



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

**“OPTIMIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN
CALIENTE CON ADICIÓN DE CAUCHO
RECICLADO, TRUJILLO, 2022”**

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Juan Pablo Miguel Bocanegra Mendoza
Roy Kelvin Rodriguez Solano

Asesor:

Dra. Ing. Sheyla Yuliana Cornejo Rodríguez
<https://orcid.org/0000-0001-8198-2250>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

| | | |
|---------------------------|---------------------|----------|
| Jurado 1 Presidente(a) | GONZALO DÍAZ GARCÍA | 40539624 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

| | | |
|----------|---------------------------|----------|
| Jurado 2 | GERMAN SAGÁSTEGUI VÁSQUEZ | 45373822 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

| | | |
|----------|--------------------|----------|
| Jurado 3 | NIXON PECHE MELO | 70615775 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

INFORME DE SIMILITUD

TESIS: Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022.

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 16% | 16% | 1% | 4% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|---|---------------|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 5% |
| 2 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 3% |
| 3 | repositorio.uptc.edu.co Fuente de Internet | 2% |
| 4 | repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 5 | www.researchgate.net Fuente de Internet | <1% |
| 6 | 1library.co Fuente de Internet | <1% |
| 7 | repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 8 | Submitted to Universidad Del Magdalena Trabajo del estudiante | <1% |

DEDICATORIA

Me complace dedicar mi tesis a todos aquellos que han formado parte de mi viaje hacia este logro. A mi familia, por su inagotable amor y apoyo continuo. A mis amigos, por su inspiración y motivación en los momentos más desafiantes. A mis mentores, por su sabiduría y guía en este proceso de aprendizaje.

Bocanegra Mendoza Juan Pablo Miguel

Es con gran alegría que dedico mi tesis a todos aquellos que han sido una fuente de apoyo, motivación y amor durante mi viaje académico. Vuestras palabras de aliento, vuestros abrazos y vuestro respaldo incondicional han sido fundamentales en este logro. También quiero expresar mi gratitud a mis profesores y mentores, cuyo conocimiento y orientación me han llevado a nuevas alturas de aprendizaje. Vuestra pasión por la enseñanza y la investigación me ha inspirado a ser la mejor versión de mí mismo.

Rodríguez Solano Roy Kelvin

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia, amigos y profesores por su apoyo constante durante mi proceso de investigación y escritura de esta tesis. Vuestra motivación, paciencia y confianza en mí me han dado la fuerza para continuar en momentos de incertidumbre. Gracias por ser mi red de apoyo y por ser una fuente constante de inspiración.

Bocanegra Mendoza Juan Pablo Miguel

Me gustaría agradecer a todos aquellos que han contribuido directa o indirectamente en el desarrollo de esta tesis. A mis mentores, por compartir su sabiduría y guía en este camino. A mis colegas, por sus ideas y perspectivas valiosas que han enriquecido mi trabajo. A las instituciones y organizaciones que me han brindado el acceso a los recursos y herramientas necesarias para realizar esta investigación. Y a todas las personas que han sido parte de mi vida, por su apoyo y por ser una fuente constante de inspiración y motivación.

Rodríguez Solano Roy Kelvin

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---------------------------------------|----|
| JURADO EVALUADOR | 2 |
| INFORME DE SIMILITUD | 3 |
| DEDICATORIA | 4 |
| AGRADECIMIENTO | 5 |
| TABLA DE CONTENIDO | 6 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 8 |
| RESUMEN | 9 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1. Realidad problemática | 10 |
| 1.2. Formulación del problema | 24 |
| 1.3. Objetivos | 24 |
| 1.4. Hipótesis | 25 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA | 26 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS | 41 |
| CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 53 |
| REFERENCIAS | 60 |
| ANEXOS | 64 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Descripción de las características de las muestras en cuanto al porcentaje de adición y el control de granulometría..... | 27 |
| Tabla 2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos para la variable independiente . | 28 |
| Tabla 3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos para la variable dependiente ... | 29 |
| Tabla 4 Guías de recolección de datos. | 29 |
| Tabla 5 Variación de Propiedades según la adición de caucho optimo..... | 41 |
| Tabla 6 Propiedades del agregado grueso. | 45 |
| Tabla 7 Propiedades del agregado fino..... | 45 |
| Tabla 8 Límites de Atterberg..... | 46 |
| Tabla 9 Determinación del % óptimo de cemento asfáltico..... | 47 |
| Tabla 10 Propiedades mecánicas correspondiente a cada porcentaje controlado por granulometría..... | 48 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Selección de tipo de cemento asfáltico. | 33 |
| Figura 2 Descripción de los procesos realizados durante la realización de la investigación. | 34 |
| Figura 3 Influencia del porcentaje de caucho en el Peso unitario, VMA, Flujo, Estabilidad y Vacíos. | 43 |
| Figura 4 Granulometría de la mezcla de agregados a utilizar para el diseño de mezcla asfáltica en caliente. | 44 |
| Figura 5 Curva de estabilidad vs Porcentaje de adición de Caucho. | 49 |
| Figura 6 Estabilidad vs Tamaño de tamiz. | 50 |
| Figura 7 Porcentaje de Vacíos vs Tamaño de tamiz. | 51 |

RESUMEN

Esta investigación tuvo como propósito principal la optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado en la ciudad de Trujillo. El tipo de investigación por propósito fue aplicado, nivel explicativo, su diseño de investigación fue experimental; la población estuvo constituida por mezclas asfálticas en caliente realizadas en la ciudad de Trujillo, la muestra estuvo constituida por briquetas de muestras asfálticas. Los resultados indicaron que inicialmente las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas aumentan notablemente cuando se adicionaba entre 0.5% y 1% y tenían una relación proporcional entre la incorporación de caucho y las mejoras de las propiedades mecánicas, pero a medida que utilizamos el 1.5% se pudo observar que estas comenzaron a descender, así como también al analizar la reacción de las mezclas asfálticas en caliente adicionadas con caucho con granulometría controlada, con el material retenido por los tamices #60, #50 y #40 indicaron que mientras menor fue el tamaño del caucho reciclado mayor fue la estabilidad y Flujo. Se concluyó que las propiedades mecánicas óptimas ocurrió cuando se utiliza el 0.5 % de caucho y controlando la granulometría con el material retenido por la malla #60 con un valor de estabilidad de 1353 kgf.

PALABRAS CLAVES: Mezclas asfálticas, Caucho reciclado, Propiedades mecánicas

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A través la situación actual, a nivel global, en el rubro de la construcción se presenta una preocupación mundial, por el desarrollo sostenible de las obras, muchos países empezaron a realizar obras de infraestructura con incorporación de nuevos agregados, con el fin preservar la conservación y restauración de las vías, ya sea por el exceso de peso de los vehículos, o por la mala ejecución de las obras, o incluso por el desgaste natural del tiempo de vida útil de la vía pavimentada. Cabe recalcar que el aglutinante asfáltico del revestimiento envejece por oxidación durante la vida útil de un pavimento y, principalmente, durante su mecanizado. Esta oxidación se produce con mayor rapidez en las capas superficiales, debido a una mayor exposición a componentes que modifican los atributos del ligante (Roberts et al., 1996). Así mismo, el efecto de la temperatura y otras condiciones climáticas sobre los pavimentos asfálticos provoca el envejecimiento, lo que conduce a un endurecimiento de la mezcla bituminosa. Con el tiempo, el asfalto se vuelve más duro y quebradizo hasta llegar a un punto en que es necesario recuperar el revestimiento. Por lo que en muchos países empezó a resurgir metodologías de reciclaje de materiales de construcción o la incorporación de nuevas alternativas que permitan optimizar las propiedades de las mezclas asfálticas, de la misma manera como su impacto ambiental y la innovación requiere hacer más con menos (BONFIM, 2001). Por lo que, en partes del mundo como Estados Unidos y España se empezaron a construir un asfalto modificado que permita mejorar sus propiedades y no afecten al medio ambiente (Díaz y Castro, 2017)

Así mismos países latinoamericanos también se han sumado a estas prácticas, tales como en Chile, la empresa Sacyr implementó el primer pavimento desarrollado a través de la inclusión de polvo de caucho pretratado (RARx) de manera semihúmeda, que vienen de residuos de llantas fuera de uso (NFU).

En Ecuador, según el portal del gobierno ecuatoriano Pichincha, se situó mezcla asfáltica modificada con caucho proveniente de neumáticos reciclados, mejorando las propiedades de mezclas asfálticas. En Brasil, siendo un país de dimensiones continentales, con redes viales, ferroviarias y fluviales aún insuficientes para atender el aumento de requerimiento de transporte público y carga, esta necesidad se vuelve más latente porque el crecimiento económico, depende de una mayor competitividad en el mercado internacional, lo cual se ve limitado cuando no existe una red extensa y de calidad que, en consecuencia, no ofrezca un bajo costo de operación (Carvalho, 2012). Por lo que en este país se desarrolló investigaciones técnicas de agregados alternativos en mezclas asfálticas, Abriendo camino para que sean utilizados en obras de pavimentación en todo el país, mejorando así su calidad en costos óptimos.

En el Perú, en el lapso de los últimos años se ha situado un crecimiento exponencial del rubro automovilístico, donde se demandan vías sostenibles a lo largo del tiempo, para que puedan soportar el incremento del índice medio diario a anual al que se solicitan las vías. Así mismo de acuerdo al Informe Técnico de Producción Nacional del INEI respecto al año 2019 el sector transporte llegó a alcanzar un crecimiento de 2.31% con respecto al año anterior, como consecuencia del crecimiento de subsectores transporte, y como tal podemos

evidenciar una correspondencia en el crecimiento del uso de caucho de manera proporcional. De ahí recae la importancia del diseño y construcción de pavimentos que puedan responder a la solicitud acorde a nuestra realidad.

Entre las regiones de nuestro país, en la ciudad de Trujillo, se puede evidenciar un gran deterioro de las carpetas asfálticas en la actualidad, debido a diversos factores que llevan una corta vida útil, en donde las autoridades ediles realizan parchados de acuerdo a la necesidad, esto supone problemas estructurales al momento del diseño y construcción de las mismas. Actualmente no se realizan obras en donde se empleen las partículas de caucho reciclado durante la construcción de las vías, pues al revisar las convocatorias en el portal OSCE, y al momento de descargar los expedientes técnicos encontrados no contemplan en el proceso constructivo el uso partículas de caucho reciclado en el diseño de mezclas en caliente para pavimentos flexibles. No existe alguna empresa que realice de manera privada la construcción de pavimentos flexibles con mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado en las mezclas asfálticas, lo que hace necesario la investigación para su uso adecuado en conjunto con las características de los agregados que son usados en las mezclas asfálticas en caliente en la ciudad de Trujillo, de manera de que se encuentre composiciones óptimas que maximicen las propiedades mecánicas que se buscan.

La investigación en cuestión se enfoca en una problemática que ha recibido poca atención en el ámbito académico, pues normalmente solo se enfoca en el porcentaje de adición del caucho y no sobre el control de la granulometría de este, lo que ha dejado un vacío de conocimiento en dicho campo. En este sentido, el estudio se justifica teóricamente

como una valiosa contribución que busca llenar este vacío de conocimiento de cómo maximizar las propiedades mecánicas controlando la granulometría que sea adición de caucho, ofreciendo nuevas perspectivas y evidencias empíricas que permitan comprender con mayor profundidad el fenómeno en cuestión. De esta manera, el trabajo no solo amplía el conocimiento existente, sino que también abre nuevas líneas de investigación y reflexión en torno a la problemática abordada.

Justificación de la Investigación: La presente investigación tiene como justificación teórica el hecho de que se aborde una arista diferente donde no solo se controla los porcentajes de adición de caucho reciclado, sino también se busca controlar la granulometría y tamaños máximos, de esta manera se podrá tener más en cuenta el futuro para diseñar mezclas asfálticas en calientes con materiales alternativos, en donde las investigaciones tendrán una perspectiva diferente, su continua investigación, tanto como esta generaran precedentes para que otras investigaciones continúen investigando teniendo en cuenta los tamaños máximos de caucho reciclado que se le provee a la mezcla asfáltica y se espera que sea ampliamente beneficioso para la sociedad.

Justificación técnica, la investigación se justifica convenientemente puesto que los resultados de la misma pueden generar un precedente de cómo optimizar las propiedades mecánicas en mezclas asfálticas en caliente controlando la granulometría y esta podrá ser usada en futuros proyectos dentro de la ciudad de Trujillo e incluso a lo largo de todo el Perú, mejorando la calidad de los proyectos con aplicaciones de este tipo que nos provean de sostenibilidad.

Justificación práctica, la investigación se justifica y tendrá implicaciones prácticas puesto que no solo aportará un nuevo conocimiento, sino que podrá contribuir al medio ambiente, puesto que, al usar caucho reciclado, estamos dando un nuevo uso a materiales potencialmente contaminantes, resolviendo un problema social y medioambiental.

Justificación metodológica, puesto que a la actualidad las investigaciones relacionadas a la adición de caucho reciclado solo abordan la incidencia únicamente del porcentaje de adición, nuestra investigación aborda el tamaño máximo de partícula, el cual no tiene muchos antecedentes dentro de nuestra ciudad y nuestro país, por lo que se vuelve necesario su realización.

Limitaciones de estudio, unas de las limitaciones iniciales fueron a que, para poder contrastar los resultados obtenidos, tuvimos que buscar antecedentes netamente internacionales, puesto a que hay pocas tesis dentro de nuestro país que abordan la importancia de controlar la granulometría del caucho en la adición a mezclas asfálticas en caliente y su incidencia al momento de buscar maximizar la mejora de las propiedades mecánicas.

Bases teóricas, se ha descrito dentro de nuestra investigación todo aquello referente a nuestras variables, su forma de abordarla dentro de nuestra investigación tanto como los ensayos a utilizar para poder llegar a cumplir con el objetivo de estudio.

En su tesis, Vega (2016) estudio el comportamiento del asfalto modificado con polvo de caucho reciclado de llantas del 1, 2 y 3% usándose para el diseño de las mezclas el método Marshall, con lo cual se evidencio los beneficios originados en la mezcla asfalto-polvo de caucho como reemplazo de una pequeña parte del agregado fino, por lo cual se obtuvo un cumplimiento óptimo de las especificaciones Marshall con la mezcla modificada al 1% de polvo de caucho. Por lo tanto, el investigador de acuerdo a los resultados obtenidos concluyó que la fabricación de las mezclas tradicionales de asfalto y de las modificadas por caucho reciclado no presentaron diferencia significativa, excepto en la temperatura y el tiempo para que el caucho pueda combinarse favorablemente en la mezcla.

En su Boletín Técnico, Rodríguez (2016) propuso una solución para reducir el impacto ambiental generado por el desperdicio de llantas, haciendo referencia al "Reglamento sobre llantas de desecho" publicado en La Gaceta N° 92 del 15 de mayo de 2007. El investigador sugirió emplear neumáticos usados como agregado en la construcción de pavimentos asfálticos, ya que se demostró que el polvo de caucho de llantas mejora la reología del asfalto, aumentando su resistencia a altas temperaturas y su flexibilidad, así como su resistencia a la deformación permanente y la oxidación debido al envejecimiento. Funde Llantas recolectó más de 163 771 llantas, según el Reporte de Sostenibilidad 2014 de la empresa Bridgestone de Costa Rica, aunque esta cantidad sigue siendo insuficiente en comparación con la gran cantidad de neumáticos desechados. Por lo tanto, el investigador concluyó que se recomienda el uso de polvo de caucho de llantas en una cantidad de entre el 1% y el 3% mediante la vía seca para mejorar la resistencia y la deformación por altas temperaturas y mejora el poder de recuperación por el paso de tránsito.

En su estudio, Lemus (2018) tuvo como finalidad mejorar la estabilidad de una mezcla asfáltica utilizando materiales sustitutos de origen ecológico. Para ello, realizó una investigación experimental donde evaluó la situación del asfalto sin ningún tipo de agregado y posteriormente incorporó partículas de caucho rehusado y ácidos grasos de origen natural como el aceite crudo de palma y la cera carnauba. Al agregar estos materiales alternativos se logró mejorar las características del asfalto en la mezcla, mejorando la estabilidad/flujo y disminuyendo las temperaturas de mezclado y compactación en 15°C para las mezclas modificadas con grano de caucho reciclado y 30% de pavimento asfáltico reciclado. El autor concluye que el uso de materiales alternativos ecológicos permite optimizar las características de una mezcla asfáltica y disminuir el impacto ambiental de las actividades relacionadas con su producción. En resumen, la utilización apropiada de una mezcla de componentes de caucho y agregados ecológicos bajo parámetros ideales puede optimizar las propiedades de una mezcla asfáltica, ideal para zonas con climas fríos.

Correa (2018), en su estudio de investigación tuvo como principal objeto la determinación del impacto del caucho reciclado sobre las propiedades mecánicas y físicas de mezclas asfálticas en caliente, por lo que realizó su investigación bajo un enfoque aplicado con un diseño explicativo correlacional, dando como resultado que el caucho impacta en las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente en donde se obtuvo una estabilidad de 10.87KN para una mezcla asfáltica con un porcentaje de adición del 1.0% mediante el Método de Marshall, y que estas mejoraron en un 10.04% con respecto a la mezcla asfáltica tradicional. Por lo que el investigador concluyó que el caucho reciclado

modifica a la mezcla asfáltica mejorando las propiedades mecánicas y físicas de mezclas asfálticas en caliente básicamente en la resistencia a la deformación.

Siswanto y Candra (2018), en su estudio analiza las Características Marshall de la capa de rodadura de hormigón asfáltico usando Caucho triturado modificado de residuos de neumáticos de motocicleta como aditivo, Aplicando caucho reciclado que pasen los tamices #100 y #50 en adiciones de 0.5%, 1%, 1.5%, 3%, 4.5% y 6% para luego desarrollar la prueba Marshall obteniendo así los valores óptimos del material en mención. Obteniendo así valores de estabilidad para 1% de caucho reciclado y usando el tamiz #100 y #50 variaciones de 8.5% a favor del tamiz #100. Por otro lado, se obtuvo resultados en el flujo destacando el mayor valor de este al ir aumentando el porcentaje de caucho añadido. Los autores determinaron que la adición de caucho reciclado afecta el rendimiento del asfalto, siendo el caucho que es retenido por el tamiz #100 como óptimo en comparación al retenido por el tamiz #50, mostrando solo diferencias significativas en los valores de estabilidad. Este estudio nos servirá posteriormente para poder contrastar la eficacia del uso de tamices para poder añadir de manera óptima partículas de caucho de origen reciclado a la mezcla asfáltica.

El objetivo del estudio realizado por Olarte y Soler (2018) fue examinar cómo la inclusión de caucho reciclado afecta el ahuellamiento en una mezcla asfáltica de tipo MD-12. Para ello, emplearon la metodología Marshall y crearon una mezcla asfáltica convencional de tipo MD-12, junto con tres mezclas adicionales que contenían distintas cantidades de GCR (0.5%, 1.5% y 2.5%). Los diseños iniciales y la comprobación de cada mezcla se realizaron conforme a las especificaciones generales de construcción del Instituto

de Desarrollo Urbano IDU 2011, y se evaluaron distintos parámetros volumétricos, de estabilidad, flujo, adherencia e índice de película asfáltica. Los hallazgos indicaron que el porcentaje de asfalto óptimo para la mezcla asfáltica MD-12 convencional fue del 5.2%. Este estudio proporcionó información útil acerca del nivel ideal de cemento asfáltico requerido en la mezcla asfáltica. Según el párrafo analizado llegamos a la conclusión de que al adicionar el caucho reciclado se obtiene menos porcentaje de cemento asfáltico en el diseño de mezcla asfáltica.

En su artículo de investigación, Gómez (2019) propuso una mejora en las propiedades del asfalto mediante la adición de caucho de origen reciclado, con el objetivo de aprovechar los residuos sólidos y colaborar al cuidado del ambiente. La investigación se llevó a cabo bajo un diseño pre experimental aplicado. Como resultado, se encontró que el caucho reciclado optimiza la recuperación elástica por torsión en un 100% para las mezclas con compatibilizante y 300% sin compatibilizante. El investigador concluyó que para obtener una muestra de asfalto excelente es necesario tener pavimentos que hayan sido sujetos a temperaturas altas de desempeño con agregados como el caucho reciclado, lo que conduce a una mejor viscosidad y optimización de sus propiedades. Este enfoque no solo resuelve los problemas recurrentes en las obras de infraestructura vehicular base de asfalto, sino que también ayuda a mitigar los impactos ambientales al aprovechar los residuos sólidos.

Capcha (2018), En su investigación de Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, determino el uso del caucho como variable de estudio (0, %,10%, 15%), para un diseño de asfalto modificado mediante el ensayo de diseño Marshall, Se concluyó que los granos de caucho reciclado sirven para mejorar propiedades físicas y mecánicas del asfalto, donde se obtuvo las mejoras propiedades al 10% de caucho reciclado.

Goicochea (2019), en su estudio de investigación tuvo por objetivo promover el uso de materiales reciclables y ecológicos para enriquecer las propiedades de mezclas asfálticas, por lo que desarrolló su investigación bajo un tipo de investigación aplicada y experimental. Para ello primero se analizó la característica de los neumáticos y pavimentos e identificar los principales problemas ecológicos que causan, para posteriormente incorporar el caucho con residuos ecológicos a la mezcla asfáltica por medio de procesos por vía caliente y seca. Dando, así como resultado que se redujera el impacto contaminante y se mejorara las propiedades de la mezcla asfáltica, por lo que el investigador concluyó que el adicionar una granulación de caucho a la mezcla asfáltica se podrá contribuir con la reducción de la contaminación ambiental y tendrá mayor vida útil al pavimento flexible, permitiendo así esta investigación pueda validar la utilidad de los desechos de cauchos, al volver a reutilizarlos con un enfoque positivo, en conclusión. Al incorporar el material reciclado modifica a la mezcla asfáltica y es menos contaminante a las mezclas convencionales

En su estudio, Flores (2021) investigó el efecto de diferentes tipos de filler en las propiedades mecánicas y espumado de las mezclas asfálticas semicalientes. Esta investigación se realizó a cabo mediante un diseño correlacional y se aplicó a una población

determinada por la capacidad de producción de una planta asfáltica reciclada. Se recolectó una muestra de 480 kg de mezcla asfáltica semi calientes, que se produjeron a partir de 8 toneladas de mezcla asfáltica. Los resultados demostraron que el uso de zeolita contribuyó en la mejora de la estabilidad de la mezcla en un 12.45%, mientras que la adición de cal hidratada mejoró la fluidez en un 9.9% con respecto a la muestra de control, lo que permitirá mejorar la propiedad de deformación ante elevadas cargas de tránsito. Se concluye que los dos tipos de filler se puede usar en la mezcla asfáltica, uno mejora la resistencia y el otro la trabajabilidad.

De acuerdo con De la Cruz (2021), el objetivo del estudio fue identificar la mezcla asfáltica óptima con adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante del suelo en la Prolongación Av. Revolución. La metodología utilizada fue cuantitativa, con un enfoque aplicado y un diseño correlacional experimental. La población fue la mezcla asfáltica con inclusión de PVC y caucho, y la muestra estuvo conformada por los ensayos aplicados. Los resultados indicaron que la mezcla asfáltica con adición de PVC y caucho mejoró su durabilidad y resistencia, así como su estabilidad, aumentando su capacidad portante de 815 kN a 943 kN y prolongando su vida útil. **En conclusión, la** adición de PVC y caucho resultó en una mejora significativa en la mezcla asfáltica y su capacidad portante del suelo en la Prolongación Av. Revolución.

Camacho (2021), en su tesis de investigación tuvo como objeto la determinación del impacto de la aplicación del caucho reciclado proveniente de los NFU como un nuevo elemento en la mezcla para el asfalto, bajo una metodología con un diseño experimental y

correlacional , teniendo por población todas las carreteras existentes dentro del distrito de Eten y la muestra estuvo representada por el tramo de la carretera de la zona de playa de lobos(ubicado en el distrito Eten), el investigador realizo diferentes ensayos a las mezclas asfálticas, dado que agrego diferentes componentes como el caucho reciclado, luego de a ver determinado los parámetros ideales. Lo que trajo como resultado que luego de conseguir los parámetros ideales se obtuviera una carpeta asfáltica obtuviera un 5.72% adicional de óptimo de C.A (cemento asfaltico). En conclusión, la adición de caucho reciclado siguiendo los procedimientos y parámetros establecidos para un buen diseño de mezcla asfáltica mejora las sus propiedades físicas - mecánicas.

Álvarez y Carrera (2017), En su tesis de investigación sobre la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica, usando porcentajes de caucho reciclado de 0 %, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0%, 3.5%, 4.0%, se concluyó en los resultados del diseño con el uso de un 5% de asfalto 20% de agregado pasa 3/4", 35% triturado pasa 1/2", 20% de arena lavada zarandeada, otro 20% en arena triturada y un 1.5 % de GCR(granulo de caucho reciclado), al cumplir con los valores de estabilidad y flujo establecidos por la norma MTC.

Castillo y Martínez (2022), En su tesis de investigación estudió el efecto de la incorporación del caucho reciclado sobre las propiedades mecánicas, físicas y volumétricas en la mezcla asfáltica en caliente, el investigador realizó 25 muestras ó briquetas de control, 5 en cada uno de los porcentaje de asfalto (4.0 %, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%), donde se obtuvo como porcentaje óptimo de asfalto al 5.8%, adicionalmente también se hizo 30 briquetas

para el análisis, 5 con cada porcentaje de caucho granulado reciclado (0.5%, 1% 2.5%, 3.5%,4.5% y 5.5%), resultando ser el óptimo porcentaje de caucho al 2.3 %. Se concluye que al incorporar caucho reciclado a la mezcla asfáltica en caliente mejora sus propiedades mecánicas, físicas y volumétricas, cumpliendo los valores permitidos según MTC-13

Las bases relacionadas al tema: Dosificación de mezclas asfálticas, El éxito del recubrimiento asfáltico depende de obtener una mezcla con un grado óptimo de agregados y el contenido óptimo de aglutinante asfáltico, de manera que sea duradera y resistente a la fractura y desintegración, sin volverse inestable por la acción del tránsito y las condiciones climáticas. Para obtener una mezcla de tales características es fundamental un buen proyecto de dosificación en un laboratorio de mezclas (Albuquerque, 2005).

El primer procedimiento de dosificación de mezcla asfáltica fue desarrollado por Prevost Hubbard y FC Field, en los Estados Unidos, en 1920, conocido como método HubbardField. Está diseñado para dosificar la mezcla arena-asfalto. Consiste en determinar la carga máxima que resiste una probeta de 50,8 mm de diámetro por 25,4 mm de altura, obligada a pasar por un orificio de 47,5 mm de diámetro. Esta carga es considerada el valor de la estabilidad Marshall, y el ensayo provoca un tipo de ruptura correspondiente al cortante (SENÇO, 2001).

Algunos métodos de dosificación ya se conocen y se realizan. Entre los métodos de dosificación se destacan Marshall, Hveem y SUPERPAVE (creado recientemente por el Programa de Investigación de Carreteras Estratégicas, SHRP, en los Estados Unidos).

Metodología Marshall, La metodología Marshall fue desarrollada en decenio de 1940 por Bruce Marshall del Departamento de Transporte de Mississippi (EE. UU.). Este método se basó en un experimento de laboratorio que realiza la dosificación de una mezcla asfáltica con el fin de cumplir con especificaciones como estabilidad, fluencia y parámetros volumétricos. Sin embargo, se cree que la compactación realizada en laboratorio (por impacto) no simula adecuadamente la que ocurre en el pavimento. Otro hecho es que la resistencia al corte del CBUQ tampoco es adecuadamente simulada por la estabilidad Marshall (NASCIMENTO, 2011).

En el diseño del método Marshall, la compresión manual fue la única utilizada. Posteriormente, se desarrolló la compactación automática, ahorrando esfuerzo al operador y evitando también la doble influencia durante la aplicación de los golpes. Sin embargo, se ha encontrado que, en general, las muestras compactadas manualmente presentan densidades más altas que las muestras compactadas automáticamente. Para tener en cuenta la diferencia entre los resultados de la compactación manual y la automática, el método AASHTO requiere que, cuando se utilice la compactación automática, se calibre para que los resultados sean compatibles con los de la compactación manual (Kandhal & Koehler, 1985).

Miranda (2016) explica que, a través del método de diseño de mezclas de tipo denso en caliente, es posible establecer la cantidad óptima de asfalto necesaria para alcanzar la mayor estabilidad de la mezcla, cumpliendo con el requerimiento dado por la norma EG 2013, tales como densidad, porcentaje de vacíos de aire, vacíos en los agregados, vacíos llenos de asfalto, flujo, entre otros. Este proceso implica la combinación de diferentes tipos

de agregados hasta obtener una curva granulométrica ideal que tenga una tendencia uniforme y paralela posible a las bandas especificadas en la norma.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo optimizar las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con la adición de caucho reciclado en la ciudad de Trujillo, La libertad 2022?

1.3. Objetivos

El objetivo general fue,

Optimizar las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, La Libertad 2022.

Los objetivos específicos fueron,

OE1: Caracterizar los agregados provenientes de cantera Bauner del distrito El Milagro-Trujillo.

OE2: Determinar el porcentaje de asfalto óptimo para la muestra de control de mezcla asfáltica en caliente.

OE3: Calcular el porcentaje óptimo de caucho reciclado para la mezcla asfáltica en caliente.

OE4: Evaluar del tamaño óptimo de las partículas de caucho reciclado para la optimización de las propiedades mecánicas de la mezcla en caliente.

1.4. Hipótesis

La optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente será influenciada a medida que aumenta la adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022.

La optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente no será influenciada a medida que aumenta la adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Tipo y diseño de investigación: En la presente investigación el **tipo** de investigación es aplicada, debido a que se empleó la teoría de sus propiedades como la estabilidad, peso unitario, porcentaje de vacíos, flujo, vacíos en el agregado en función a la adición y tamaño de partícula del caucho reciclado. Y el **diseño** de investigación es experimental, debido a que se realizaron ensayos que determinaron las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente mediante la adición de caucho reciclado en 0.5%, 1 %, 1.5% con tamaños de caucho reciclado que pasa por la malla #40, #50, #60, de tal manera que se observe e identifique los cambios en la respuesta de los ensayos a los que serán sometidos, tal como plantea (Montgomery, 1991).

Población y muestra: En esta investigación la población fueron las mezclas asfálticas en calientes diseñadas a partir de agregados provenientes de Trujillo, La Libertad.

La muestra, se utilizó como muestra a las mezclas asfálticas en caliente que utilizan caucho reciclado en la ciudad de Trujillo.

Se ha utilizado los porcentajes de caucho por los investigadores según (Burgos & Rodríguez, 2020) para la elección de los porcentajes de agregado fino (61.2 %), agregado grueso (38.8 %) y para caucho reciclado pues hacen referencia a un rango entre (0.5, 1.0%, 1.5% caucho reciclado) con tamaños de caucho reciclado que pasa por la malla #40, #50, #60 .

El muestreo, Hernández et al. (2014) describen que el **muestreo no probabilístico** es aquel en el que se eligen las cantidades de la muestra de manera subjetiva, sin utilizar un

marco muestral o sin asegurar que las unidades tengan igualdad de oportunidades de selección (p. 226).

Tabla 1

Descripción de las características de las muestras en cuanto al porcentaje de adición y el control de granulometría

| Descripción y dosificación de muestra | Cantidad muestral |
|--|--------------------------|
| Sin adición de partículas de caucho | 15 |
| Con adición del 0,5% y controlada con la malla #60 | 3 |
| Con adición del 0,5% y controlada con la malla #50 | 3 |
| Con adición del 0.5% y controlada con la malla #40 | 3 |
| Con adición del 1% y controlada con la malla #60 | 3 |
| Con adición del 1% y controlada con la malla #50 | 3 |
| Con adición del 1% y controlada con la malla #40 | 3 |
| Con adición del 1.5% y controlada con la malla #60 | 3 |
| Con adición del 1.5% y controlada con la malla #50 | 3 |
| Con adición del 1.5% y controlada con la malla #40 | 3 |
| Total | 42 |

Nota. Esta tabla muestra cómo se distribuirán las muestras y el control que se tuvo al momento de su diseño y ensayo.

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos: Se realizó mediante las siguientes técnicas de manera que se pueda llevar a cabo la recolección de datos:

Observación directa, de acuerdo a lo expresado por (Hernández, 2014, p 252), la compilación de información, mediante una percepción directa de todos los datos a través de anotaciones vendría a ser la observación, y dado a que nuestra investigación nosotros tomaremos los datos que parten de la observación del análisis de la briqueta es que podemos afirmar que nuestra técnica de recolección de información será la observación directa.

Instrumentos,

Para llevar a cabo la investigación se utilizaron varios instrumentos, incluyendo una guía de observación para registrar las muestras en su estado natural, equipos de laboratorio calibrados y en buen estado, programas de computadora para procesar la información, información bibliográfica actualizada, manuales de ensayos y fichas de observación para registrar las medidas, formas, colores y cantidad de los datos obtenidos.

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de recolección de datos para la variable independiente

| VARIABLES | RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|
| | Fuente | Técnica | Herramienta | Instrumento |
| Caucho reciclado | Propiedades Físicas | Observación Directa | Herramientas de laboratorio | Guía de observación |

Nota. Esta tabla muestra las Técnicas e instrumentos de recolección de datos para el caucho reciclado.

Tabla 3
Técnicas e instrumentos de recolección de datos para la variable dependiente

| VARIABLES | RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|-------------------------------------|----------------------|-------------|----------------|-------------|
| | Fuente | Técnica | Herramienta | Instrumento |
| Mezcla asfáltica en caliente | Propiedades | Observación | Herramientas | Guía de |
| | Mecánicas | Directa | de laboratorio | observación |

Nota. Esta tabla muestra las Técnicas e instrumentos de recolección de datos para la mezcla asfáltica en caliente.

Tabla 4
Guías de recolección de datos.

| Guía de recolección de | | |
|------------------------|-----------|--|
| datos | Formato | Descripción |
| Agregado Grueso | Anexo 2.2 | Recolección de agregado grueso |
| | Anexo 2.2 | Análisis granulométrico del agregado grueso |
| | Anexo 2.2 | Peso específico y absorción de agregados gruesos |
| Agregado Fino | Anexo 2.2 | Recolección de agregado fino |
| | Anexo 2.2 | Análisis granulométrico del agregado fino |
| | Anexo 2.2 | Peso específico y absorción de agregados fino |

Nota. Esta tabla muestra los instrumentos utilizados para la recolección de datos en la investigación, que devienen de normas peruanas estandarizadas.

Confiabilidad, según Hernández et al. (2020), la confiabilidad se refiere a la consistencia o estabilidad de los hallazgos obtenidos mediante de la aplicación de un instrumento en diferentes momentos y situaciones. En otras palabras, se trata de la capacidad del instrumento para producir resultados similares en diferentes contextos. Por lo tanto, se utilizará la confiabilidad sustentada en el uso de instrumentos estandarizados en la normativa peruana, así como laboratorios dentro de la ciudad de Trujillo.

Validez, De acuerdo con Creswell (2021), la validez hace referencia a la capacidad de un instrumento de medición para medir de forma precisa el constructo o variable que se está midiendo. Para garantizar la validez de un instrumento de medición, se deben evaluar diferentes tipos de validez, como la validez de contenido, criterio de constructo. En la investigación presentada en este informe se siguieron protocolos de laboratorio que cumplen con las normas ASTM y MTC, en particular, el Diseño de Mezcla Asfáltica ASTM D-6927 / MTC-E504. Los procedimientos experimentales se basaron en los ensayos detallados en estas normas para asegurar la validez de los hallazgos obtenidos.

Aspecto ético, esta investigación se realizó con un estricto cumplimiento de los aspectos éticos y de confidencialidad establecidos en el código de ética del investigador científico de la Universidad Privada del Norte, así como el uso de la normativa peruana que guiaron la calidad de los resultados, con respecto a toda referencia utilizada dentro de la

presente investigación, se ha utilizado estrictamente el estándar normativo internacional APA séptima edición para prevenir el plagio citando adecuadamente, y como resultado de ello se ha obtenido un porcentaje aceptable de similitud de acuerdo al reporte que nos genera Turnitin.

Materiales, instrumentos y métodos, Las partículas de caucho reciclado fueron extraídas de la trituración de neumáticos recolectados en la ciudad de Trujillo.

Según Peláez et al. (2017), el caucho reciclado puede ser usado en la construcción de vías y edificaciones como parte de los pavimentos y concretos. Además de los beneficios económicos y ambientales, su uso en estos productos puede mejorar técnicamente las propiedades de estos, como la resistencia al impacto y la resistencia a la fatiga. Sin embargo, también puede haber algunas pérdidas en otras propiedades, como el módulo elástico y la resistencia a la compresión.

Agregado grueso, De acuerdo con las "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG - 13)" del Manual de Carreteras, el agregado es definido como la fracción de material que queda retenido en el tamiz número 4 con una apertura de 4.75 mm. Para su conformación, se recomienda principalmente la utilización de roca triturada, grava o una combinación de ambos, asegurándose de que sean fragmentos limpios, resistentes y duraderos, sin un exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Además, es importante que esté libre de impurezas como polvo, suciedad, terrones de arcilla u otras sustancias que puedan afectar negativamente la calidad de la mezcla.

Agregado fino, El documento del MTC, "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG - 13)" establece que el agregado fino corresponde a la fracción de material retenido en los tamices número 4 y número 200, con una apertura de 4,75 mm y 75 micrómetros, respectivamente. La arena abrasiva o una mezcla de ésta con arena natural son los materiales utilizados para la conformación del agregado fino, y la proporción permitida de cada uno de ellos será determinada en el diseño aprobado correspondiente. El agregado fino debe ser de alta calidad, con partículas limpias, duras, con superficie rugosa y bordes y esquinas afilados para asegurar una buena adherencia al asfalto. Además, se deben cumplir con los requisitos de calidad específicos indicados en cada especificación y no se permiten sustancias que obstaculicen la adhesión al asfalto.

Cemento asfáltico, De acuerdo con el Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG - 13)", el cemento asfáltico es un material aglutinante bituminoso sólido que se usa para producir mezclas asfálticas en caliente.

El tipo de cemento asfáltico a utilizar en la preparación de los riegos de liga y mezclas asfálticas en caliente será clasificado de acuerdo a su viscosidad absoluta y penetración. La elección del cemento asfáltico se realizará en función de las condiciones climáticas de la región, la carta de viscosidad correspondiente y la Figura 1. Esta información se encuentra en el Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-13)".

Figura 1
Selección de tipo de cemento asfáltico.

| Temperatura Media Anual | | | |
|----------------------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 24°C o más | 24°C - 15°C | 15°C - 5°C | Menos de 5°C |
| 40-50 ó 60-70 o modificado | 60-70 | 85-100 120-150 | Asfalto Modificado |

Nota. Esta tabla muestra el tipo de cemento asfáltico a utilizar dependiente de la temperatura. Tomado del Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG – 13)”.

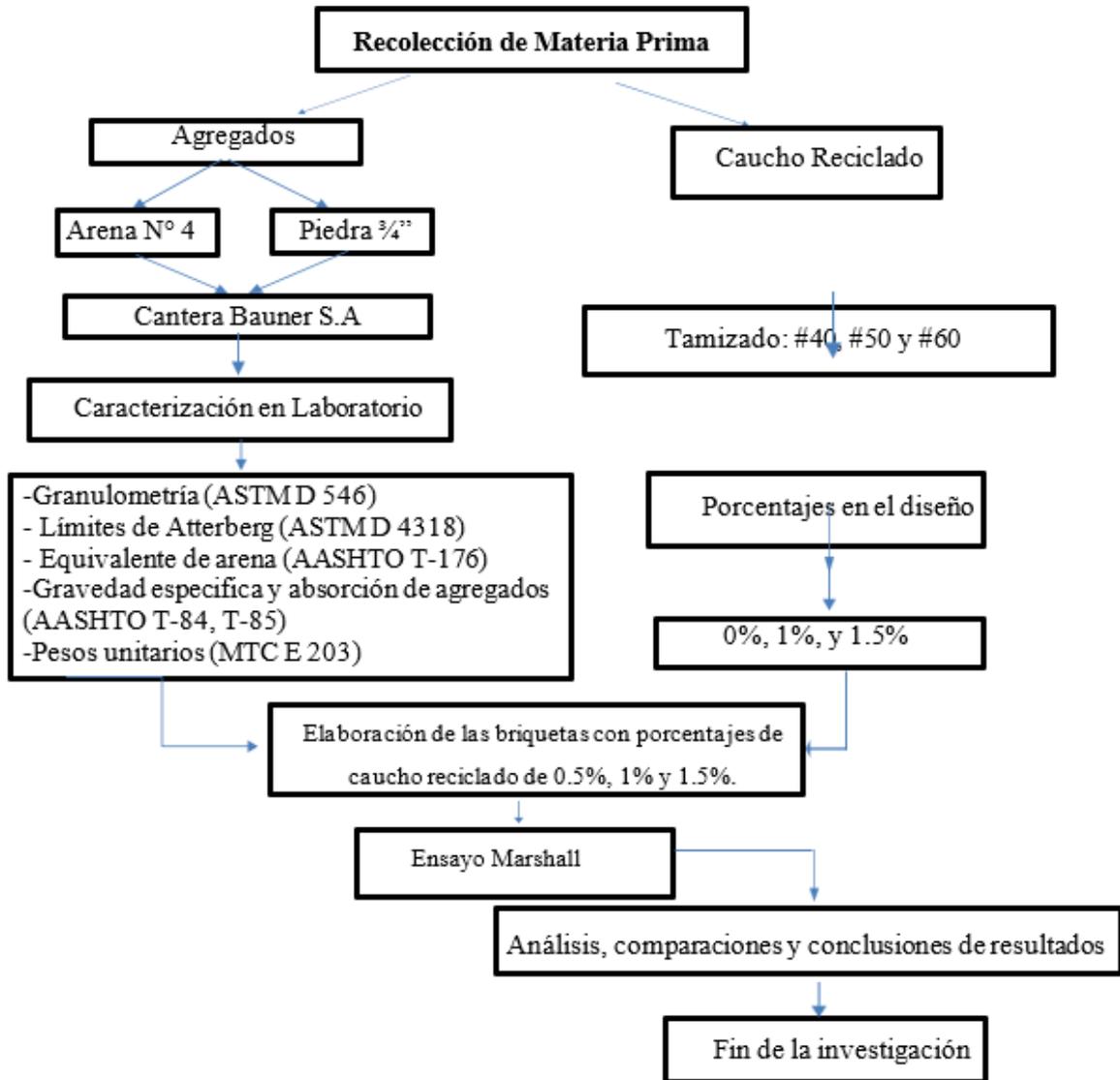
En la investigación que se presenta, se ha empleado un cemento asfáltico de 60/70, adecuado para las condiciones climáticas de la ciudad de Trujillo, donde la temperatura se encuentra en un rango de 15 °C y 24°C.

Procedimiento

Descripción de los procesos realizados durante la realización de la investigación.

Figura 2

Descripción de los procesos realizados durante la realización de la investigación.



Nota. La figura muestra todos los pasos a seguir para poder llevar a cabo de manera exitosa la presente investigación.

Primeramente, se hizo la recolección de la materia prima en la cantera Bauner del distrito El Milagro según como se describe en el Manual de ensayos de materiales del MTC, además de obtener llantas en desuso de bicicletas para usar el caucho que en ellas se encuentran.

Para la preparación y caracterización del caucho reciclado; se obtuvieron por corte y trituración de las llantas de vehículos, luego se realizó el tamizado a través de los tamices número #40, #50 y #60; separando cada uno de estos tamaños que pasan por dichos tamices por separado.

Posteriormente para la caracterización de los agregados se determinaron las propiedades del agregado grueso y fino realizándose diferentes ensayos físicos: **Granulometría** el cual se basa en la norma ASTM D-546 se utilizó la mezcla física de agregados la cual se puso en una columna de tamices de diferentes tamaños: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", 4, 10, 40, 80 y 200. luego de unos 10 minutos de movimiento dentro de los tamices se pesó el material retenido en cada malla, se ingresan los datos en la guía de observación logrando obtener la curva granulométrica dentro de las especificaciones de la MAC-2.

Otro ensayo de caracterización que se realizó fue los **límites de Atterberg**, mediante la norma ASTM D 4318 este ensayo se divide en dos partes la determinación del Límite Líquido y el Límite Plástico. Para encontrar el índice de plasticidad se resta $LL - LP$. se ingresan los datos en la guía de observación.

Luego se procedió a realizar el ensayo de Equivalente de arena según la norma: AASHTO T-176, el ensayo de Gravedad específica y absorción de agregados Según norma AASHTO

T-84, T-85 y el ensayo de Pesos unitarios según la norma: MTC E 203. se ingresan los datos en la guía de observación

Para encontrar el porcentaje de asfalto óptimo en la mezcla, se procede a la elaboración de las mezcla asfáltica con los diferentes porcentajes de asfalto para el moldeo de briquetas se pesa 1200 gramos de la mezcla de agregado (40% de piedra 1"y 60% arena) y se incorpora el asfalto en caliente, se procede al mezclado homogéneo y se coloca en los moldes para luego compactar 75 golpes por lado, se desmolda se coloca en baño maría a temperatura constante de 60 °C a un tiempo de media hora se retira y se procede a realizar el ensayo de resistencia en la prensa Marshall, se toma los datos y se procede a realizar el cálculo para su interpretación de los resultados mediante el manual del EG-20133.(ANEXO N°3) .

El mismo procedimiento anterior se realiza, con la diferencia de que esta vez se utilizara el caucho reciclado en diferentes proporciones: al 0.5%, 1.0% y 1.5%.

Análisis de datos

En la investigación se realizó el análisis estadístico de varianza ANAVA para la contratación de hipótesis

Análisis de varianza de un factor - Peso unitario

| RESUMEN | | | | |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
| Columna 1 | 3 | 3 | 1 | 0.25 |
| Columna 2 | 27 | 62.47 | 2.3137037 | 2.7524E-05 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos | 4.65970704 | 1 | 4.65970704 | 260.57065 | 1.0275E-15 | 4.19597182 |
| Dentro de los grupos | 0.50071563 | 28 | 0.0178827 | | | |
| Total | 5.16042267 | 29 | | | | |

CONCLUSION: Debido a que el $F_{exp}=260.57$ es mayor que el $F_{critico} = 4.19$, dicho valor se encuentra dentro de la zona de rechazo de la hipótesis nula, por lo que se concluye que la cantidad de caucho influye significativamente en el peso unitario de briquetas asfálticas.

Análisis de varianza de un factor – VMA
RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Columna 1 | 3 | 3 | 1 | 0.25 |
| Columna 2 | 27 | 370.64 | 13.72740741 | 0.05478917 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos | 437.364628 | 1 | 437.3646281 | 6363.2589 | 1.4367E-34 | 4.19597182 |
| Dentro de los grupos | 1.92451852 | 28 | 0.068732804 | | | |
| Total | 439.289147 | 29 | | | | |

CONCLUSION: Debido a que el $F_{exp}=6363.25$ es mayor que el $F_{critico} = 4.19$, dicho valor se encuentra dentro de la zona de rechazo de la hipótesis nula, por lo que se concluye que la cantidad de caucho influye significativamente en VMA de briquetas asfálticas

Análisis de varianza de un factor – Flujo

RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Columna 1 | 3 | 3 | 1 | 0.25 |
| Columna 2 | 27 | 85.22 | 3.1562963 | 0.26928575 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos | 12.553957 | 1 | 12.553957 | 46.8591741 | 1.9441E-07 | 4.19597182 |
| Dentro de los grupos | 7.50142963 | 28 | 0.2679082 | | | |
| Total | 20.0553867 | 29 | | | | |

CONCLUSION: Debido a que el $F_{exp}=46.85$ es mayor que el $F_{critico} = 4.19$, dicho valor se encuentra dentro de la zona de rechazo de la hipótesis nula, por lo que se concluye que la cantidad de caucho influye significativamente en flujo de briquetas asfálticas.

Análisis de varianza de un factor – Estabilidad

RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Columna 1 | 3 | 3 | 1 | 0.25 |
| Columna 2 | 27 | 31900 | 1181.48148 | 63539.4131 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos | 3762548.63 | 1 | 3762548.63 | 63.7710363 | 1.0708E-08 | 4.19597182 |
| Dentro de los grupos | 1652025.24 | 28 | 59000.9015 | | | |
| Total | 5414573.87 | 29 | | | | |

CONCLUSION: Debido a que el $F_{exp}=63.77$ es mayor que el $F_{critico} = 4.19$, dicho valor se encuentra dentro de la zona de rechazo de la hipótesis nula, por lo que se concluye que la cantidad de caucho influye significativamente en la estabilidad de briquetas asfálticas.

Análisis de varianza de un factor – Vacíos

RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Columna 1 | 3 | 3 | 1 | 0.25 |
| Columna 2 | 27 | 72.4 | 2.68148148 | 0.10925926 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos | 7.63392593 | 1 | 7.63392593 | 63.9827938 | 1.0363E-08 | 4.19597182 |
| Dentro de los grupos | 3.34074074 | 28 | 0.11931217 | | | |
| Total | 10.9746667 | 29 | | | | |

CONCLUSION: Debido a que el $F_{exp}=63.98$ es mayor que el $F_{critico} = 4.19$, dicho valor se encuentra dentro de la zona de rechazo de la hipótesis nula, por lo que se concluye que la cantidad de caucho influye significativamente en la relación de vacíos de briquetas asfálticas.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

La presente investigación tuvo como **objetivo general** “*Optimizar las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, La Libertad 2022*”, revisando a investigaciones previas sobre el impacto del caucho reciclado sobre las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente, así como el control de la granulometría del caucho que se adiciona, estas se corroboran pues se logra optimizar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente cuando adicionalmente de controlar el porcentaje de adición de caucho se controla la granulometría de este, las que se muestran esta información en la tabla 5.

Variación de Propiedades según la adición de caucho optimo

Tabla 5

Variación de Propiedades según la adición de caucho optimo.

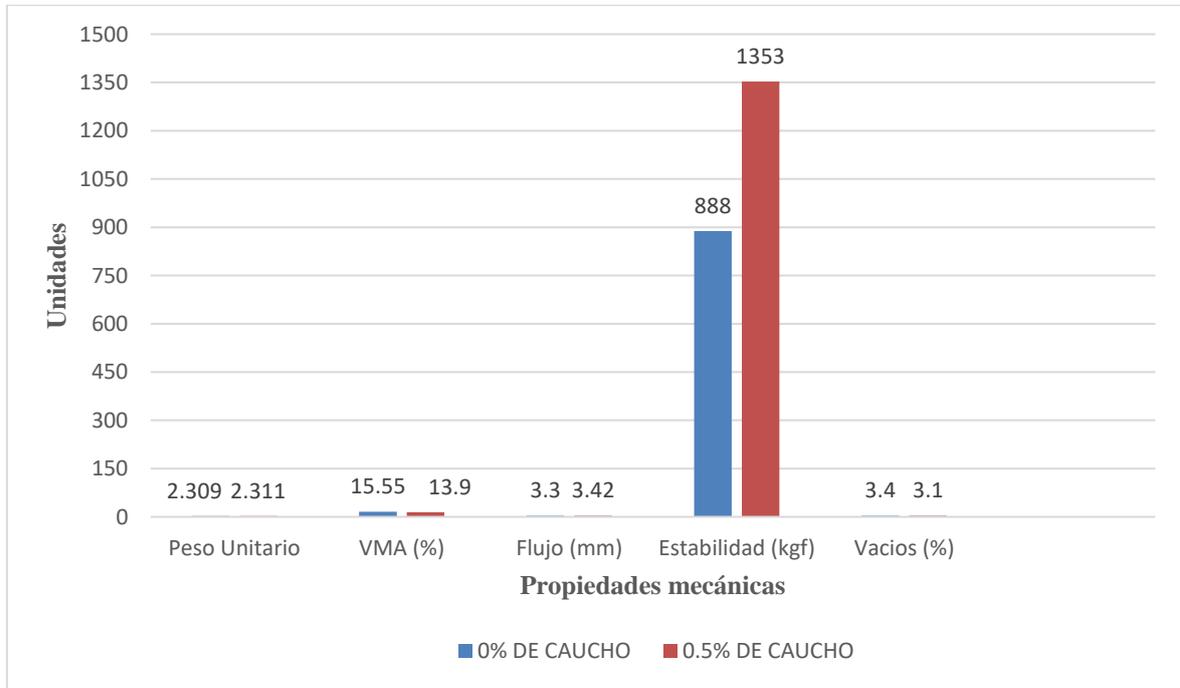
| %Adición Caucho | Peso Unitario(gr/cm3) | VMA (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (kgf) | Vacíos (%) |
|----------------------------|----------------------------------|----------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|
| 0% | 2.309 | 15.55 | 3.3 | 888 | 3.4 |
| 0.5% | 2.311 | 13.9 | 3.42 | 1353 | 3.1 |
| Variación | 0.09% | 10.61% | 3.64% | 52.36% | 8.82% |

Nota. La tabla muestra la variación en las propiedades mecánicas en los porcentajes con adición de caucho óptimo.

Interpretación: La tabla muestra la comparativa entre la muestra patrón de 0 % de caucho al % óptimo de Cemento asfáltico con la muestra condicionada de adición a un 0.5 % de caucho que es retenido por un tamiz # 60, obteniendo variaciones de 0.09% en el Peso Unitario, 10.61 % de VMA, 3.64 % de Flujo, 52.36 % de Estabilidad y 8.82% en el % de Vacíos de la muestra estudiada.

Figura 3

Influencia del porcentaje de caucho en el Peso unitario, VMA, Flujo, Estabilidad y Vacíos.



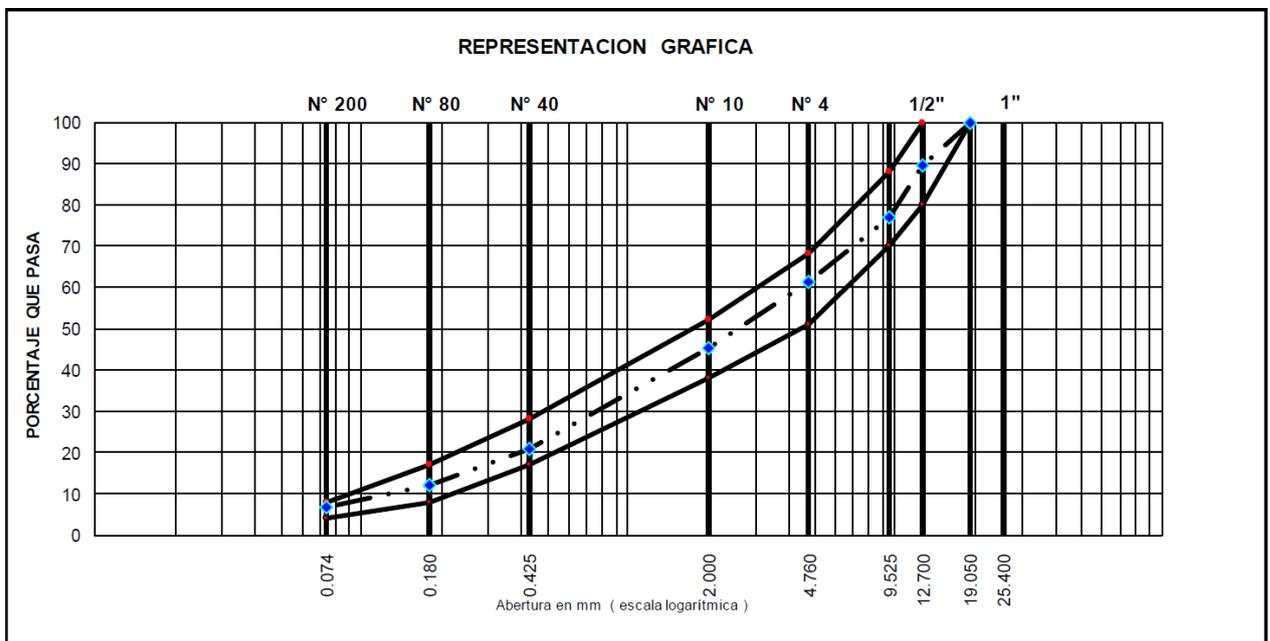
Nota. Se listan la comparativa de las propiedades mecánicas estudiadas en los porcentajes 0.0 % y 0.5 %, en donde se muestra un comparativo total de todos los parámetros, en el eje vertical podemos ver que solo se hace referencias a unidades que se leen de acuerdo a cada propiedad que tiene su unidad de medición, tanto en porcentaje, milímetros, kgf, etc.

Interpretación: Es importante mencionar que la figura 3, donde se compara los valores óptimos de los porcentajes de 0.0% y 0.5% de adición de caucho, en donde podemos observar una mejora en todas las propiedades mecánicas estudiadas de acuerdo a los valores permitidos por el EG-2013. (ANEXO N°3).

De tal manera, al evidenciar los objetivos específicos planteados y se evidencia el primer objetivo específico que fue: *“Caracterizar los agregados provenientes de la cantera Bauner del distrito el Milagro -Trujillo”*.

Figura 4

Granulometría de la mezcla de agregados a utilizar para el diseño de mezcla asfáltica en caliente.



Nota. En la figura se muestra la distribución de la mezcla de agregados que tiene el diseño de mezcla asfáltica.

Interpretación: Se presentan en la figura 4 la curva granulométrica de la mezcla de agregados, con un % de 61.2% que pasa el tamiz N°4 y de 6.6% que pasa el tamiz N°200.

Tabla 6
Propiedades del agregado grueso.

| Gravedad específica | % absorción (%) | Peso unitario suelto (gr/cm³) |
|----------------------------|------------------------|---|
| 2.602 | 2.260 | 1.402 |

Nota. Se listan las propiedades mecánicas extraídas de los ensayos de laboratorio que se anexan a la presente tesis.

Interpretación: En la tabla 6 se presentan los resultados de los distintos ensayos que se realizaron para el agregado grueso, obteniendo 2.602 de Gravedad Específica, 2.26% de % de Absorción y 1.402 gr/cm³ de Peso Unitario suelto.

Tabla 7
Propiedades del agregado fino.

| Gravedad específica | % absorción (%) | Equivalente de arena (%) |
|----------------------------|------------------------|---------------------------------|
| 2.591 | 2.468 | 61 |

Nota. Se listan las propiedades mecánicas extraídas de los ensayos de laboratorio que se anexan a la presente tesis.

Tabla 8
Límites de Atterberg.

| LIMITES DE ATTERBERG | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------------------|-----------|-----------|
| TAMIZ<N-40 | | | TAMIZ<N-200 | | |
| LL | LP | IP | LL | LP | IP |
| 15.44 | - | - | 24.09 | 22.74 | 1.35 |

Nota. Se listan los límites de atterberg para el agregado fino.

Interpretación: Se muestra en la tabla 8 los resultados de los distintos ensayos que se realizaron para el agregado fino, obteniendo 2.591 de Gravedad Especifica, 2.468% de % de Absorción, 55% de Equivalente de Arena, de la misma manera se muestra en la tabla 7 el Limite Liquido de 15.44 para el agregado fino que es retenido por el Tamiz #40 y para el agregado fino que es retenido por el Tamiz #200 se tienen Limite Liquido de 24.09, Limite Plástico de 22.74 y un Índice de Plasticidad de 1.35.

De tal manera, al evidenciar los objetivos específicos planteados y se evidencia **el segundo objetivo específico** que fue: ***“Determinar el porcentaje de asfalto óptimo para la muestra de control de mezcla asfáltica en caliente”***.

Tabla 9
Determinación del % óptimo de cemento asfáltico

| % C.A | ESTABILIDAD (Kgf) | PESO UNITARIO (gr/cm³) | PORCENTAJE DE VACIOS (%) | FLUJO (mm) | VMA (%) |
|--------------|------------------------------|--|---|-----------------------|--------------------|
| 4.5% | 847 | 2.291 | 3.9 | 1.2 | 15.4 |
| 5.0% | 878 | 2.303 | 3.6 | 2.3 | 15.4 |
| 5.5% | 891 | 2.309 | 3.3 | 3.3 | 15.6 |
| 6.0% | 884 | 2.307 | 2.9 | 4.7 | 16.2 |
| 6.5% | 754 | 2.289 | 2 | 5.7 | 17.2 |

Nota. Se muestran los valores obtenidos a partir del Ensayo de Marshall.

Interpretación: Para la muestra en estudio de la cantera Bauner - El Milagro - Trujillo convencional obtuvimos valores por el método Marshall para porcentajes de Cemento Asfáltico de 5.5% tal como se indica en la tabla 8 una Estabilidad de 891 kgf, Peso Unitario de 2.309 Kgf/m³, 3.3% de % de Vacíos, 3.3 mm de Flujo y 15.6% de VMA. Obteniendo como óptimo contenido de asfalto el valor de 5.4 %, 888 kgf de estabilidad, 2.309 kg/cm de peso unitario, 3.4 % de porcentaje de vacíos, 3.3 mm de flujo y 15.55 % VMA, de acuerdo al manual EG-2013(ANEXO 2.1).

De tal manera, al evidenciar los objetivos específicos planteados y se evidencia el tercer objetivo específico que fue: *“Calcular el porcentaje óptimo de caucho reciclado para la mezcla asfáltica en caliente”*.

Tabla 10
Propiedades mecánicas correspondiente a cada porcentaje controlado por granulometría.

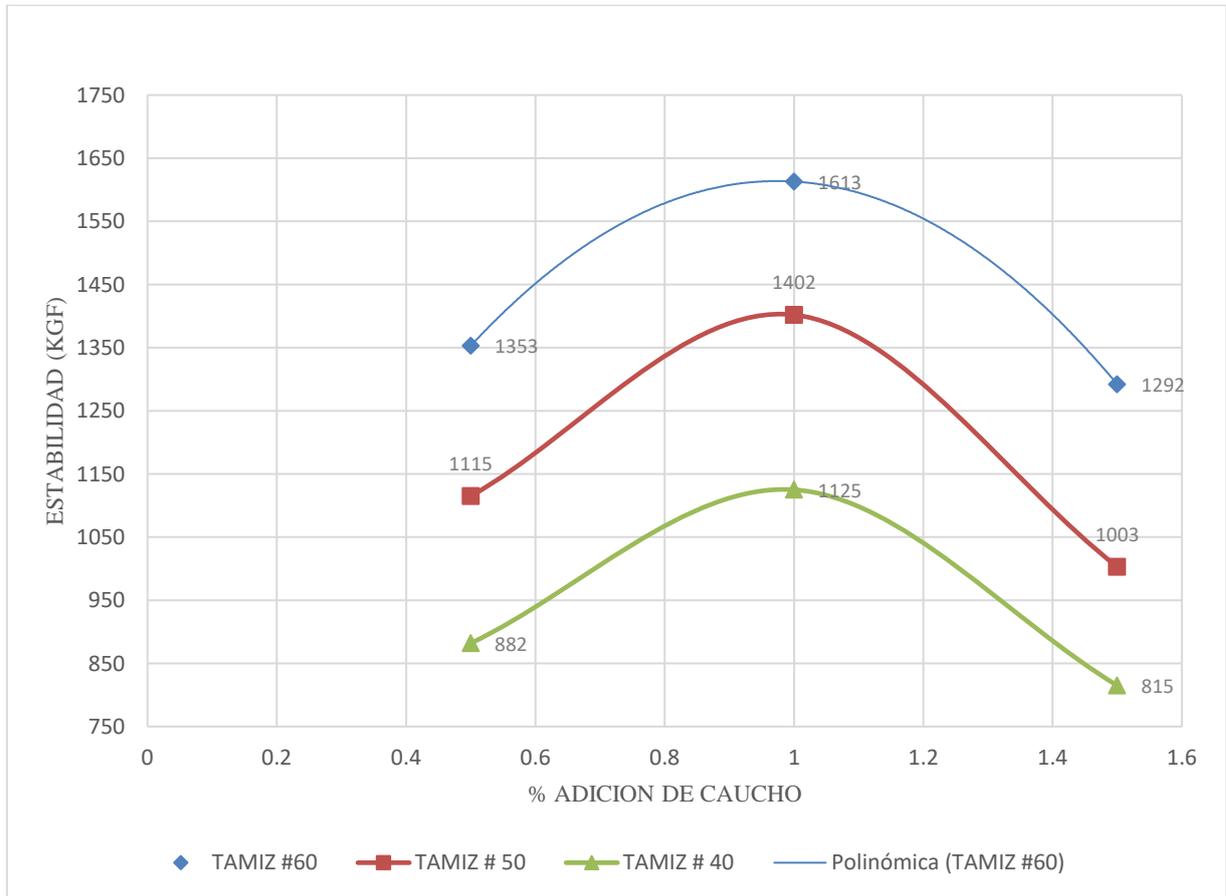
| % CAUCHO | TAMIZ (TM) | PESO UNITARIO (gr/cm ³) | VMA (%) | FLUJO (mm) | ESTABILIDAD (Kgf) | VACIOS (%) | ESTABILIDAD /FLUJO (kg/cm) |
|----------|---------------|---|------------|---------------|----------------------|---------------|----------------------------------|
| 0.5% | #60 | 2.311 | 13.9 | 3.42 | 1353 | 3.1 | 3956 |
| | #50 | 2.311 | 13.8 | 2.73 | 1115 | 2.9 | 4089 |
| | #40 | 2.312 | 13.9 | 2.24 | 882 | 2.9 | 3932 |
| 1.0% | #60 | 2.314 | 13.7 | 3.71 | 1613 | 2.7 | 4344 |
| | #50 | 2.314 | 13.7 | 3.05 | 1402 | 2.6 | 4592 |
| | #40 | 2.315 | 13.6 | 2.78 | 1125 | 2.6 | 4042 |
| 1.5% | #60 | 2.315 | 13.9 | 4.03 | 1292 | 2.5 | 3204 |
| | #50 | 2.315 | 13.4 | 3.28 | 1003 | 2.4 | 3058 |
| | #40 | 2.316 | 13.4 | 3.15 | 815 | 2.4 | 2585 |

Nota. Se muestran todos los valores obtenidos luego de los ensayos de Marshall.

Interpretación: Para la muestra en estudio de la cantera Bauner - El Milagro - Trujillo con adición de 5.4% Cemento Asfáltico según lo obtenido como % óptimo de cemento asfáltico. Obtuvimos que el porcentaje óptimo de Caucho reciclado de acuerdo a las especificaciones del manual EG-2013(ANEXO 3) es de 0.5 % y retención en el Tamiz N°60 tal como se indica en la Tabla 10 un Peso Unitario de 2.311 gr/cm³, 13.9% de VMA, 3.42 mm de Flujo, 1353 kgf de Estabilidad y 3.1% de % de Vacíos.

Por último, evidenciamos el **cuarto objetivo específico** que fue: *“Evaluar del tamaño óptimo de las partículas de caucho reciclado para la mejora de las propiedades mecánicas de la mezcla en caliente”*.

Figura 5
Curva de estabilidad vs Porcentaje de adición de Caucho.

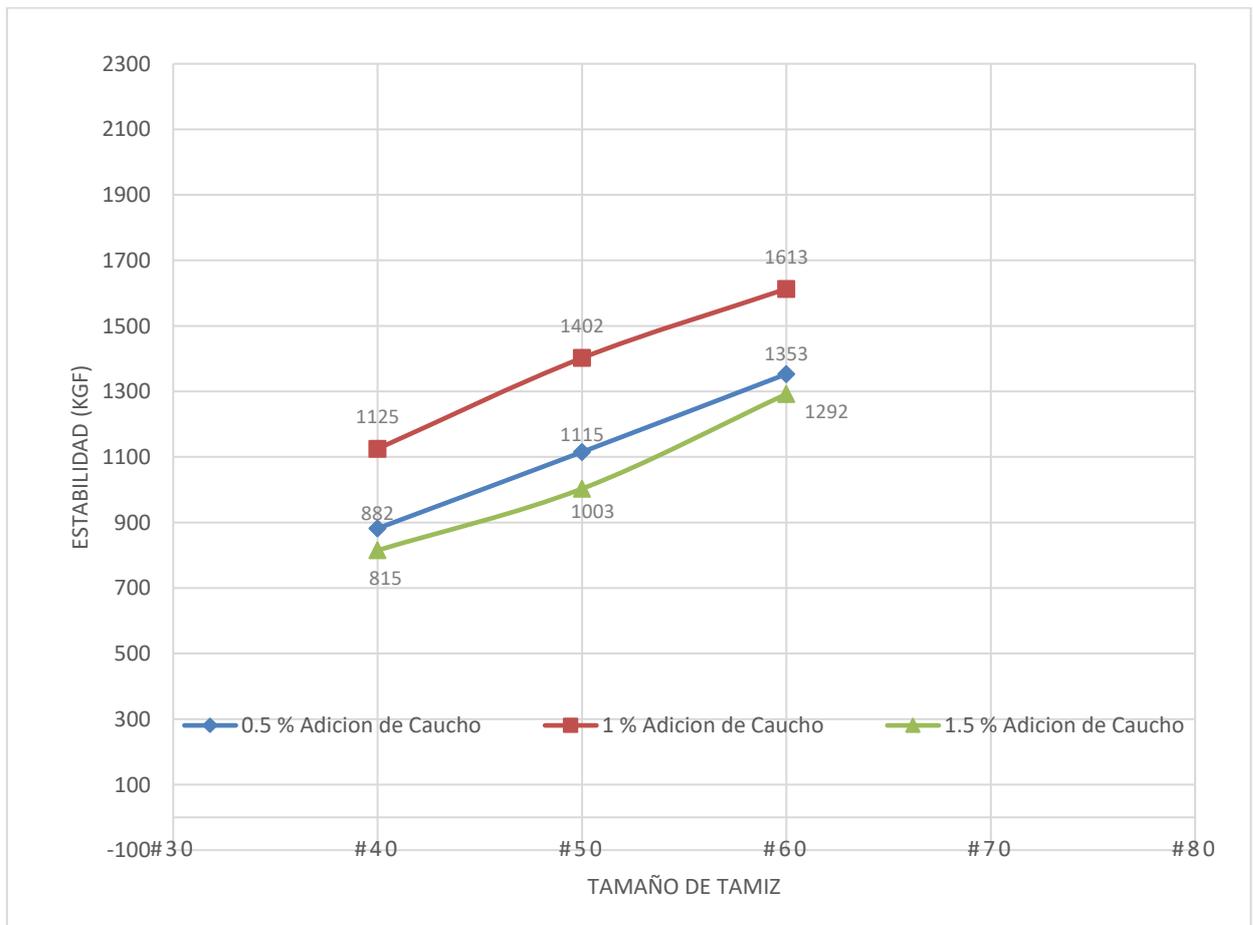


Nota. Se muestra la tendencia que tiene al adicionar el caucho reciclado, con respecto a la estabilidad.

Interpretación: En la Figura 5 se presentan los valores de estabilidad que presenta cada muestra con adición de caucho que es retenido por los 3 tamices, comparando estos valores y haber obtenido los mayores resultados de estabilidad en el tamaño máximo de caucho del tamiz # 60 a comparación de los tamaños de caucho del Tamiz #50 Y #40, Por consiguiente, el mayor valor fue de 1613 kgf para 1.0% de adición de caucho. También

apreciamos que los valores máximos obtenidos para la propiedad de estabilidad se presentan con la adición de 1% de caucho reciclado.

Figura 6
Estabilidad vs Tamaño de tamiz.

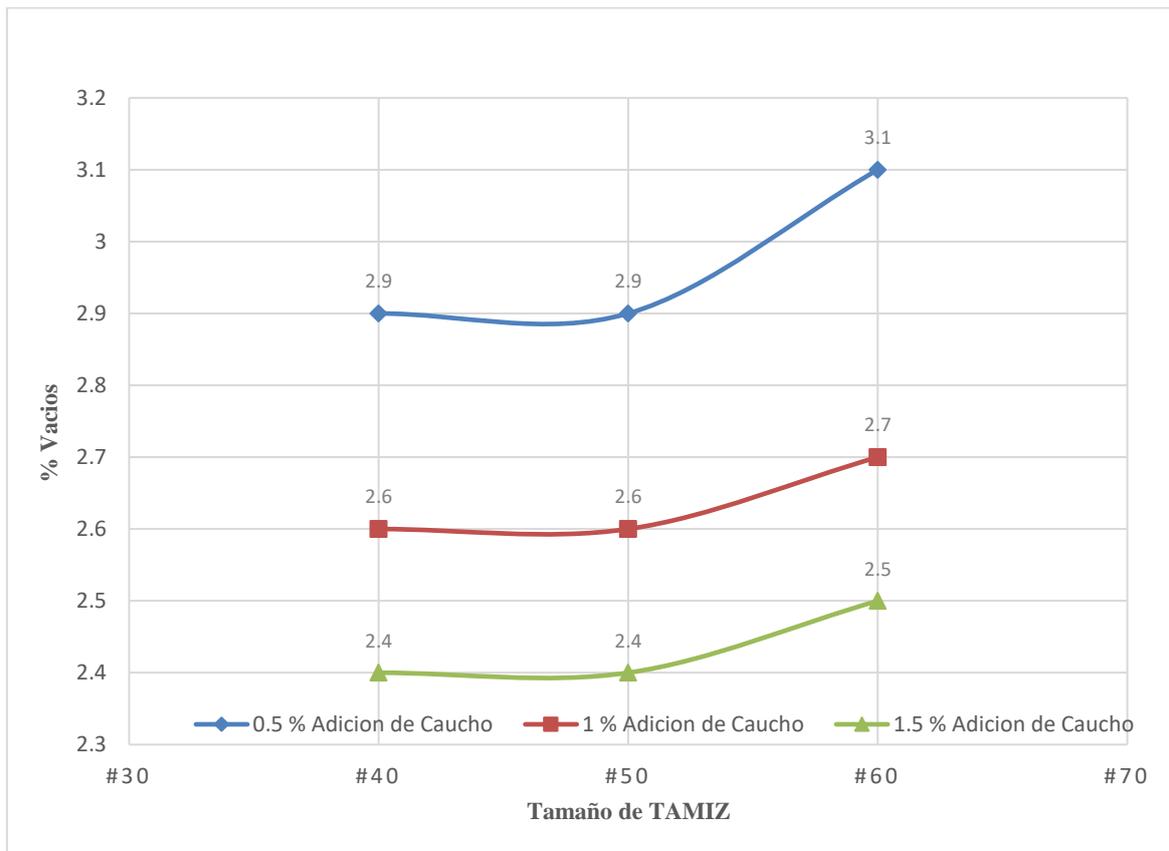


Nota. Se muestra el comportamiento de la mezcla asfáltica, con respecto a los tamices, #40, #50 y #60.

Interpretación: En la figura 6, se evidencian la estabilidad que tienen cada muestra con adición de caucho que es retenido por los tamices #40, #50 y #60, siendo los valores máximos las muestras que retiene el tamiz #60 con valores de 1613 kgf para una adición de

1.0% de caucho, 1353kgf para una adición de 0.5% de caucho y de 1292 kgf para una adición de 1.5% de caucho.

Figura 7
Porcentaje de Vacíos vs Tamaño de tamiz.



Nota. Se muestra el comportamiento en cuanto al porcentaje de vacíos con respecto al tamiz.

Interpretación: La figura 7 muestra la variación de porcentaje de vacíos según cambia el porcentaje de adición de caucho y la relación que tiene el tamaño máximo de las partículas de caucho que pasan por los tamices #40, #50 y #60, obteniendo los valores máximos de % de vacío para las muestras que es retenido por el tamiz #60, siendo estas 2.5%

para un 1.5% de adición de caucho, 2.7% para 1% de adición de caucho y 3.1% para 0.5% de adición de caucho.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión.

En este capítulo se presenta la discusión en relación con los antecedentes planteados previamente en la presente investigación, y se identificó como una limitación la obtención del caucho reciclado, puesto que no se encuentran muchos lugares donde poder adquirir el caucho ya triturado, por lo que se tuvo que recolectar neumáticos de vehículos y triturarlos, en tanto, se evaluó y explica los resultados para encontrar similitudes o contradicciones comparados con las investigaciones previamente citadas.

Limitaciones

- Para el desarrollo de la presente investigación, una de las limitaciones que se encontró fue que inicialmente los antecedentes dentro de nuestro país con respecto a mejora de propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con control de tamaño máximo del caucho son muy pocas, teniendo consistencia de datos en el extranjero, por lo cual se tuvo que hacer el esfuerzo de replicar investigadores anteriores internacionales para encontrar un rumbo adecuado para generar conocimiento.
- Otra de las limitaciones es que, la ciudad de Trujillo, al no contar con una planta de tratamiento de residuos sólidos, la ubicación de los materiales no es masiva, ya que esto nos permitirá uniformizar nuestra investigación con respecto al suministro de materiales para su evaluación de costo beneficio,

pero para los objetivos planteados, nuestra investigación busco la forma de recabar representativamente el material de estudio y superar esta limitación.

Interpretación comparativa.

4.1.1. Con respecto al OE1: Caracterizar los agregados provenientes de la cantera Bauner del distrito El Milagro - Trujillo.

De la investigación la granulometría presente en la mezcla de los agregados de la muestra obtenida de la cantera Bauner - El Milagro -Trujillo se encuentra entre los valores permisibles por la normativa peruana de Pavimentos Urbanos CE.0.10, siendo los valores más cercanos al límite inferior el porcentaje que pasa por los tamices N°80 Y N°40 con 12.2% y 20.7% respectivamente, con esto se evidencia el correcto uso de la mezcla de agregados para uso en pavimentos urbanos.

4.1.2. Con respecto al OE2: Determinar el porcentaje de asfalto óptimo para la muestra de control de mezcla asfáltica en caliente.

Para **Olarte y Soler (2018)** fue examinar cómo la inclusión de caucho reciclado afecta el ahuellamiento en una mezcla asfáltica de tipo MD-12. Para ello, emplearon la metodología Marshall y crearon una mezcla asfáltica convencional de tipo MD-12, junto con tres mezclas adicionales que contenían distintas cantidades de GCR (0.5%, 1.5% y 2.5%). Los diseños iniciales y la comprobación de cada mezcla se realizaron conforme a las especificaciones generales de construcción del Instituto de Desarrollo Urbano IDU 2011, y se evaluaron distintos parámetros volumétricos, de estabilidad, flujo, adherencia e índice de película

asfáltica. Los hallazgos indicaron que el porcentaje de asfalto óptimo para la mezcla asfáltica MD-12 convencional fue del 5.2%.

De la presente investigación, se encontró que el método Marshall indico un % óptimo para el pavimento de 5.4%, **variando** así en un 3.8% con lo obtenido según **la investigación** por lo que existe una similitud y valida el estudio realizado, además que los valores obtenidos cumplen con los límites de los valores establecidos en la EG-2013 (ANEXO N°3), estos datos se deben inicialmente en que las características de los agregados usados presentan características diferentes, pero en ese sentido se ha cumplido con lo considerado en la norma EG-2013.

4.1.3. Con respecto al OE3: Calcular el porcentaje óptimo de caucho reciclado para la mezcla asfáltica en caliente.

Para **Olarte y Soler (2018)** quienes ensayaron con porcentajes de 0.5, 1.5 y 2.5%, y también encontraron que el porcentaje de adición óptimo de caucho es de 0.5 %.

En esta investigación se tuvo como hallazgo que el porcentaje de adición de caucho optimo fue de 0.5 % debido a que los valores obtenidos en sus propiedades mecánicas de 2.311 gr/cm³ en el Peso Unitario, 13.9 % de VMA, 3.42 mm de Flujo, 1353 kgf de Estabilidad y 3.1 en el % de Vacíos de la muestra estudiada cumplen con las exigencias de la normativa EG-2013. Si bien en los otros porcentajes de Caucho reciclado los valores máximos de estabilidad aumenta del 1% a 1613 Kgf y al 1.5% a 1292kgf , estos no cumplen con los límites del Manual de carreteras EG-2013.

4.1.4. Con respecto al OE4: Evaluar del tamaño óptimo de las partículas de caucho reciclado para la optimización de las propiedades mecánicas de la mezcla en caliente.

Lo expuesto por **Candra y Siswanto, (2018)** donde comparan el caucho que es retenido por el tamiz #100 y #50 indicando una optimización del pavimento según el tamaño del grano va disminuyendo, según la Figura 6, por otro lado, también apreciamos que los valores máximos obtenidos para la propiedad de estabilidad se presentan con la adición de 1% de caucho reciclado.

En nuestra investigación, se encontró que los resultados determinaron que los máximos valores de estabilidad para un porcentaje de 1.0 % de adición de caucho y 5.4% de cemento asfáltico se pudieron conseguir cuando el caucho es retenido por el tamiz #60, lo cual se debió al menor tamaño de las partículas comparada con el caucho retenido por tamices como #50 y #40, indicaron cambios en las propiedades obtenidas con el método de Marshall, como el Peso unitario, VMA, Flujo, Estabilidad, % de Vacíos, tales cambios fueron analizados con detenimiento para el caucho retenido por el tamiz #60 el cual aporta los mejores resultados, Por lo que existe una similitud.

Implicancias

La implicancia práctica de la presente investigación es que la adición de caucho reciclado en mezclas asfálticas en caliente puede mejorar su estabilidad y flujo, lo que podría llevar a una mejor calidad de las carreteras y una mayor durabilidad en el tiempo. Además, al determinar que el uso de un 0.5 % de caucho y un tamaño máximo de partícula que pasa

por la malla número 60 mejora la estabilidad y el flujo según el ensayo de Marshal utilizado, se podría recomendar estas proporciones y tamaños de partículas específicas a los encargados de la construcción y mantenimiento de carreteras, para que puedan mejorar la calidad de las mezclas asfálticas utilizadas.

La implicancia teórica de la presente investigación es que contribuyó al conocimiento en el campo de la ingeniería de materiales y construcción de carreteras, específicamente en cuanto a la adición de caucho reciclado en mezclas asfálticas en caliente. La presente investigación es útil para futuros estudios en el mismo campo, proporcionando información importante sobre las proporciones y tamaños de partículas adecuados para mejorar la calidad de las mezclas asfálticas.

La implicancia metodológica de la investigación podría ser que proporciona un enfoque metodológico para determinar las mejores proporciones y tamaños de partículas para la adición de caucho reciclado en mezclas asfálticas en caliente. La metodología es útil para futuros estudios que aborden problemas similares y podrían ser utilizados para mejorar la calidad de la investigación en el campo de la construcción de carreteras y la ingeniería de materiales.

4.2. Conclusiones

La investigación desarrollada llegó a la conclusión general que la adición de caucho reciclado modifica a la mezcla asfáltica mejorando la estabilidad y trabajabilidad además incrementa la durabilidad a la deformación por las cargas del tránsito pesado, y a las vez previene el prematuro envejecimiento, aminora la producción de fisuración y piel de

cocodrilo en comparación con la mezcla convencional y así garantizar la transitabilidad de la vía en funcionamiento y los estándares de calidad por consiguiente, optimiza las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas, los resultados del diseño nos indica que el porcentaje optimo es el 0.5 % de caucho reciclado y con un control granulométrico del caucho con el material que pasa la malla #60.

4.2.1. La cantera Bauner - El Milagro -Trujillo presenta agregados que según su granulometría cumplen con lo indicado en la CE 0.10 para pavimentos urbanos, al presentar su curva granulométrica por debajo de los valores máximos y por encima de los valores mínimos.

4.2.2. Concluimos que el porcentaje óptimo de cemento asfáltico o asfalto es de 5.4% para la muestra control, propio de la cantera inalterada, sin embargo, estos valores pueden ser mejorados incluso si se adiciona caucho reciclado a la mezcla asfáltica.

4.2.3. Debido a la presente investigación se concluyó que el porcentaje óptimo de caucho reciclado como reemplazo de agregado fino es de 0.5 %. Para dichas adiciones se concluyó que las propiedades mecánicas como el flujo y el Peso específico varia de manera ascendente conforme aumenta el porcentaje de caucho reciclado, siendo esta para el uso de un tamiz #60 y valor de 0.5% de caucho añadido de 3.42 mm de flujo hasta un valor de 4.03 mm de flujo para el 1.5 % de caucho, de manera similar el peso unitario aumenta en menor medida llegando de 2.311 gr/cm³ a 2.316 gr/cm³. Sin embargo, los valores de VMA, % de Vacíos varían de manera descendente conforme aumenta el % de caucho, siendo estas variaciones de VMA desde 13.9% para el uso de un tamiz #60 y valor de 0.5% de caucho

hasta un 13.4% para el uso de 1.5% de caucho; también se reflejó las variaciones para las mismas condiciones en el % de vacíos de 3.1% de vacíos para 0.5% de caucho hasta 2.5% de vacíos para 1.5% de caucho. Por otro lado, se concluyó gracias al análisis de los resultados que la propiedad de estabilidad presenta un incremento ascendente hasta llegar al 1% de caucho añadido para posteriormente ir disminuyendo sus valores.

4.2.4. Se determinó que el tamaño óptimo del caucho reciclado es todo el material pasante del tamiz #60, esto debido a que mientras menor fue el tamaño del caucho reciclado mayor fue la estabilidad y Flujo, mejorando así de manera más resaltante la estabilidad al variar de 882 kgf para el 0.5% de caucho y una retención por el tamiz #40 a un valor de 1353 kgf para la misma adición de caucho, pero retención del tamiz #60.

4.3. Recomendaciones

4.3.1. Usar tamaños de partícula de caucho más pequeños, como de tamiz #80, #100.

4.3.2. Realizar pruebas de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente usando otros materiales reciclados que contengan caucho.

4.3.3. Realizar otras pruebas al asfalto en caliente como la durabilidad y envejecimiento del asfalto.

Referencias

- Albuquerque, AP Influencia de la energía y la temperatura de compactación en los parámetros volumétricos y propiedades mecánicas del hormigón asfáltico. Rio de Janeiro: Disertación de Maestría presentada en el Curso de Maestría en Ingeniería de Transportes del Instituto Militar de Ingeniería, 2005.
- Álvarez, L & Carrera, E. (2017), Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica.
- Behar Rivero, Daniel. 2008. Metodología de la investigación. [ed.] A. Rubeira. Quito: Shalom, 2008. 978-959-212-783-7
- Bonfim, V. (199). Estudio de la granulometría resultante de la molienda de recubrimientos asfálticos con vistas a su reciclado en frío in situ. São Paulo: Disertación de Maestría presentada en la Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo, 1999.
- Burgos, E. & Rodriguez, J. (2022). Influencia del caucho reciclado en las propiedades físicas – mecánicas en una mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2021 (Tesis de pregrado en Ingeniería Civil). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Camacho Ruiz, J. P., & Castañeda Payano, E. R. (2021). Aplicación de caucho reciclado para la mejora de las propiedades de la carpeta asfáltica de la carretera Playa Lobos, Eten, Chiclayo 2021.
- Candra, P., & Siswanto, H. (2018). Marshall Characteristics of Asphalt Concrete Wearing Course Using. Materials Science Forum.

Capcha, Karla (20

28). Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018.

Carvalho, Ls (2012), Simulación numérica de suelos blandos mediante ensayo T-BAR utilizando el método de elementos discretos para aplicación en infraestructura de transporte. Rio de Janeiro: Disertación de Maestría presentada al Instituto Militar de Ingeniería, 250p

Correa Lesmes, C. A. (2018). Implementación de la mezcla asfáltica modificada con granulo de caucho en el barrio San Carlos de la Localidad de Tunjuelito.

Castillo, A & Martínez, A (2022), Caucho reciclado y su efecto en las propiedades mecánicas, físicas y volumétricas de la mezcla asfáltica en caliente

De la Cruz, J. (2021). Adición de PVC y caucho para mejorar la capacidad portante de suelo en la Prolongación Av. Revolución mediante la optimización de mezcla asfáltica. Revista de Ingeniería Civil, 27(1), 25-34. <https://doi.org/10.5377/ric.v27i1.10556>

Flores Quincho, S. A. (2021). Optimización de las propiedades mecánicas y el espumado de mezclas asfálticas semicalientes aplicando distintos tipos de filler, Huancayo 2021.

Flores, J. (2021). Optimización de las propiedades mecánicas y del espumado de mezclas asfálticas semicalientes con distintos tipos de filler. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, 21(2), 13-22.

Goicochea Fernández, F. (2019). Estudio de un asfalto con adición de caucho de neumático reciclado como polímero base, Chachapoyas–Amazonas–2017.

- Gómez, O. A. L., & Giraldo, R. A. M. (2019). Asfaltos modificados con cauchos en vías primarias en las ciudades Santa Marta, Barranquilla y Bogotá como alternativa de mejoramiento de la capa de rodadura de los pavimentos flexibles entre los años 2012-2019.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6th ed.). México: McGraw Hill.
- Instituto del asfalto. El manual de asfalto. Lexington: Manual serie v. 4, 1989.
- Instituto del asfalto. Métodos de diseño de mezclas: para hormigón asfáltico y otros tipos de mezclas en caliente. Lexington: Manual serie v. 2, 1997.
- Kandhal, pd; Koehler, WS Método de diseño de mezcla Marshall: prácticas actuales. San Antonio: Proceedings Association of Asphalt Paving Technologist Technical Sessions, v. 54, 1985.
- Kandhal, PS Reciclaje de pavimentos de asfalto: una descripción general. EE. UU.: Actas de la Asociación de Tecnólogos de Pavimentación de Asfalto (AAPT), v. 66., 1997.
- Lemus-Ballesteros, E. A., Mosquera-Benavidez, J. L., & Virviescas-Barbosa, X. A. (2018). Estudio de mezclas asfálticas densas con adición de materiales alternativos.
- Lozada, Carlos (2014), Cienciamérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, ISSN-e 1390-9592, Vol. 3, N°. 1, 2014, págs. 47-50
- Manual de Carreteras. (2015). Especificaciones técnicas generales para construcción (EG-13). Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú.

- Miranda Donato, N. (2016). Verificación del diseño marshall para mdc-19 (rodadura) para un tránsito de categoría nt2, a partir de agregados petreos obtenidos de la trituración de material crudo del rio coello ubicado en el municipio de coello tolima, cumpliendo norma invias 2013. Universidad Militar Nueva Granada.
- Miranda, J. (2016). Determinación del contenido óptimo de asfalto mediante el método Marshall. *Ingeniería, Ciencia y Tecnología*, 13(26), 55-64.
- Nascimento, MV Estudio del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas recicladas. Campina Grande: Disertación de Maestría presentada en el Programa de Posgrado en Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Federal de Campina Grande, 2011.
- Olarte, C., & Soler, R. (2018). Efecto del grano de caucho reciclado en el ahuellamiento de una mezcla asfáltica tipo MD-12. *Revista Tecnura*, 22(54), 60-69.
- Peláez, J. J., Velásquez, C. J., & Giraldo, J. A. (2017). Desarrollo de mezclas asfálticas modificadas con caucho reciclado. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (81), 56-65.
- Roberts et al (1996). *Material asfáltico en caliente, mezcla, diseño y construcción*. Maryland: Fundación de Educación NAPA
- Rodríguez-Castro, E. (2016). *Uso de polvo de caucho de llantas en pavimentos asfálticos*.
- SENÇO, W. *Manual de técnicas de pavimentación*. São Paulo: Editora Pini, v. 2, 2001.
- Vega, Danilo (2016). *Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico*.

Anexos

ANEXO N° 1. Matriz de operacionalización de variables.

| Variable independiente | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Instrumento | Escala de medición |
|-------------------------------|---|---|--|---|--|---------------------------|
| CAUCHO RECICLADO | el caucho reciclado puede ser usado en la construcción de vías y edificaciones como parte de los pavimentos y concretos. Peláez et al. (2017). | Aplicación de 3 dosificaciones (0.5%, 1.0% 1.5% con tamiz # 40, #50 y # 60) con adición de caucho reciclado. determinar sus propiedades físicas-mecánicas | Propiedades físicas dosificación | Peso específico 0.5% CR. 1.0% CR. 1.5% CR. | Fichas de recolección Hojas de calculo | Intervalos |
| Variable dependiente | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Instrumento | Escala de medición |
| MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE | Una propiedad mecánica no es otra cosa que la muestra de manera visual de los elementos solidos al aplicarle fuerzas extremas sobre ella. (Iglesias salas,2013) | Se diseñará mezcla asfáltica con el método marshall, mezcla patrón y modificado | Propiedades físicas Propiedades mecánicas | Contenido de aire Marshall Granulometría Resistencia | ASTM D 2041 ASTM D 1559 ASTM D 422 AASHTO T 283 | Intervalos |

ANEXO N° 2. Ensayos en laboratorio.

2.1. Ensayo Marshall para determinar el cemento asfáltico óptimo en la mezcla asfáltica

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
 Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL
 (NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

| | | | |
|-----------------|--|-------------------|----------|
| TESIS | Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. | | |
| ELEMENTO | : CARPETA ASFALTICA | HECHO POR | : F.L.G. |
| MATERIAL | : MEZCLA FISICA DE ASFALTO | ING. RESP. | : A.B.G. |
| CANTERA | : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | FECHA | : Dic-22 |

| N | Descripción | N | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|----|---|--------|--------|--------|--------|----------|
| 1 | Numero de Probeta | | | | | |
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % | 4.50 | 4.50 | 4.50 | |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % | 34.59 | 34.59 | 34.59 | |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % | 57.53 | 57.53 | 57.53 | |
| 5 | % de Filler en Peso de Mezcla = (100-2)*C | % | 188 | 188 | 188 | |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico | gr/cc. | 1013 | 1013 | 1013 | |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.700 | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. | 2.529 | 2.529 | 2.529 | |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. | 2.697 | 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. | 1204.4 | 1209.7 | 1208.9 | |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01 Hora) | gr. | 1205.9 | 12110 | 1209.7 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. | 679.2 | 680.1 | 686.0 | |
| 16 | Volumen de la Probeta = (14-15) | c.c. | 526.7 | 530.9 | 523.7 | |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16) | gr/cc. | 2.287 | 2.279 | 2.308 | 2.291 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.384 | 2.384 | 2.384 | 2.384 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.398 | 2.398 | 2.398 | |
| 20 | % de Vacios = 100 * (18-17) / 18 | % | 4.1 | 4.4 | 3.2 | 3.9 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.710 | 2.710 | 2.710 | |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.628 | 2.628 | 2.628 | |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100 * 6 * ((23-21) / (23*21)) | % | 125 | 125 | 125 | |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 84.45 | 84.15 | 85.25 | |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 114.7 | 114.3 | 115.8 | |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral: VMA | % | 15.55 | 15.85 | 11.75 | 15.4 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 4.82 | 4.82 | 4.82 | |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios - VFA | % | 73.75 | 72.10 | 78.49 | 74.8 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 1003 | 928 | 716 | |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 962 | 891 | 687 | 847 |
| 36 | Fluencia | mm. | 127 | 0.76 | 152 | 1.19 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36) | kg/cm. | 7578 | 11694 | 4508 | 7927 |

Observaciones : _____


Alejandro V. Begazo Giraldo
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI
 Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo
 CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

TESIS : Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022.

ELEMENTO : CARPETA ASFALTICA **HECHO POR** : F.L.G.

MATERIAL : MEZCLA FISICA DE ASFALTO **ING. RESP.** : A.B.G.

CANTERA : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO **FECHA** : Dic-22

| N | 1 | 2 | 3 | Promedio | | |
|----|---|--------|--------|----------|--------|-------|
| 1 | Numero de Probeta | | | | | |
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % | 5.00 | 5.00 | 5.00 | |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % | 34.41 | 34.41 | 34.41 | |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % | 57.22 | 57.22 | 57.22 | |
| 5 | % de Filler en Peso de Mezcla = (100-2)*C | % | 187 | 187 | 187 | |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico | gr/cc. | 1013 | 1013 | 1013 | |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.700 | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. | 2.529 | 2.529 | 2.529 | |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. | 2.697 | 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. | 1206.8 | 1207.5 | 1203.9 | |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01Hora) | gr. | 1207.4 | 1208.3 | 1205.0 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. | 685.3 | 684.9 | 679.8 | |
| 16 | Volumen de la Probeta = (14-15) | c.c. | 522.1 | 523.4 | 525.2 | |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16) | gr/cc. | 2.311 | 2.307 | 2.292 | 2.304 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.388 | 2.388 | 2.388 | 2.388 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.381 | 2.381 | 2.381 | |
| 20 | % de Vacios = 100 * (18-17) / 18 | % | 3.2 | 3.4 | 4.0 | 3.5 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.710 | 2.710 | 2.710 | |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.628 | 2.628 | 2.628 | |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*6*((23-21)/(23*21)) | % | 125 | 125 | 125 | |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 84.91 | 84.75 | 84.21 | |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 11.88 | 11.86 | 11.78 | |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral: VMA | % | 15.09 | 15.25 | 15.79 | 15.4 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 5.33 | 5.33 | 5.33 | |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios : VFA | % | 78.75 | 77.77 | 74.62 | 77.0 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 857 | 925 | 925 | |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 1.00 | 0.96 | 0.96 | |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 857 | 888 | 888 | 878 |
| 36 | Fluencia | mm. | 2.29 | 2.03 | 2.54 | 2.29 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36) | kg/cm. | 3744 | 4369 | 3495 | 3869 |

Observaciones : _____



Alejandro V. Begazo Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

TESIS : Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022.

ELEMENTO : CARPETA ASFALTICA **HECHO POR** : F.L.G.

MATERIAL : MEZCLA FISICA DE ASFALTO **ING. RESP.** : A.B.G.

CANTERA : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO **FECHA** : Dic-22

| N | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|----|---|--------|--------|----------|
| 1 | Numero de Probeta | | | |
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | 5.50 | 5.50 | 5.50 |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | 34.22 | 34.22 | 34.22 |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | 56.92 | 56.92 | 56.92 |
| 5 | % de Filler en Peso de Mezcla = (100-2)*C | 186 | 186 | 186 |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico | 1013 | 1013 | 1013 |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | 2.545 | 2.545 | 2.545 |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | 2.529 | 2.529 | 2.529 |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | 1212.6 | 1212.6 | 1206.8 |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01Hora) | 1213.2 | 1213.1 | 1207.1 |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | 688.8 | 686.7 | 685.0 |
| 16 | Volumen de la Probeta = (14-15) | c.c. | 524.4 | 526.4 |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (8/15) | gr/cc. | 2.312 | 2.304 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.387 | 2.387 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100/ ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.364 | 2.364 |
| 20 | % de Vacios = 100*(18-17) / 18 | % | 3.1 | 3.5 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.545 | 2.545 |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.710 | 2.710 |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.628 | 2.628 |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*6*((23-21)/(23*21)) | % | 125 | 125 |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 84.49 | 84.17 |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 12.38 | 12.33 |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral: VMA | % | 5.51 | 5.83 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 5.84 | 5.84 |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios : VFA | % | 79.84 | 77.92 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 854 | 938 |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 0.96 | 0.96 |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 820 | 901 |
| 36 | Fluencia | mm. | 3.05 | 3.56 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36) | kg/cm. | 2690 | 2530 |

Observaciones :


Alejandro V. Bezares Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankting_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

TESIS : Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022.

ELEMENTO : CARPETA ASFALTICA **HECHO POR** : F.L.G.

MATERIAL : MEZCLA FISICA DE ASFALTO **ING. RESP.** : A.B.G.

CANTERA : BAUNER - ELMILAGRO - TRUJILLO **FECHA** : Dic-22

| 1 | Numero de Probeta | N | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|----|---|--------|--------|--------|--------|----------|
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % | 6.00 | 6.00 | 6.00 | |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % | 34.04 | 34.04 | 34.04 | |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % | 56.61 | 56.61 | 56.61 | |
| 5 | % de Filler en Peso de Mezcla = (100-2)*C | % | 185 | 185 | 185 | |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico | gr/cc. | 1013 | 1013 | 1013 | |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.700 | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. | 2.529 | 2.529 | 2.529 | |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. | 2.697 | 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. | 1210.9 | 1214.3 | 1212.6 | |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01Hora) | gr. | 12112 | 1214.5 | 1212.8 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. | 685.4 | 688.7 | 687.5 | |
| 16 | Volumen de la Probeta = (11-15) | c.c. | 525.8 | 525.8 | 525.3 | |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16) | gr/cc. | 2.303 | 2.309 | 2.308 | 2.307 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.377 | 2.377 | 2.377 | 2.377 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.347 | 2.347 | 2.347 | |
| 20 | % de Vacios = 100 * (18-17) / 18 | % | 3.1 | 2.8 | 2.9 | 2.9 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.710 | 2.710 | 2.710 | |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.628 | 2.628 | 2.628 | |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*6*(23-21)/(23*21) | % | 125 | 125 | 125 | |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 83.70 | 83.93 | 83.89 | |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 13.19 | 13.23 | 13.22 | |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral: VMA | % | 16.30 | 16.07 | 16.11 | 16.2 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 6.34 | 6.34 | 6.34 | |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios :VFA | % | 80.90 | 82.31 | 82.08 | 81.8 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 95 | 935 | 911 | |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 878 | 898 | 875 | 884 |
| 36 | Fluencia | mm. | 4.57 | 4.83 | 4.83 | 4.74 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36) | kg/cm. | 1921 | 1858 | 1811 | 1864 |

Observaciones :


 Alejandro Y. Begoza Giraldo
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankting_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

TESIS : Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022.

ELEM ENTO : CARPETA ASFALTICA **HECHO POR** : F.L.G.

M ATERIAL : MEZCLA FISICA DE ASFALTO **ING. RESP.** : A.B.G.

C ANTERA : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO **FECHA** : Dic-22

| N | 1 | 2 | 3 | Promedio | |
|----|---|--------|--------|----------|--------|
| 1 | Numero de Probeta | | | | |
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % | 6.50 | 6.50 | 6.50 |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % | 33.86 | 33.86 | 33.86 |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % | 56.30 | 56.30 | 56.30 |
| 5 | % de Filler en Peso de Mezcla = (100-2)*C | % | 184 | 184 | 184 |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico | gr/cc. | 1013 | 1013 | 1013 |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. | 2.529 | 2.529 | 2.529 |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. | 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | | | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. | 1209.1 | 1209.8 | 1207.9 |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01Hora) | gr. | 1209.1 | 1209.9 | 1208.0 |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. | 680.9 | 680.7 | 681.2 |
| 16 | Volumen de la Probeta = (11-15) | c.c. | 528.2 | 529.2 | 526.8 |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (8/16) | gr/cc. | 2.289 | 2.286 | 2.293 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.375 | 2.375 | 2.375 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.286 | 2.291 | 2.331 |
| 20 | % de Vacios = 100 * (18-17) / 18 | % | 3.6 | 3.7 | 3.5 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.710 | 2.710 | 2.710 |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.628 | 2.628 | 2.628 |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*6*((23-21)/(23*21)) | % | 125 | 125 | 125 |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 82.74 | 82.63 | 82.88 |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 13.64 | 13.62 | 13.66 |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral: VMA | % | 17.26 | 17.37 | 17.12 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 6.85 | 6.85 | 6.85 |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios :VFA | % | 79.04 | 78.44 | 79.81 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 844 | 813 | 729 |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 0.96 | 0.96 | 0.96 |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 810 | 781 | 700 |
| 36 | Fluencia | mm. | 5.59 | 5.84 | 5.59 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36) | kg/cm. | 149 | 137 | 1252 |

Observaciones :

Alejandro V. Begoza Giraldo
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankting_267@hotmail.com

INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

INGEOCAL E.I.R.L.

TESIS : Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022.

ELEMENTO : CARPETA ASFALTICA HECHO POR : F.L.G.

MATERIAL : MEZCLA FISICA DE ASFALTO ING. RESP. : A.S.G.

CANTERA : BALNER - EL MILAGRO - TRUJILLO FECHA : Dic-22

| % C.A. | ESTABILIDAD |
|--------|-------------|
| 4.50 | 847 |
| 5.00 | 878 |
| 5.50 | 891 |
| 6.00 | 884 |
| 6.50 | 754 |

| % C.A. | PESO UNIT. |
|--------|------------|
| 4.50 | 2.291 |
| 5.00 | 2.303 |
| 5.50 | 2.309 |
| 6.00 | 2.307 |
| 6.50 | 2.289 |

| % C.A. | VACIOS |
|--------|--------|
| 4.50 | 3.90 |
| 5.00 | 3.60 |
| 5.50 | 3.30 |
| 6.00 | 2.90 |
| 6.50 | 2.00 |

| % C.A. | FLUJO |
|--------|-------|
| 4.50 | 1.2 |
| 5.00 | 2.3 |
| 5.50 | 3.3 |
| 6.00 | 4.7 |
| 6.50 | 5.7 |

| % C.A. | VMA |
|--------|------|
| 4.50 | 15.4 |
| 5.00 | 15.4 |
| 5.50 | 15.6 |
| 6.00 | 16.2 |
| 6.50 | 17.2 |

DISÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
"PLANTA INDUSTRIAL CABANILLAS"

| | |
|------------------------------|-------|
| OPTIMO CONTENIDO DE C.A. (%) | 5.40 |
| ESTABILIDAD (Kg.) | 888 |
| PESO UNITARIO (Kg/m3) | 2.309 |
| VACIOS DE ARE, EN LAB. (%) | 3.4 |
| FLUJO (m.m) | 3.3 |
| VMA (%) | 15.55 |
| ESTABILIDAD / FLUJO (Kg/cm) | 2732 |

Alejandro Y. Regalado Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankting_267@hotmail.com

2.2. Ensayos de los agregados

INGEOCALE E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS
(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

| | | | | | | |
|----------|--|--|--|---------------|---|--------|
| TESIS | Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. | | | CERTIFICADO | : | |
| CANTERA | : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | | | TECNICO | : | F.L.G. |
| MATERIAL | : AGREGADO GRUESO | | | ING. RESPONSA | : | A.B.G. |
| | | | | FECHA | : | Dic-22 |

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | | |
|------------|---|--|------------|--|
| CANTERA | : | | PROGRESIVA | |
| MUESTRA | : | | | |
| Proporción | : | | | |

AGREGADO GRUESO

| | | | | | |
|---|---|--------|--------|--|--------------|
| A | Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr) | 1084.7 | 1173.1 | | |
| B | Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr) | 669.1 | 720.9 | | |
| C | Vol. de masa + vol de vacios = A-B (gr) | 415.6 | 452.2 | | |
| D | Peso material seco en estufa (105 °C)(gr) | 1060.8 | 1147.1 | | |
| E | Vol. de masa = C- (A- D) (gr) | 391.7 | 426.2 | | PROMEDIO |
| | Pe bulk (Base seca) = D/C | 2.552 | 2.537 | | 2.545 |
| | Pe bulk (Base saturada) = A/C | 2.610 | 2.594 | | 2.602 |
| | Pe Aparente (Base Seca) = D/E | 2.708 | 2.691 | | 2.700 |
| | % de absorción = ((A- D) / D * 100) | 2.253 | 2.267 | | 2.260 |

Observaciones:


Alejandro V. Regalado Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankting_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y Asfalto, Análisis de Agua

| PESOS UNITARIOS | | | | | | |
|--|--|---------|------------------|---------|--|--|
| MTC E 203 | | | | | | |
| LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | | | | |
| TESIS | Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. | | | | | |
| CANTERA | BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | | TECNICO | F.L.G. | | |
| MATERIAL | AGREGADO GRUESO | | ING. RESPONSABLE | A.B.G. | | |
| | | | FECHA | Dic-22 | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | |
| CANTERA | | | PROGRESIVA | | | |
| MUESTRA | | | | | | |
| Proporcion | | | | | | |
| PESO UNITARIO SUELTO | | | | | | |
| A | Peso Mat.+ Molde | 16268.0 | 16246.0 | 16238.0 | | |
| B | Peso Molde | 8475.0 | 8475.0 | 8475.0 | | |
| C | Peso de Material | 7793 | 7771 | 7763 | | |
| D | Volumen del Molde | 5545 | 5545 | 5545 | | |
| E | Peso Unitario | 1.405 | 1.401 | 1.400 | | |
| F | PROMEDIO | | 1.402 gr/cm3 | | | |
| PESO UNITARIO VARILLADO | | | | | | |
| A | Peso Mat.+ Molde | 16931.0 | 16918.0 | 16958.0 | | |
| B | Peso Molde | 8475 | 8475 | 8475 | | |
| C | Peso de Material | 8456 | 8443 | 8483 | | |
| D | Volumen del Molde | 5545 | 5545 | 5545 | | |
| E | Peso Unitario Varilleado | 1.525 | 1.523 | 1.530 | | |
| | PROMEDIO | | 1.526 gr/cm3 | | | |
| Observaciones: | | | | | | |



Alejandro V. Begoza Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankting_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS
(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

| | | | | | | |
|----------|--|--|--|---------------|---|--------|
| TESIS | Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, | | | CERTIFICADO | : | |
| CANTERA | BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | | | TECNICO | : | F.L.G. |
| MATERIAL | AGREGADO FINO | | | ING. RESPONSA | : | A.B.G. |
| | | | | FECHA | : | Dic-22 |

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | | |
|------------|---|--|------------|--|
| CANTERA | : | | PROGRESIVA | |
| MUESTRA | : | | | |
| Proporcion | : | | | |

AGREGADO FINO

| | | | | | |
|---|---|--------|--------|--|----------|
| A | Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr) | 300.0 | 300.0 | | |
| B | Peso Frasco + agua | 677.6 | 668.5 | | |
| C | Peso Frasco + agua + A (gr) | 977.62 | 968.45 | | |
| D | Peso del Mat. + agua en el frasco (gr) | 862.0 | 852.5 | | |
| E | Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr) | 115.58 | 116.00 | | |
| F | Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr) | 292.77 | 292.8 | | |
| G | Vol de masa = E - (A - F) (gr) | 108.35 | 108.78 | | PROMEDIO |
| | Pe bulk (Base seca) = F/E | 2.533 | 2.524 | | 2.529 |
| | Pe bulk (Base saturada) = A/E | 2.596 | 2.586 | | 2.591 |
| | Pe aparente (Base Seca) = F/G | 2.702 | 2.691 | | 2.697 |
| | % de absorción = ((A - F)/F)*100 | 2.470 | 2.466 | | 2.468 |



Alejandro Y. Begazo Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

☎ CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com



EQUIVALENTE DE ARENA

(NORMA AASHTO T-176)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

| | | | |
|------------------|--|-------------------|--------|
| TESIS | Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. | TECNICO: | F.L.G. |
| MATERIAL: | : AGREGADO FINO | ING. RESP. | A.B.G. |
| CANTERA: | : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | FECHA: | Dic-22 |
| | | CERT. | |

| | | IDENTIFICACION | | | Promedio % |
|---|----|----------------|----------------|----------------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Tamaño máximo (pasa malla N° 4) | mm | | | | |
| Hora de entrada a saturación | | 07:45:00 a. m. | 07:47:00 a. m. | 07:49:00 a. m. | |
| Hora de salida de saturación (mas 10") | | 07:55:00 a. m. | 07:57:00 a. m. | 07:59:00 a. m. | |
| Hora de entrada a decantación | | 07:57:00 a. m. | 07:59:00 a. m. | 08:01:00 a. m. | |
| Hora de salida de decantación (mas 20") | | 08:17:00 a. m. | 08:19:00 a. m. | 08:21:00 a. m. | |
| Altura máxima de material fino | mm | 7.30 | 7.00 | 7.40 | |
| Altura máxima de la arena | mm | 4.40 | 4.30 | 4.50 | |
| Equivalente de Arena | % | 60.27 | 61.43 | 60.81 | |
| | | | | | 61 |

Observaciones:



INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Análisis de Agua**

| LÍMITES DE ATTERBERG | | | |
|--|--|---------------|--------|
| MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90 | | | |
| TESIS : | Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. | TECNICO : | F.L.G. |
| MATERIAL: | AGREGADO FINO | ING. RESP. : | A.B.G. |
| CANTERA: | BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | FECHA : | Dic-22 |
| | | CERTIFICADO : | |
| TAMIZ < N-40 | | | |

| LÍMITE LÍQUIDO | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|--|
| Nº TARRO | 8 | 13 | 20 | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | 71.28 | 68.50 | 68.52 | |
| TARRO + SUELO SECO | 66.26 | 63.32 | 63.13 | |
| AGUA | 5.02 | 5.18 | 5.39 | |
| PESO DEL TARRO | 38.53 | 37.59 | 38.31 | |
| PESO DEL SUELO SECO | 27.73 | 25.73 | 24.82 | |
| % DE HUMEDAD | 18.10 | 20.13 | 21.72 | |
| Nº DE GOLPES | 17 | 13 | 10 | |

| LÍMITE PLÁSTICO | | | | |
|----------------------|--|----|--|--|
| Nº TARRO | | | | |
| TARRO + SUELO HÚMEDO | | | | |
| TARRO + SUELO SECO | | NP | | |
| AGUA | | | | |
| PESO DEL TARRO | | | | |
| PESO DEL SUELO SECO | | | | |
| % DE HUMEDAD | | | | |

DIAGRAMA DE FLUIDEZ

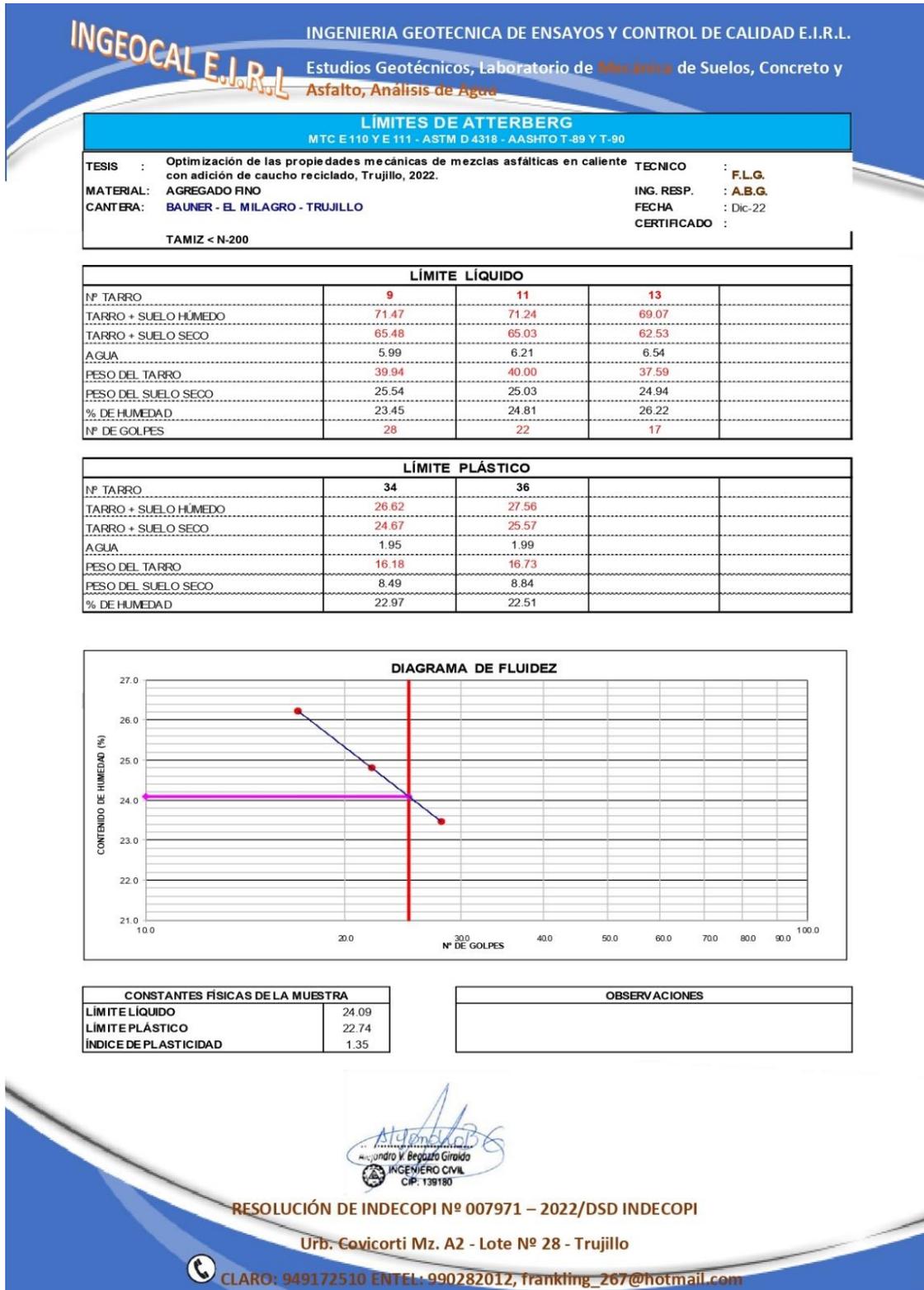
El diagrama muestra el contenido de humedad (%) en el eje Y (rango 12.0 a 24.0) frente al número de golpes en el eje X (rango 10.0 a 100.0). Una línea azul de fluidez conecta los puntos de datos. Una línea horizontal magenta indica el límite de plasticidad en 15.44%. Una línea vertical roja indica el número de golpes de 25.

| CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA | | OBSERVACIONES |
|----------------------------------|-------|---------------|
| LÍMITE LÍQUIDO | 15.44 | |
| LÍMITE PLÁSTICO | NP | |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | | |

Alejandro V. Begoza Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI Nº 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote Nº 28 - Trujillo

☎ CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com



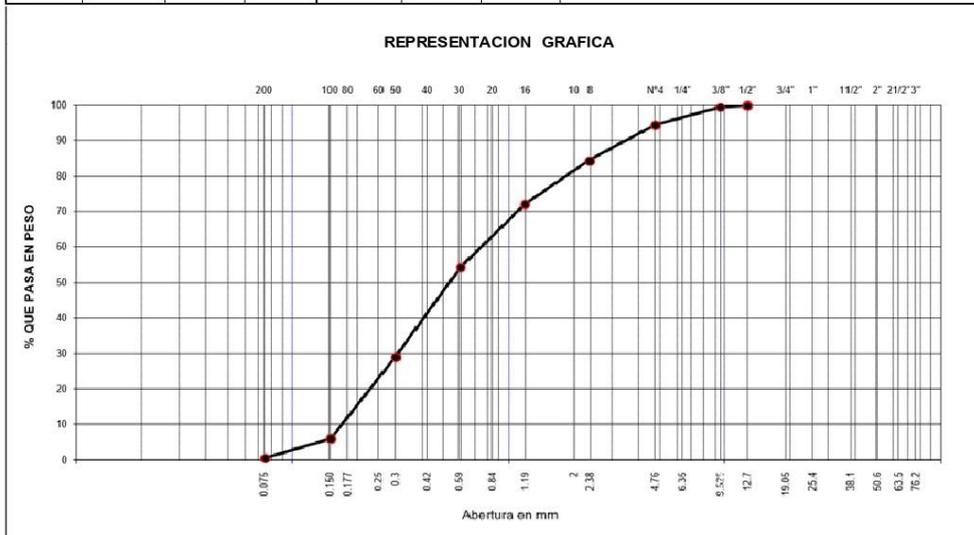
INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y Asfalto, Análisis de Agua

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

| | | | |
|-------------------|--|-------------------|----------|
| TESIS | : Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. | ING° RESP. | : A.B.G. |
| CANTERA | : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | TÉCNICO | : F.L.G. |
| MATERIAL | : AGREGADO FINO Bocanegra Mendoza Juan Pablo Miguel | FECHA | : Dic-22 |
| SOLICITATE | : Rodríguez Solano Roy Kelvin | | |

| TAMIZ ASTM | Abertura mm | PESO retenido | PORCENTAJE | | | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|------------|-------------|---------------|------------|-----------|----------|---------------------------|
| | | | retenido | acumulado | que pasa | |
| 3/8" | 9.500 | 6.1 | 0.5 | 0.5 | 99.5 | Tamaño máximo : |
| N°4 | 4.750 | 65.5 | 5.0 | 5.5 | 94.5 | Peso de muestra: 1300 gr |
| N°8 | 2.360 | 131.3 | 10.1 | 15.6 | 84.4 | |
| N°16 | 1.180 | 159.3 | 12.3 | 27.9 | 72.1 | |
| N°30 | 0.600 | 231.2 | 17.8 | 45.7 | 54.3 | |
| N°50 | 0.300 | 327.7 | 25.2 | 70.9 | 29.1 | |
| N°100 | 0.150 | 300.9 | 23.2 | 94.1 | 5.9 | |
| N°200 | 0.075 | 69.7 | 5.4 | 99.5 | 0.5 | |
| <200 | - | 6.9 | 0.5 | 100.0 | 0.0 | |



Alfonso V. Begazo Giraldo
Alfonso V. Begazo Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 138180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

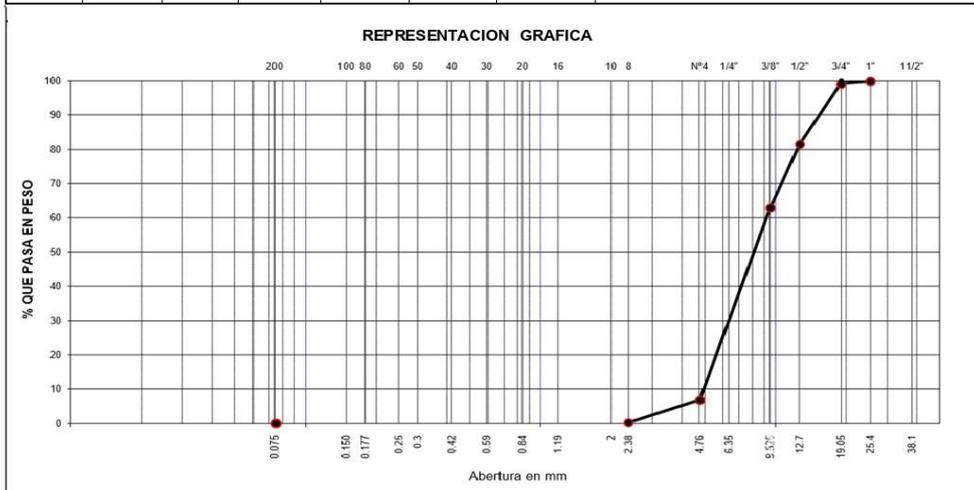
INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y Asfalto, Análisis de Agua

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

TESIS : Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. **ING° RESP.** : A.B.G.
CANTERA : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO **TÉCNICO** : F.L.G.
MATERIAL : AGREGADO GRUESO Bocanegra Mendoza Juan Pablo Miguel **FECHA** : Dic-22
SOLICITATE : Rodríguez Solano Roy Kelvin

| TAMIZ ASTM | Abertura mm | PESO retenido | PORCENTAJE | | | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|---------------|----------------|------------------|------------|-----------|----------|---------------------------------|
| | | | retenido | acumulado | que pasa | |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Tamaño máximo : |
| 1" | 25.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso de muestra: 2400 gr |
| 3/4" | 19.000 | 20.6 | 0.9 | 0.9 | 99.1 | |
| 1/2" | 12.500 | 423.3 | 17.7 | 18.5 | 81.5 | |
| 3/8" | 9.500 | 442.3 | 18.5 | 37.0 | 63.0 | |
| N°4 | 4.750 | 1346.9 | 56.3 | 93.3 | 6.7 | |
| N°8 | 2.360 | 156.6 | 6.5 | 99.8 | 0.2 | |
| N°16 | 1.180 | 0.0 | 0.0 | 99.8 | 0.2 | |
| N°30 | 0.600 | 0.0 | 0.0 | 99.8 | 0.2 | |
| N°50 | 0.300 | 0.0 | 0.0 | 99.8 | 0.2 | |
| N°100 | 0.150 | 0.0 | 0.0 | 99.8 | 0.2 | |
| N°200 | 0.075 | 2.7 | 0.1 | 99.9 | 0.1 | |
| <200 | | 1.8 | 0.1 | 100.0 | 0.0 | |



Alfonso W. Begazo Giraldo
Alfonso W. Begazo Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo



CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

| | | | |
|----------------------|--|------------------|--------|
| TESIS : | Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. | ING° RESP. : | A.B.G. |
| CANTERA : | BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | TÉCNICO : | F.L.G. |
| MATERIAL : | MESCLA FISICA DE AGREGADOS Bocanegra Mendoza Juan Pablo Miguel | FECHA : | Dic-22 |
| SOLICITANTE : | Rodríguez Solano Roy Kelvin | | |

| TAMIZ ASTM | Abertura mm | PESO retenido | PORCENTAJE | | | ESPECIFIC. MAC - 2 | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---------------|----------------|------------------|------------|-----------|----------|----------------------------------|---------------------------|
| | | | retenido | acumulado | que pasa | | |
| 3" | 76.200 | | | | | UBICACIÓN : | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | PESO INICIAL 40000.0 gr | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | Peso de fracción 777.0 gr | |
| 1" | 25.400 | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | TAMAÑO MÁXIMO 100 | |
| 1/2" | 12.700 | 4243.0 | 10.6 | 10.6 | 89.4 | 80 - 100 | |
| 3/8" | 9.525 | 4943.0 | 12.4 | 23.0 | 77.0 | 70 - 88 | |
| 1/4" | 6.350 | 4224.0 | 10.6 | 33.5 | 66.5 | | |
| Nº4 | 4.760 | 2128.0 | 5.3 | 38.8 | 61.2 | 51 - 68 | |
| Nº 10 | 2.000 | 201.8 | 15.9 | 54.7 | 45.3 | 38 - 52 | |
| Nº 40 | 0.425 | 312.4 | 24.6 | 79.3 | 20.7 | 17 - 28 | |
| Nº 80 | 0.180 | 108.1 | 8.5 | 87.8 | 12.2 | 8 - 17 | |
| Nº 200 | 0.074 | 70.8 | 5.6 | 93.4 | 6.6 | 4 - 8 | |
| < 200 | - | 83.9 | 6.6 | 100.0 | | | |

REPRESENTACION GRAFICA

Alejandro V. Begazo Giraldo
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI Nº 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote Nº 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

2.3. Ensayos Marshall de la mezcla asfáltica utilizando caucho reciclado.

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL, CON 0.5 % ADICION DE CAUCHO RECICLADO TAMIZ # 40
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

| | | | |
|-----------------|--|-------------------|----------|
| TESIS | Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. | | |
| ELEMENTO | : CARPETA ASFALTICA | HECHO POR | : F.L.G. |
| MATERIAL | : MEZCLA FISICA DE ASFALTO | ING. RESP. | : A.B.G. |
| CANTERA | : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | FECHA | : Dic-22 |

| N | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|----|---|--------------|--------|----------|
| 1 | Numero de Probeta | | | |
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % 5.40 | 5.40 | 5.40 |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % 36.23 | 36.23 | 36.23 |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % 57.90 | 57.90 | 57.90 |
| 5 | % de caucho reciclado (0.5) = (100-2)*C | % 0.47 | 0.47 | 0.47 |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico | gr/cc. 10.13 | 10.13 | 10.13 |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. 2.545 | 2.545 | 2.545 |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. 2.529 | 2.529 | 2.529 |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. 1212.5 | 1212.4 | 1208.0 |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01 Hora) | gr. 1213.1 | 1213.0 | 1207.5 |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. 689.0 | 687.0 | 686.0 |
| 16 | Volumen de la Probeta = (14-15) | c.c. 524.1 | 526.0 | 521.5 |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (8/16) | gr/cc. 2.318 | 2.305 | 2.316 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. 2.381 | 2.381 | 2.381 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. 2.416 | 2.416 | 2.416 |
| 20 | % de Vacios = 100 * (18-17) / 18 | % 2.8 | 3.2 | 2.7 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. 2.540 | 2.540 | 2.540 |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. 2.706 | 2.706 | 2.706 |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. 2.623 | 2.623 | 2.623 |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*6*((23-21)/(23*21)) | % 127 | 127 | 127 |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % 86.18 | 85.86 | 86.29 |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % 10.99 | 10.95 | 11.00 |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral: VMA | % 13.82 | 11.14 | 13.71 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % 4.20 | 4.20 | 4.20 |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios :VFA | % 79.49 | 77.41 | 80.22 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg 931 | 916 | 909 |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | 0.96 | 0.96 | 0.96 |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg 894 | 879 | 873 |
| 36 | Fluencia | mm. 2.24 | 2.25 | 2.24 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = 1*(34/36) | kg/cm. 3991 | 3907 | 3897 |

Observaciones : _____



Alejandro V. Begazo Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI

Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL, CON 0.5 % ADICION DE CAUCHO RECICLADO TAMIZ # 50
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

| | | | | | | | |
|-----------------|----------------------------------|--|----------|--|--|--|--|
| TESIS | | Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. | | | | | |
| ELEMENTO | : CARPETA ASFALTICA | HECHO POR | : F.L.G. | | | | |
| MATERIAL | : MEZCLA FISICA DE ASFALTO | ING. RESP. | : A.B.G. | | | | |
| CANTERA | : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | FECHA | : Dic-22 | | | | |

| 1 | Numero de Probeta | N | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|----|---|--------|--------|--------|--------|----------|
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % | 5.40 | 5.40 | 5.40 | |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % | 36.23 | 36.23 | 36.23 | |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % | 57.90 | 57.90 | 57.90 | |
| 5 | % de caucho reciclado (0.5) = (100-2)*C | % | 0.47 | 0.47 | 0.47 | |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico | gr/cc. | 10.13 | 10.13 | 10.13 | |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.700 | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. | 2.529 | 2.529 | 2.529 | |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. | 2.697 | 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. | 1212.8 | 1212.9 | 1208.3 | |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01 Hora) | gr. | 1213.4 | 1213.2 | 1208.6 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. | 689.4 | 687.2 | 686.1 | |
| 16 | Volumen de la Probeta = (14-15) | c.c. | 524.0 | 526.0 | 522.5 | |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16) | gr/cc. | 2.315 | 2.306 | 2.313 | 2.311 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.381 | 2.381 | 2.381 | 2.381 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100/ ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.416 | 2.416 | 2.416 | |
| 20 | % de Vacios = 100*(18-17) / 18 | % | 2.8 | 3.2 | 2.9 | 2.9 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.540 | 2.540 | 2.540 | |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.706 | 2.706 | 2.706 | |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.623 | 2.623 | 2.623 | |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*6*((23-21)/(23*21)) | % | 127 | 127 | 127 | |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 86.22 | 85.89 | 86.11 | |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 10.99 | 10.95 | 10.98 | |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral VMA | % | 13.78 | 13.90 | 13.86 | 13.8 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 4.20 | 4.20 | 4.20 | |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios - VFA | % | 79.74 | 78.78 | 79.25 | 79.3 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 1168 | 1156 | 1160 | |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 1121 | 1110 | 1114 | 1115 |
| 36 | Fluencia | mm. | 2.72 | 2.73 | 2.73 | 2.73 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36) | kg/cm. | 4121 | 4066 | 4081 | 4089 |

Observaciones :



Andrea V. Beguza Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI Nº 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote Nº 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL, CON 0.5 % ADICION DE CAUCHO RECICLADO TAMIZ # 60
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

| | | | | | | | |
|-----------------|----------------------------------|--|----------|--|--|--|--|
| TESIS | | Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. | | | | | |
| ELEMENTO | : CARPETA ASFALTICA | HECHO POR | : F.L.G. | | | | |
| MATERIAL | : MEZCLA FISICA DE ASFALTO | ING. RESP. | : A.B.G. | | | | |
| CANTERA | : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | FECHA | : Dic-22 | | | | |

| 1 | Numero de Probeta | N | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|----|---|--------|--------|--------|--------|----------|
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % | 5.40 | 5.40 | 5.40 | |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % | 36.23 | 36.23 | 36.23 | |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % | 57.90 | 57.90 | 57.90 | |
| 5 | % de caucho reciclado (0.5) = (100-2)*C | % | 0.47 | 0.47 | 0.47 | |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico | gr/cc. | 10.13 | 10.13 | 10.13 | |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.700 | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. | 2.529 | 2.529 | 2.529 | |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. | 2.697 | 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. | 1212.9 | 1212.8 | 1208.6 | |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01 Hora) | gr. | 1213.2 | 1213.4 | 1208.3 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. | 689.1 | 687.2 | 686.3 | |
| 16 | Volumen de la Probeta = (14 - 15) | c.c. | 524.1 | 526.2 | 522.0 | |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16) | gr/cc. | 2.311 | 2.305 | 2.315 | 2.311 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.386 | 2.386 | 2.386 | 2.386 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/8) + (4/11) + (5/11)) | gr/cc. | 2.416 | 2.416 | 2.416 | |
| 20 | % de Vacios = 100 * (18-17) / 18 | % | 3.0 | 3.4 | 3.0 | 3.1 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.540 | 2.540 | 2.540 | |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.706 | 2.706 | 2.706 | |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.623 | 2.623 | 2.623 | |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100 * ((23-21)/(23*21)) | % | 127 | 127 | 127 | |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 86.21 | 85.85 | 86.25 | |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 10.79 | 10.74 | 10.79 | |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral: VMA | % | 13.79 | 14.15 | 13.75 | 13.9 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 4.20 | 4.20 | 4.20 | |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios - VFA | % | 78.20 | 75.95 | 78.46 | 77.5 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 1406 | 1417 | 1405 | |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 1350 | 1360 | 1349 | 1353 |
| 36 | Fluencia | mm. | 3.44 | 3.39 | 3.43 | 3.42 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36) | kg/cm. | 3924 | 4012 | 3933 | 3956 |

Observaciones :


Alejandro V. Begazo Giraldo
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI
 Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo
 CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL, CON 1.0 % ADICION DE CAUCHO RECICLADO TAMIZ # 40
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

| | | | | | | |
|-----------------|--|-------------------|----------|--|--|--|
| TESIS | Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. | | | | | |
| ELEMENTO | : CARPETA ASFALTICA | HECHO POR | : F.L.G. | | | |
| MATERIAL | : MEZCLA FISICA DE ASFALTO | ING. RESP. | : A.B.G. | | | |
| CANTERA | : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | FECHA | : Dic-22 | | | |

| 1 | Numero de Probeta | N | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|----|---|--------|--------|--------|--------|----------|
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % | 5.40 | 5.40 | 5.40 | |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % | 35.76 | 35.76 | 35.76 | |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % | 57.90 | 57.90 | 57.90 | |
| 5 | % de caucho reciclado (10) = (100-2)*C | % | 0.95 | 0.95 | 0.95 | |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico | gr/cc. | 10.13 | 10.13 | 10.13 | |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.700 | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. | 2.529 | 2.529 | 2.529 | |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. | 2.697 | 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. | 1213.1 | 1214.5 | 1207.8 | |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01Hora) | gr. | 1213.2 | 1213.1 | 1208.1 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. | 690.0 | 687.2 | 686.7 | |
| 16 | Volumen de la Probeta = (14-15) | c.c. | 523.2 | 525.9 | 521.4 | |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16) | gr/cc. | 2.319 | 2.309 | 2.316 | 2.315 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.376 | 2.376 | 2.376 | 2.376 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100/ ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.417 | 2.417 | 2.417 | |
| 20 | % de Vacios = 100*(18-17) / 18 | % | 2.4 | 2.8 | 2.5 | 2.6 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.541 | 2.541 | 2.541 | |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.708 | 2.708 | 2.708 | |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.625 | 2.625 | 2.625 | |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*6*((23-21)/(23*21)) | % | 126 | 126 | 126 | |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 86.30 | 85.96 | 86.22 | |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 1128 | 1124 | 1127 | |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral: VMA | % | 13.60 | 13.60 | 13.70 | 13.6 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 4.21 | 4.21 | 4.21 | |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios :VFA | % | 82.94 | 82.61 | 82.26 | 82.6 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 1183 | 1168 | 1165 | |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 1136 | 1121 | 1118 | 1125 |
| 36 | Fluencia | mm. | 2.80 | 2.78 | 2.77 | 2.78 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36) | kg/cm. | 4057 | 4032 | 4036 | 4042 |

Observaciones :

Alejandro V. Begazo Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL, CON 1.0 % ADICION DE CAUCHO RECICLADO TAMIZ # 50
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

| | | | | | | | |
|-----------------|----------------------------------|--|----------|--|--|--|--|
| TESIS | | Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022. | | | | | |
| ELEMENTO | : CARPETA ASFALTICA | HECHO POR | : F.L.G. | | | | |
| MATERIAL | : MEZCLA FISICA DE ASFALTO | ING. RESP. | : A.B.G. | | | | |
| CANTERA | : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO | FECHA | : Dic-22 | | | | |

| 1 | Numero de Probeta | N | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|----|---|--------|--------|--------|--------|----------|
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % | 5.40 | 5.40 | 5.40 | |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % | 35.76 | 35.76 | 35.76 | |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % | 57.90 | 57.90 | 57.90 | |
| 5 | % de caucho reciclado (10) = (100-2)*C | % | 0.95 | 0.95 | 0.95 | |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico | gr/cc. | 10.13 | 10.13 | 10.13 | |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.700 | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. | 2.529 | 2.529 | 2.529 | |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. | 2.697 | 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. | 1213.2 | 1213.4 | 1207.9 | |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01Hora) | gr. | 1213.4 | 1213.2 | 1208.2 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. | 690.1 | 687.4 | 686.9 | |
| 16 | Volumen de la Probeta = (14-15) | c.c. | 523.3 | 525.8 | 521.3 | |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/15) | gr/cc. | 2.318 | 2.308 | 2.317 | 2.314 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.376 | 2.376 | 2.376 | 2.376 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.417 | 2.417 | 2.417 | |
| 20 | % de Vacios = 100 * (18-17) / 18 | % | 2.4 | 2.9 | 2.5 | 2.6 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.541 | 2.541 | 2.541 | |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.708 | 2.708 | 2.708 | |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.625 | 2.625 | 2.625 | |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*(23-21)/(23*21) | % | 126 | 126 | 126 | |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 86.30 | 85.90 | 86.25 | |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 1128 | 1123 | 1127 | |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral: VMA | % | 13.70 | 13.75 | 13.75 | 13.7 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 4.21 | 4.21 | 4.21 | |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios : VFA | % | 82.30 | 8165 | 8197 | 82.0 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 1467 | 1456 | 1458 | |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 1408 | 1398 | 1400 | 1402 |
| 36 | Fluencia | mm. | 3.07 | 3.05 | 3.04 | 3.05 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36) | kg/cm. | 4586 | 4584 | 4605 | 4592 |

Observaciones :



Alejandro V. Begazo Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI Nº 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote Nº 28 - Trujillo

☎ **CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com**

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL, CON 1.0 % ADICION DE CAUCHO RECICLADO TAMIZ # 60
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

TESIS Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022.

ELEMENTO : CARPETA ASFALTICA **HECHO POR** : F.L.G.
MATERIAL : MEZCLA FISICA DE ASFALTO **ING. RESP.** : A.B.G.
CANTERA : BAUNER - EL MILAGRO - TRUJILLO **FECHA** : Dic-22

| N | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|----|---|--------|--------|----------|
| 1 | Numero de Probeta | | | |
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % | 5.40 | 5.40 |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % | 35.76 | 35.76 |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % | 57.90 | 57.90 |
| 5 | % de caucho reciclado (10) = (100-2)*C | % | 0.95 | 0.95 |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico | gr/cc. | 10.13 | 10.13 |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.545 | 2.545 |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. | 2.529 | 2.529 |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. | 1213.4 | 1207.3 |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01 Hora) | gr. | 1213.2 | 1208.0 |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. | 690.1 | 686.9 |
| 16 | Volumen de la Probeta = (14 - 15) | c.c. | 523.1 | 521.1 |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16) | gr/cc. | 2.320 | 2.317 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.379 | 2.379 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.417 | 2.417 |
| 20 | % de Vacios = 100 * (18-17) / 18 | % | 2.5 | 2.6 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.541 | 2.541 |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.708 | 2.708 |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.625 | 2.625 |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100 * ((23-21)/(23*21)) | % | 126 | 126 |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 86.34 | 86.24 |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 116 | 115 |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral: VMA | % | 13.66 | 13.76 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 4.21 | 4.21 |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios - VFA | % | 8173 | 8101 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 1684 | 1681 |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 0.96 | 0.96 |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 1617 | 1614 |
| 36 | Fluencia | mm. | 3.73 | 3.71 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = 10*(34/36) | kg/cm. | 4335 | 4344 |

Observaciones :

Alejandro V. Begazo Giraldo
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI
 Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo
 CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL, CON 1.5 % ADICION DE CAUCHO RECICLADO TAMIZ # 40
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

TESIS : Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022.

ELEMENTO : CARPETA ASFALTICA **HECHO POR** : F.L.G.

MATERIAL : MEZCLA FISICA DE ASFALTO **ING. RESP.** : A.B.G.

CANTERA : BAUNER -EL MILAGRO - TRUJILLO **FECHA** : Dic-22

| 1 | Numero de Probeta | N | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|----|---|--------|--------|--------|--------|----------|
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % | 5.40 | 5.40 | 5.40 | |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % | 35.29 | 35.29 | 35.29 | |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % | 57.90 | 57.90 | 57.90 | |
| 5 | % de caucho reciclado (15) = (100-2)*C | % | 142 | 142 | 142 | |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico | gr/cc. | 10.13 | 10.13 | 10.13 | |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.700 | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. | 2.529 | 2.529 | 2.529 | |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. | 2.697 | 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. | 1213.4 | 1213.3 | 1208.9 | |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01Hora) | gr. | 1213.0 | 1213.0 | 1208.0 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. | 690.0 | 687.2 | 686.7 | |
| 16 | Volumen de la Probeta = (14-15) | c.c. | 523.0 | 525.8 | 521.3 | |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16) | gr/cc. | 2.320 | 2.308 | 2.311 | 2.316 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.372 | 2.372 | 2.372 | 2.372 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.418 | 2.418 | 2.418 | |
| 20 | % de Vacios = 100 * (18-17) / 18 | % | 2.2 | 2.7 | 2.2 | 2.4 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.543 | 2.543 | 2.543 | |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.709 | 2.709 | 2.709 | |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.626 | 2.626 | 2.626 | |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = D0*6*((23-21)/(23*21)) | % | 126 | 126 | 126 | |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 86.30 | 85.83 | 86.26 | |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 1152 | 1145 | 1151 | |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral VMA | % | 13.50 | 13.40 | 13.40 | 13.4 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 4.21 | 4.21 | 4.21 | |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios : VFA | % | 85.30 | 85.47 | 85.90 | 85.6 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 852 | 844 | 851 | |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 818 | 810 | 817 | 815 |
| 36 | Fluencia | mm. | 3.15 | 3.15 | 3.15 | 3.15 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = D*(34/36) | kg/cm. | 2597 | 2563 | 2594 | 2585 |

Observaciones :



Alejandro V. Begazo Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL, CON 1.5 % ADICION DE CAUCHO RECICLADO TAMIZ # 50
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

TESIS : Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022.

ELEMENTO : CARPETA ASFALTICA **HECHO POR** : F.L.G.

MATERIAL : MEZCLA FISICA DE ASFALTO **ING. RESP.** : A.B.G.

CANTERA : BAUNER -EL MILAGRO - TRUJILLO **FECHA** : Dic-22

| 1 | Numero de Probeta | N | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|----|---|--------|--------|--------|--------|----------|
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % | 5.40 | 5.40 | 5.40 | |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % | 35.29 | 35.29 | 35.29 | |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % | 57.90 | 57.90 | 57.90 | |
| 5 | % de caucho reciclado (15) = (100-2)*C | % | 142 | 142 | 142 | |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico | gr/cc. | 10.13 | 10.13 | 10.13 | |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.700 | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. | 2.529 | 2.529 | 2.529 | |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. | 2.697 | 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. | 1213.1 | 1213.5 | 1208.6 | |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01 Hora) | gr. | 1212.9 | 1213.1 | 1207.9 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. | 689.8 | 687.1 | 686.4 | |
| 16 | Volumen de la Probeta = (14-15) | c.c. | 523.1 | 526.0 | 521.5 | |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16) | gr/cc. | 2.319 | 2.307 | 2.318 | 2.315 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.372 | 2.372 | 2.372 | 2.372 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.418 | 2.418 | 2.418 | |
| 20 | % de Vacios = 100 * (18-17) / 18 | % | 2.2 | 2.7 | 2.3 | 2.4 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.543 | 2.543 | 2.543 | |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.709 | 2.709 | 2.709 | |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11)) | gr/cc. | 2.626 | 2.626 | 2.626 | |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = D0*6*((23-21)/(23*21)) | % | 126 | 126 | 126 | |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 86.26 | 85.81 | 86.20 | |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 1151 | 1145 | 1150 | |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral: VMA | % | 13.40 | 13.46 | 13.30 | 13.4 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 4.21 | 4.21 | 4.21 | |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios : VFA | % | 85.90 | 85.07 | 86.49 | 85.8 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 1042 | 1039 | 1054 | |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 1000 | 997 | 1012 | 1003 |
| 36 | Fluencia | mm. | 3.30 | 3.26 | 3.28 | 3.28 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = D*(34/36) | kg/cm. | 3030 | 3058 | 3085 | 3058 |

Observaciones : _____



Alejandro V. Begazo Giraldo
INGENIERO CIVIL
CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI Nº 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote Nº 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

INGEOCAL E.I.R.L. INGENIERIA GEOTECNICA DE ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD E.I.R.L.
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de **Mecánica** de Suelos, Concreto y **Asfalto, Análisis de Agua**

ENSAYO MARSHALL, CON 1.5 % ADICION DE CAUCHO RECICLADO TAMIZ # 60
(NORMA AASHTO T - 245, ASTM D 1559)

TESIS Optimización de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho reciclado, Trujillo, 2022.

ELEMENTO : CARPETA ASFALTICA **HECHO POR** : F.L.G.
MATERIAL : MEZCLA FISICA DE ASFALTO **ING. RESP.** : A.B.G.
CANTERA : BAUNER - ELMILAGRO - TRUJILLO **FECHA** : Dic-22

| 1 | Numero de Probeta | N | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|----|---|--------|--------|--------|--------|----------|
| 2 | C.A. en Peso de la Mezcla | % | 5.40 | 5.40 | 5.40 | |
| 3 | % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla = (100-2)*A | % | 35.29 | 35.29 | 35.29 | |
| 4 | % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla = (100-2)*B | % | 57.90 | 57.90 | 57.90 | |
| 5 | % de caucho reciclado (15) = (100-2)*C | % | 142 | 142 | 142 | |
| 6 | Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico | gr/cc. | 10.13 | 10.13 | 10.13 | |
| 7 | Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.545 | 2.545 | 2.545 | |
| 8 | Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada | gr/cc. | 2.700 | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| 9 | Peso Especifico Bulk de la Arena | gr/cc. | 2.529 | 2.529 | 2.529 | |
| 10 | Peso Especifico Aparente de la Arena | gr/cc. | 2.697 | 2.697 | 2.697 | 2.697 |
| 11 | Peso Especifico Aparente del Filler | gr/cc. | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 12 | Altura Promedio de la Probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la Probeta en el Aire | gr. | 1211.1 | 1213.8 | 1208.7 | |
| 14 | Peso de la Probeta Saturada (01Hora) | gr. | 1213.4 | 1213.2 | 1208.3 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua | gr. | 690.1 | 687.3 | 686.9 | |
| 16 | Volumen de la Probeta = (14-15) | c.c. | 523.3 | 525.9 | 521.4 | |
| 17 | Peso Especifico Bulk de la Probeta = (13/16) | gr/cc. | 2.320 | 2.308 | 2.318 | 2.315 |
| 18 | Peso Especifico Maximo (RICE) | gr/cc. | 2.375 | 2.375 | 2.375 | 2.375 |
| 19 | Maxima Densidad Teorica = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.418 | 2.418 | 2.418 | |
| 20 | % de Vacios = 100*(18-17)/18 | % | 2.3 | 2.8 | 2.4 | 2.5 |
| 21 | Peso Especifico Bulk del Agregado Total = (3+4+5)/((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc. | 2.543 | 2.543 | 2.543 | |
| 22 | Peso Especifico Aparente del Agregado Total = (3+4+5)/((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.709 | 2.709 | 2.709 | |
| 23 | Peso Especifico Efectivo del Agregado Total = (3+4+5)/((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc. | 2.626 | 2.626 | 2.626 | |
| 24 | C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco = 100*(23-21)/(23*21) | % | 126 | 126 | 126 | |
| 25 | % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta | % | 86.30 | 85.85 | 86.22 | |
| 26 | % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta | % | 1139 | 1133 | 1138 | |
| 27 | % Vacios del Agregado Mineral: VMA | % | 13.70 | 14.15 | 13.78 | 13.9 |
| 28 | C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla | % | 4.21 | 4.21 | 4.21 | |
| 29 | Relacion Asfalto - Vacios : VFA | % | 83.13 | 80.08 | 82.63 | 81.9 |
| 32 | Estabilidad sin Corregir | kg | 1333 | 1365 | 1340 | |
| 33 | Factor de Estabilidad (Tabla) | | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 34 | Estabilidad Corregida = 32*33 | kg | 1280 | 1310 | 1386 | 1292 |
| 36 | Fluencia | mm. | 4.06 | 4.01 | 4.03 | 4.03 |
| 37 | Relacion Estabilidad / Fluencia = 1*(34/36) | kg/cm. | 3153 | 3267 | 3191 | 3204 |

Observaciones :


 Alejandro V. Begazo Giraldo
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 139180

RESOLUCIÓN DE INDECOPI N° 007971 – 2022/DSD INDECOPI
Urb. Covicorti Mz. A2 - Lote N° 28 - Trujillo

CLARO: 949172510 ENTEL: 990282012, frankling_267@hotmail.com

ANEXO N°3.Especificaciones para la mezcla de concreto bituminoso

| Parámetro de Diseño | Clase de Mezcla | | |
|--|-------------------------|---------|---------|
| | A | B | C |
| Marshall MTC E 504 | | | |
| 1. Compactación, número de golpes por lado | 75 | 50 | 35 |
| 2. Estabilidad (mínimo) | 8,15 kN | 5,44 kN | 4,53 kN |
| 3. Flujo 0,01" (0,25 mm) | 8-14 | 8-16 | 8-20 |
| 4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505) | 3-5 | 3-5 | 3-5 |
| 5. Vacíos en el agregado mineral | <u>Ver Tabla 423-10</u> | | |
| Inmersión – Compresión (MTC E 518) | | | |
| 1. Resistencia a la compresión Mpa mín. | 2,1 | 2,1 | 1,4 |
| 2. Resistencia retenida % (mín.) | 75 | 75 | 75 |
| Relación Polvo – Asfalto (2) | 0,6-1,3 | 0,6-1,3 | 0,6-1,3 |
| Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3) | 1.700-4.000 | | |
| Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283 | 80 Mín. | | |

| Tamiz | Vacíos mínimos en agregado mineral % | |
|-----------------|--------------------------------------|-----------|
| | Marshall | Superpave |
| 2,36 mm (N.º 8) | 21 | - |
| 4,75 mm (N.º 4) | 18 | - |
| 9,50 mm (3/8") | 16 | 15 |
| 12,5 mm (½") | 15 | 14 |
| 19,0 mm (3/4") | 14 | 13 |
| 25,0 mm (1") | 13 | 12 |
| 37,5 mm (1 ½") | 12 | 11 |
| 50,0 mm (2") | 11,5 | 10,5 |

ANEXO N°4. Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

| Tamiz | Porcentaje que pasa | | |
|------------------|---------------------|--------|-------|
| | MAC -1 | MAC-2 | MAC-3 |
| 25,0 mm (1") | 100 | | |
| 19,0 mm (3/4") | 80-100 | 100 | |
| 12,5 mm (1/2") | 67-85 | 80-100 | |
| 9,5 mm (3/8") | 60-77 | 70-88 | 100 |
| 4,75 mm (N.° 4) | 43-54 | 51-68 | 65-87 |
| 2,00 mm (N.° 10) | 29-45 | 38-52 | 43-61 |
| 425 µm (N.° 40) | 14-25 | 17-28 | 16-29 |
| 180 µm (N.° 80) | 8-17 | 8-17 | 9-19 |
| 75 µm (N.° 200) | 4-8 | 4-8 | 5-10 |

ANEXO N°5. Certificados de calibración de los equipos de laboratorio.



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA - LM - 029 - 2022

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura

| | |
|---------|---------|
| Inicial | Final |
| 23.6 °C | 23.6 °C |

| Carga L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | e.m.p ** (± mg) |
|----------------|------------|---------|--------|---------|--------------|---------|--------|---------|--------------------|
| | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) | |
| 10 | 10 | 500 | 0 | | | | | | |
| 20 | 20 | 400 | 100 | 100 | 20 | 500 | 0 | 0 | 1,000 |
| 100 | 100 | 500 | 0 | 0 | 100 | 500 | 0 | 0 | 1,000 |
| 500 | 500 | 400 | 100 | 100 | 500 | 400 | 100 | 100 | 2,000 |
| 1,000 | 1,000 | 500 | 0 | 0 | 1,000 | 500 | 0 | 0 | 2,000 |
| 5,000 | 5,000 | 400 | 100 | 100 | 5,000 | 400 | 100 | 100 | 3,000 |
| 10,000 | 10,000 | 600 | -100 | -100 | 10,000 | 500 | 0 | 0 | 3,000 |
| 15,000 | 15,000 | 500 | 0 | 0 | 15,000 | 500 | 0 | 0 | 3,000 |
| 20,000 | 20,000 | 600 | -100 | -100 | 20,000 | 600 | -100 | -100 | 3,000 |
| 25,000 | 25,000 | 500 | 0 | 0 | 25,000 | 500 | 0 | 0 | 3,000 |
| 30,000 | 30,000 | 600 | -100 | -100 | 30,000 | 600 | -100 | -100 | 3,000 |

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza ΔL: Carga adicional E₀: Error en cero.

I: Indicación de la balanza E: Error encontrado E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0.3787222 \text{ g}^2 + 0.0000000237 \text{ R}^2)}$

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R - 0.0000032 \text{ R}$

12. Incertidumbre

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

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

Fin del documento



☎ 977 997 385 - 913 028 621

☎ 913 028 622 - 913 028 623

☎ 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ comercial@calibratec.com.pe

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS
RUC: 20606479680

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 029 - 2022

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

| | | | | | |
|------------------|-------|------------------|----------|--------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | PLATAFORMA | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | SISTEMA DE TRABA | NO TIENE | CURSOR | NO TIENE |
| | | NIVELACIÓN | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición Nº | Carga L1 = 15,000 g | | | Carga L2 = 30,000 g | | |
|--------------------------|---------------------|---------|--------|--------------------------|---------|---------|
| | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) |
| 1 | 15,000 | 600 | -100 | 30,000 | 200 | 300 |
| 2 | 15,000 | 500 | 0 | 30,000 | 500 | 0 |
| 3 | 15,001 | 700 | 800 | 30,000 | 500 | 0 |
| 4 | 15,000 | 500 | 0 | 29,999 | 200 | -700 |
| 5 | 15,000 | 600 | -100 | 30,000 | 500 | 0 |
| 6 | 15,000 | 500 | 0 | 30,001 | 700 | 800 |
| 7 | 15,000 | 500 | 0 | 30,000 | 500 | 0 |
| 8 | 15,000 | 200 | 300 | 30,000 | 800 | -300 |
| 9 | 14,999 | 300 | -800 | 29,999 | 300 | -800 |
| 10 | 15,000 | 500 | 0 | 30,000 | 500 | 0 |
| Diferencia Máxima | | 1,600 | | Diferencia Máxima | | 1,600 |
| Error Máximo Permissible | | ± 3,000 | | Error Máximo Permissible | | ± 3,000 |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| Posición de la Carga | Determinación del Error en Cero Eo | | | | Determinación del Error Corregido Ec | | | | | |
|-----------------------|------------------------------------|-------|---------|---------|--------------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------|---------|
| | Carga Mínima* | l (g) | ΔL (mg) | Eo (mg) | Carga L (g) | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) | |
| 1 | 10 g | 10 | 500 | 0 | 10,000 | 10,001 | 800 | 700 | 700 | |
| 2 | | 10 | 400 | 100 | | 10,000 | 500 | 0 | -100 | |
| 3 | | 10 | 500 | 0 | | 10,000 | 400 | 100 | 100 | |
| 4 | | 10 | 400 | 100 | | 9,999 | 200 | -700 | -800 | |
| 5 | | 10 | 500 | 0 | | 10,000 | 500 | 0 | 0 | |
| * Valor entre 0 y 10e | | | | | | | | | Error máximo permisible | ± 3,000 |



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ comercial@calibratec.com.pe



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA - LM - 029 - 2022

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
MZ - A2 - LT. 28 - URB. COVICORTI - LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 23.6 °C | 23.6 °C |
| Humedad Relativa | 51% | 51% |

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| METROIL | JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1) | M-0687-2022 |
| METROIL | JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1) | M-0688-2022 |
| METROIL | JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1) | M-0726-2022 |
| METROIL | JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1) | M-0689-2022 |
| METROIL | TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO | T-1774-2022 |

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 977 997 385 - 913 028 621

☎ 913 028 622 - 913 028 623

☎ 913 028 624

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

✉ comercial@calibratec.com.pe

🏢 CALIBRATEC SAC



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

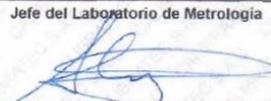
Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA - LM - 029 - 2022

Página 1 de 4

| | | |
|--------------------------------|---|---|
| 1. Expediente | 0213-2022 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema |
| 2. Solicitante | INGEOCAL E.I.R.L. | |
| 3. Dirección | MZ. A2 - LT. 28 - URB. COVICORTI - TRUJILLO - LA LIBERTAD | |
| 4. Equipo de medición | BALANZA ELECTRÓNICA | <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p> |
| Capacidad Máxima | 30000 g | |
| División de escala (d) | 1 g | |
| Div. de verificación (e) | 1 g | |
| Clase de exactitud | III | |
| Marca | OHAUS | |
| Modelo | R31P30 | |
| Número de Serie | 8339530287 | |
| Capacidad mínima | 20 g | |
| Procedencia | U.S.A. | |
| Identificación | NO INDICA | |
| 5. Fecha de Calibración | 2022-08-18 | |

| | | |
|-------------------------|---|--|
| Fecha de Emisión | Jefe del Laboratorio de Metrología | Sello |
| 2022-08-19 |  MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES |   |

☎ 977 997 385 - 913 028 621

☎ 913 028 622 - 913 028 623

☎ 913 028 624

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

✉ comercial@calibratec.com.pe

🏢 CALIBRATEC SAC

ANEXO N° 6. Panel Fotográfico



Fotografía N°01 – Preparación del agregado grueso.



Fotografía N°02 – Límites de atterberg.



Fotografía N°03 – Límites de atterberg.



Fotografía N°04 – Caracterización de agregados.



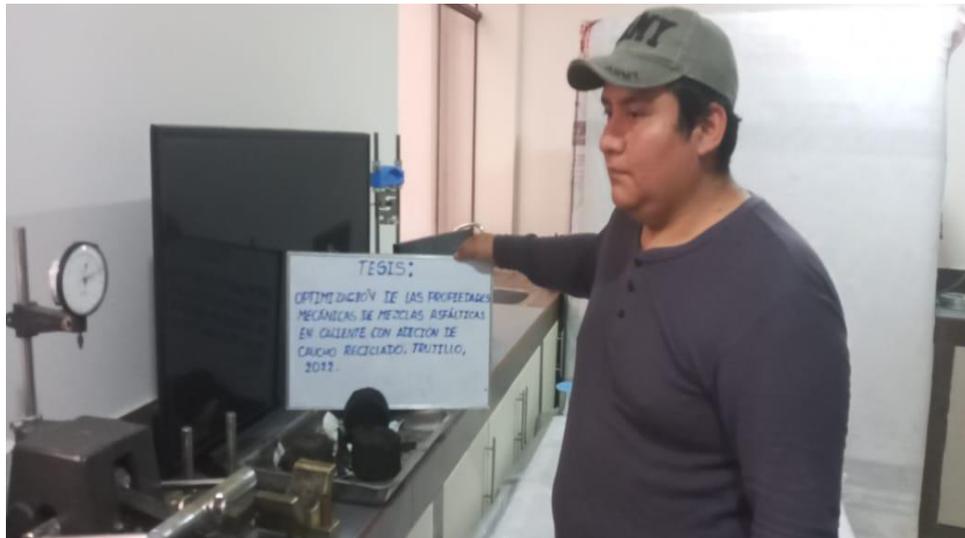
Fotografía N°05 – Caracterización de agregado fino.



Fotografía N°06 – Caracterización de agregado grueso.



Fotografía N°07 – Caracterización de agregado grueso.



Fotografía N°08 – Conformación de briquetas de ensayo.



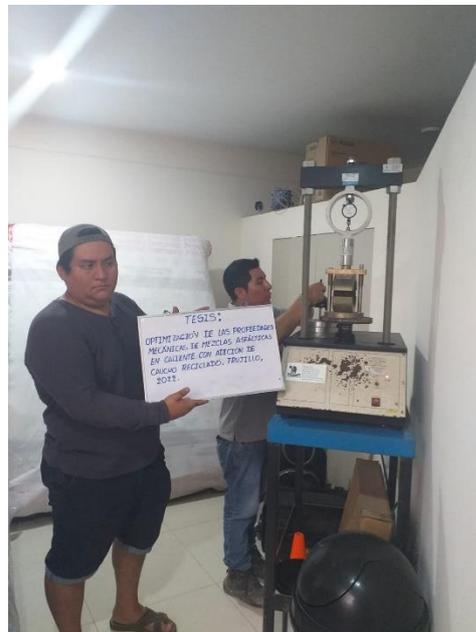
Fotografía N°09 – Conformación de briquetas de ensayo.



Fotografía N°10 – Ensayo de marshall



Fotografía N°11 – Ensayo de Marshall



Fotografía N°12 – Ensayo de Marshall



Fotografía N°13 – Preparación del caucho reciclado.



Fotografía N°14 – Corte del caucho reciclado.



Fotografía N°15 – Acumulación del caucho reciclado molido.