/. 2500.00, a la firma del contrato
- > 50% del monto, equivalente a S/. 2500.00, a la entrega del trabajo

TERCERO. — Gerente Comercial se compromete a entregar los ensayos realizados, debidamente firmado por el profesional colegiado responsable.

Estando ambas partes de acuerdo, dan fe de ello, en Carabayllo, a los 11 días del mes de abril de 2023.



.....
CELSO HIDALGO IZAGUIRRE
GERENTE GENERAL
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Sr. Jean Carlos Hidalgo Izaguirre
(DNI N° 74712577)
Gerente Comercial



YELIZA QUISPE NUÑEZ
DNI: 72611106
EL GESTOR

Anexo 8. Ficha técnica de Grafeno



江苏先丰纳米材料科技有限公司

XFQ021-工业级石墨烯纳米片

XFQ021-Industrial Graphene Nanoplate

1 技术参数 (Properties)

名称	Product name	工业级石墨烯纳米片 Industrial Graphene Nanoplate
碳含量	Carbon content	>98% at% (EDS)
灰分	Ash content	<1 wt%
片径	Lateral size	1-10 μm HRTEM
厚度	Thickness	3-9 nm HRTEM
电导率	Conductivity	800-1100 S/cm
含水率	Moisture content	<2 wt%
D50 粒度	Grain size	~160.4 μm
振实密度	Tap density	0.04-0.07 g/cm ³
松装密度	Apparent density	0.06-0.10 g/cm ³
外观	Appearance	黑灰色粉末 Black gray powder

注：以上为单次测量数据，不同批次粉末测试结果有所浮动。

Note: The above is a single measurement data, the test results of different batches of powder fluctuated.

江苏先丰纳米材料科技有限公司
地址：南京市浦口经济技术开发区步月路29号9栋
邮编：210033
电话 Tel: 400-025-3200(免长途费)
传真 Fax: 025-68256991

Jiangsu XFNANO Materials Tech Ltd
Add: Nanjing City, Jiangsu Province, China
Zip: for 210033
E-mail: sale@xfnano.com
http://www.xfnano.com

Anexo 9. Ficha técnica del cemento asfáltico PEN 60-70

INFORME DE ENSAYO (ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN)

FECHA DE REPORTE:

FECHA DE RECEPCIÓN:

CÓDIGO DE MUESTRA :

08079

HORA DE RECEPCIÓN:

16:15 HORAS

PROCEDENCIA:

JEFATURA OPERACIONES

BUGUE/TANQUE:

TANQUE DE MUESTREO :

9

VOLUMEN CERTIFICADO:

DESTINO:

PLANTA CONCHÁN

ENSAYOS	MÉTODO ASTM ^(A)	RESULTADOS DEL ANALISIS	ESPECIFICACIONES	
			MIN.	MAX.
PENETRACIÓN: a 25°C, 100 gr, 5 seg, 1/10 mm	D 5-13	64	60	70
DUCTILIDAD: a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07	>150	100	
FLUIDEZ: - Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt	D 2170-10	4896	Reportar	
- Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	D 2170-10	420	200	
SOLUBILIDAD: Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	D 2042-15	99.8	99	
VOLATILIDAD: Punto de Inflamación, C.O.C., °C	D 92-16b	290	232	
DENSIDAD: Gravedad API a 60°F, °API	D 70-09 ^{F1}	6.8	Reportar	
Gravedad Especifica a 60/60°F	D 70-09 ^{F2}	1.023	Reportar	
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA: Punto de Ablandamiento, °C	D 36-14e1	50.0	Reportar	
Índice de Penetración		-06	-1	+1
Efecto de Calor y Aire (Película Fina): - Cambio de Masa, % masa del Original	D 1754-09(2014)	0.24		0.8
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07	129	50	

OBSERVACIONES:

- Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada.
- La muestra fue proporcionada por el cliente.

La temperatura óptima de mezcla para este producto se encuentra entre 141 y 156°C

Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.

- (A) American Society for Testing and Materials

ORIGINAL : CLIENTE

ELABORADO POR:

APROBADO POR:

COPIA 1 : ARCHIVO GENERAL
DE INFORMES DE ENSAYO

COPIA 2 : INFORME DE ENSAYO
DE PRODUCTOS

STEVE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
FICHA: 56986

STEVE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
FICHA: 56986

GD/CNLAB-PG-015-F-02, Rev. 6

FIN DE INFORME

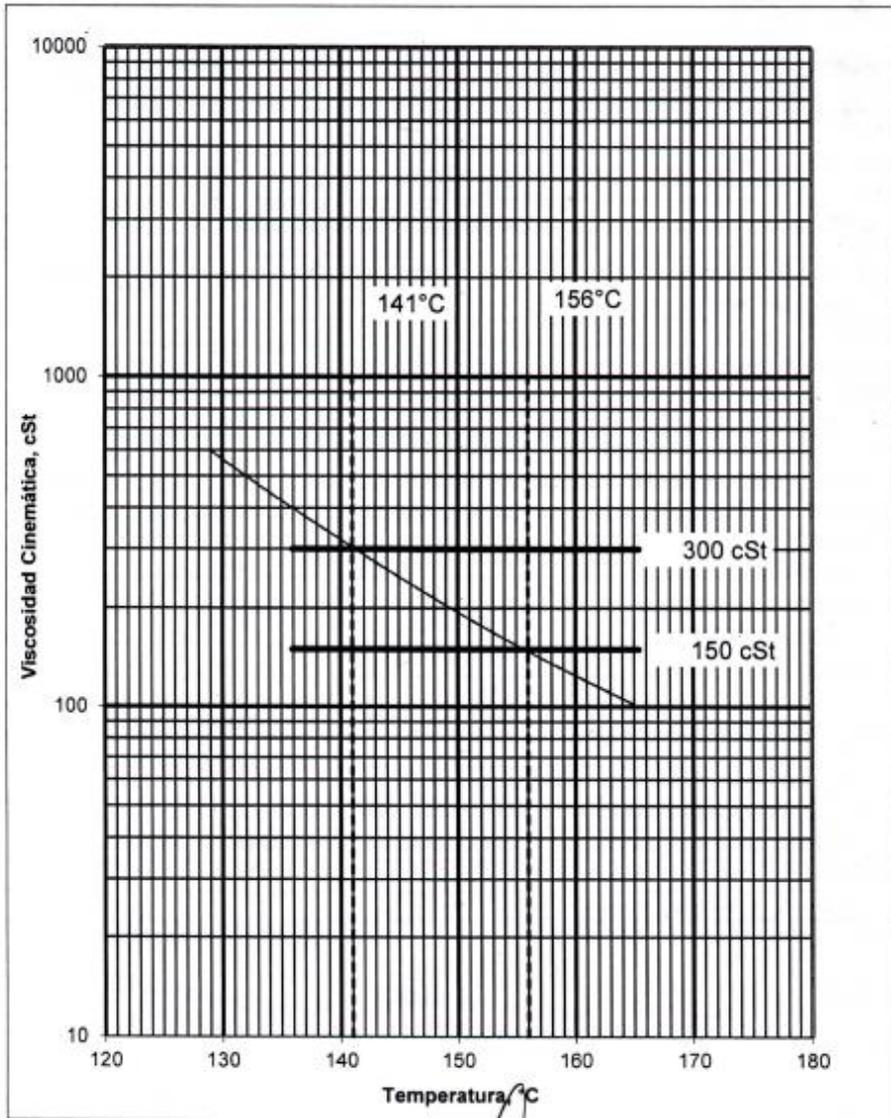
Pag 1 de 2

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN DE PETROPERÚ

Gerencia Departamento Refinación Conchán
Panamericana Sur km 26.5 - Lurín
Central telefónica: (511) 625-4000 / (511) 315-6330
Portal empresarial: www.petroperu.com.pe



Carta Viscosidad - Temperatura ASTM D 341
Rango de Temperatura Optima de Mezcla
TQ. 9 - C. A. 60 / 70 PEN. - 11.06.2021 - 16:15 horas



Pag 2 de 2

Gerencia Departamento Refinación Conchán
 Panamericana Sur km 26,5 - Lurín
 Central telefónica: (511) 625-4000 / (511) 315-6330
 Portal empresarial: www.petroperu.com.pe

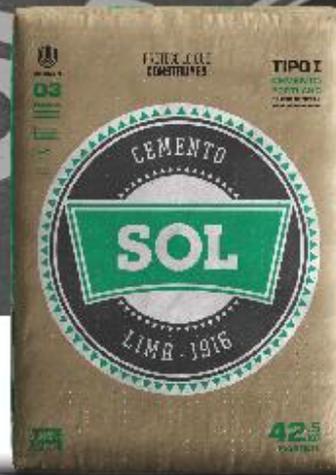
STEVE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
 FICHA 56996



Anexo 01. Ficha técnica del Cemento Portland tipo I



FICHA TÉCNICA CEMENTO SOL



DESCRIPCIÓN:

Tipo I, Cemento Portland de uso general.

BENEFICIOS:

- > Acelerado desarrollo de resistencias iniciales.
- > Óptima trabajabilidad.
- > Permite menor tiempo de desencofrado.
- > Excelente desarrollo de resistencias en shotcrete.
- > Excelente permanencia del slump.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- > Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP - 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

APLICACIONES:

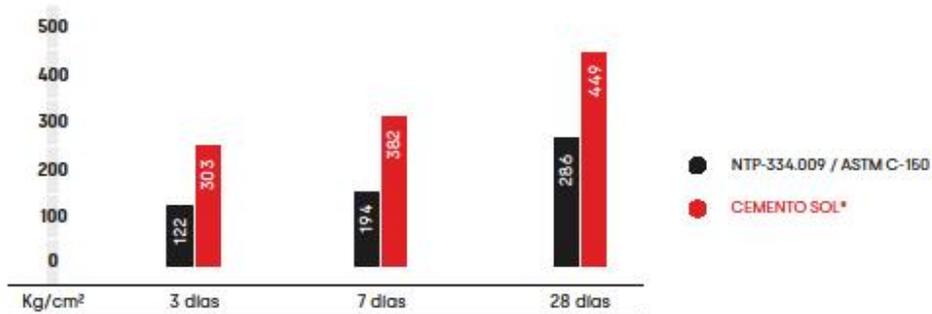
- > Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- > Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.

FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:

- > Bolsas de 42.5 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Bolsas de 25 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Granel: A despacharse en camiones bombonas y big bags.

REQUISITOS MECÁNICOS:

COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO SOL



* Valores referenciales



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BARRANTES MANN LUIS ALFONSO JUAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Mejoramiento de las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica incorporando grafeno para las vías de circunvalación en Huachipa, 2023", cuyos autores son ARENAS CASTRO ROLANDO JUNIOR, QUISPE NUÑEZ YELIZA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 16 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
BARRANTES MANN LUIS ALFONSO JUAN DNI: 07795005 ORCID: 0000-0002-2026-0411	Firmado electrónicamente por: ABARRANTESMA el 18-07-2023 12:08:57

Código documento Trilce: TRI - 0594596