



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Evaluación de propiedades mecánicas de mezclas con asfalto
PG 76-10E modificado con polímero elastómero y con polímero
plástomero

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTORES:

De la Cruz Quispe, Katherine Kelly

(0000-0002-5650-4000)

Godoy Tarrillo, Omar Honorato

(0000-0003-2597-9748)

ASESOR:

Dr. Suarez Alvites, Alejandro

(0000-0002-9397-057X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

A nuestras familias por brindarnos su apoyo y ánimos para poder cumplir la meta trazada y hacer posible el desarrollo del proyecto de investigación.

Agradecimiento

A nuestras familias por el apoyo brindado durante el desarrollo del proyecto de investigación. A la Ing. Wendy Herencia con quien es un gusto trabajar y de quien he aprendido gran parte del tema que explico en la presente investigación. A TDM Asfaltos, por brindarnos su apoyo al presente proyecto de investigación.

Índice de contenidos

| | |
|---|----|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| III. MÉTODO | 24 |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación..... | 25 |
| 3.2 Variables y operacionalización | 25 |
| 3.3 Población, muestra y muestreo..... | 26 |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 27 |
| 3.5 Procedimientos..... | 29 |
| 3.6 Método de análisis de datos..... | 30 |
| 3.7 Aspectos éticos..... | 30 |
| IV. RESULTADOS..... | 31 |
| V. DISCUSIÓN..... | 47 |
| VI. CONCLUSIONES | 52 |
| VII. RECOMENDACIONES | 55 |
| REFERENCIAS..... | 57 |
| ANEXOS..... | 61 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 . Requisitos para mezcla asfáltica..... | 16 |
| Tabla 2. Especificación de asfaltos por grado de desempeño..... | 19 |
| Tabla 3. Denominación AASHTO M332 para el grado de desempeño de un asfalto a una temperatura dada. | 20 |
| Tabla 4. Especímenes de ensayo | 27 |
| Tabla 5. Clasificación de PG de asfaltos con polímero elastómero y con polímero plástomero..... | 32 |
| Tabla 6. Clasificación por MSCR asfaltos modificados con polímero elastómero y con polímero plástomero..... | 33 |
| Tabla 7. Caracterización del agregado grueso | 34 |
| Tabla 8. Caracterización del agregado fino | 34 |
| Tabla 9. Mezcla de agregados..... | 34 |
| Tabla 10. Uso granulométrico utilizado | 35 |
| Tabla 11. Materiales para el diseño de mezcla asfáltica en caliente..... | 36 |
| Tabla 12. Resumen de diseño Marshall | 36 |
| Tabla 13. Resumen de diseño Marshall | 38 |
| Tabla 14. Estabilidad de las mezclas con asfalto PG76-10E modificados con polímero elastómero y con polímero plástomero..... | 40 |
| Tabla 15. Flujo de las mezclas con asfalto PG76-10E modificados con polímero elastomero y con polímero plástomero..... | 41 |
| Tabla 16 . Resultados de ensayo de Rueda de Hamburgo | 42 |
| Tabla 17. Resultados de ensayo de vida a fatiga..... | 44 |
| Tabla 18. Resultados de ensayo de Modulo Resiliente..... | 45 |
| Tabla 19. Datos para el diseño de pavimento..... | 46 |
| Tabla 20. Diseño del pavimento..... | 46 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Separación de componentes asfálticos en función de su solubilidad en cierto tipo de solventes. | 12 |
| Figura 2. Dispersión de polímero a nivel microscópico. | 13 |
| Figura 3. Dispersión de polímero a nivel macroscópico. | 13 |
| Figura 4. Componente del diagrama de compactación de una mezcla asfáltica. | 15 |
| Figura 5. Reómetro de corte dinámico. | 17 |
| Figura 6. Esfuerzo cortante y deformación resultante. | 18 |
| Figura 7. Falla por ahuellamiento en pavimentos flexibles. | 21 |
| Figura 8. Ensayo de Rueda de Hamburgo. | 21 |
| Figura 9. Gráfico de pasadas versus profundidad de ahuellamiento. | 22 |
| Figura 10. Fisuración por fatiga. | 23 |
| Figura 11. Ensayo de vida a fatiga. | 23 |
| Figura 12. Especificaciones granulométrica ASTM D3515 D5. | 35 |
| Figura 13. Curvas de diseño de mezcla con asfalto PG76-10E modificado con polímero elastómero. | 38 |
| Figura 14. Curvas de diseño de mezcla con asfalto PG76-10E modificado con polímero plástomero. | 39 |

Índice de abreviaturas

PG: Grado de Desempeño

MSCR: Multi Stress Creep Recovery

ASTM: American Society for Testing and Materials

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

INVIAS: Instituto Nacional de Vías

BBR: Bending Beam Rheometer

DSR: Reómetro de corte dinámico

RTFO: Rollign Thin Film Oven

PAV: Pressure Aging Vessel

AMP: Asfalto Modificado con Polímero

VMA: Vacíos del agregado mineral

VFA: Vacíos llenos con asfalto

Va: Vacíos de aire

G_{max}: Densidad

G*: Módulo de corte complejo

δ: ángulo de fase

J_{nr}: fluencia no recuperable

R: Recuperacion

σ_t: Esfuerzo máximo a tensión

ε_t: Deformación máxima a tensión

S: Modulo de rigidez a flexión

Resumen

La presente investigación se realizó con el fin de evaluar y comparar las propiedades mecánicas de dos mezclas elaboradas con asfaltos PG 76-10E modificado con polímero elastómero y con polímero plástomero, además conocer la relevancia del tipo de polímero utilizado en la modificación de asfaltos y como la selección de este se verá reflejado en el diseño y desempeño de una mezcla asfáltica en términos de vida útil. El diseño de mezclas se alinea con los requerimientos de las normas ASTM D-6926/D-6927. La granulometría utilizada para la mezcla fue de tipo densa según ASTM D3515 D5. Las estabilidades obtenidas fueron de 1782 kg para el polímero elastómero, y 1471 kg para el plástomero. Los flujos resultantes fueron de 12.8mm y 12.6 mm respectivamente. El método de Rueda de Hamburgo, según AASHTO T324 determino las profundidades de ahuellamiento de 3.67mm y 3.65 mm. La prueba de fatiga en cuatro puntos AASHTO T321 arrojó los datos de ciclos de carga de 1.28M y 0.52M en forma correspondiente. Otras propiedades como el grado de desempeño (PG) y de esfuerzos de recuperación (MSCR) complementaron el estudio de las características de los materiales. La importancia de este proyecto radica en estudios completos de caracterización de asfaltos y mezclas asfálticas modificadas con polímeros, cuyo procedimiento puede utilizarse como modelo para caracterización de asfaltos avanzados y predecir el comportamiento mecánico y desempeño de la mezcla en el pavimento.

Palabras clave: Asfalto modificados, polímeros elastómero y plástomero, mezcla asfáltica, grado de desempeño, MSCR.

Abstract

The research was carried out in order to evaluate and compare the mechanical properties of two produced mixtures with PG 76-10E asphalt, modified with elastomeric polymer and plastomeric polymer, in addition to knowing the relevance of the polymer type used in the asphalt modification and how the selection of this will be reflected in the design and performance of an asphalt mixture in terms of useful life. Mixtures design aligns with the requirements of ASTM D-6926 / D-6927 standards. The granulometry used for the mixture was dense according to ASTM D3515 D5. The stabilities obtained were 1782 kg for the elastomeric polymer, and 1471 kg for the plastomer. The resulting flows were 12.8mm and 12.6mm respectively. The Hamburg wheel method, according to AASHTO T324, determined rut depths of 3.67mm and 3.65mm. The AASHTO T321 four-point fatigue test returned load cycle data of 1.28M and 0.52M correspondingly. Other properties such as the Performance Grade (PG) and Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) complemented the study of the characteristics of the materials. The importance of this project lies in complete studies of asphalt characterization and asphalt mixtures modified with polymers, whose procedure can be used as a model for characterization of advanced asphalts and predict the mechanical behavior and performance of the mixture on the pavement.

Keywords: Modified asphalt, elastomeric and plastomeric polymers, asphalt mixture, Performance Grade, MSCR.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente los asfaltos convencionales son usados directamente en la construcción de pavimentos flexibles, ya que estos presenta buenas cualidades como aglutinante, impermeabilizante, además de poseer una alta resistencia a los ácidos y álcalis; sin embargo, su durabilidad se ha visto notablemente reducida a razón del aumento en el volumen de tránsito, el cual muchas veces excede las cargas que fueron consideradas en el diseño de un pavimento, otro de los factores que afectan su durabilidad son las altas y bajas temperaturas a las que están sometidos por las condiciones ambientales, dando como resultado la aparición de fallas típicas como agrietamiento por cargas repetitivas, fisuramiento térmicos y deformación permanente los cuales generan el deterioro prematuro de las redes viales (Herencia, 2001).

Las fallas anteriormente mencionadas están relacionadas directamente con la reología de los asfaltos, por esta razón en los ochenta se desarrolló en Estados Unidos el sistema Superpave (Superior Performance Asphalt Pavements) que busco seleccionar las propiedades de los asfaltos basados en la medición de sus propiedades reológicas, teniendo en consideración parámetros de temperatura y cargas dinámicas.

A esto se suma que en los últimos años el volumen de tránsito aumentado considerablemente, en el año 2019 en Perú el Índice Nacional de Flujo Vehicular presento un incrementó de 4.5%, según registro de las Unidades de Peaje, del cual el 5.6% de incremento fue por vehículos ligeros y el 3.2% por tránsito de vehículos pesados, así lo dio a conocer el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Sin embargo, Superpave presenta algunas deficiencias en la cuantificación del impacto que produce la modificación con polímeros sobre las propiedades reológicas del asfalto, por esta razón se complementó esta clasificación con el ensayo de Multiple Stress Creep & Recovery (MSCR) generando una nueva especificación (AASHTO M332) que permite caracterizar el asfalto de una manera más eficiente ante la falla por ahuellamiento causado por las cargas repetitivas en los pavimentos.

Una alternativa que brinda un mejor comportamiento de los pavimentos a las variaciones climáticas y el creciente volumen del tránsito, es el uso de asfaltos modificados con polímero. El polímero al ser adicionado al asfalto y luego de un proceso de digestión donde este se dispersa totalmente en el asfalto, las propiedades físicas y químicas se ven mejoradas, reduciendo la susceptibilidad térmica, mejorando el comportamiento elástico, aumentando la resistencia a la deformación permanente, mitigando la fisuración por bajas temperaturas y cargas repetitivas, otro de los beneficios que brindan los polímeros son la mejoría en la adhesividad entre los agregados y el asfalto, disminuyen la abrasión y mejoran la resistencia al envejecimiento. Al ser los asfaltos materiales termoplásticos, su comportamiento dependerá de la zona climática donde se ubique el pavimento, por tal motivo se estableció la distribución del grado de desempeño (PG) de ligantes asfálticos con base en las condiciones climáticas de cada región del Perú (Escalante y Fernández, 2013).

En vista a lo mencionado, para la investigación se seleccionó dos ligantes asfálticos modificados con polímero elastómero y con polímero plástomero que cumplan un mismo PG y MSCR, un asfalto PG 76-10E, basado en los registros de medición vehicular y condiciones climáticas del tramo Caleta Cruz – Dv. Puerto Pizarro perteneciente a la Región Tumbes cuyo proyecto fue: “Reformulación del estudio de pre inversión a nivel de perfil de la construcción de la vía de evitamiento de la ciudad de Tumbes”. En segunda instancia, se realizó un comparativo de las propiedades mecánicas que cada asfalto modificado aporta a la mezcla en términos de estabilidad, flujo, resistencia al ahuellamiento y resistencia a la fatiga.

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general el cual fue: ¿Cuál es la diferencia en las propiedades mecánicas de estabilidad, flujo, resistencia al ahuellamiento y resistencia a la fatiga de mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero y con polímero plástomero? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Cuáles son las propiedades mecánicas de estabilidad, flujo, resistencia al ahuellamiento y resistencia a la fatiga de la mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero?
- **PE2:** ¿Cuáles son las propiedades mecánicas propiedades mecánicas de estabilidad, flujo, resistencia al ahuellamiento y resistencia a la fatiga de la mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero?

La investigación busca conocer la relevancia del tipo de polímero utilizado en la modificación de asfaltos y como la selección de este se verá reflejado en el diseño y desempeño de una mezcla asfáltica en términos de vida útil, utilizando dos asfaltos modificados con mismo PG y MSCR, pero diferente tipo de polímero modificador tanto elastómero como plástomero.

La investigación ayudara a seleccionar correctamente el tipo de polímero a usar independiente sea el PG y MSCR definido por el proyecto, ya que las clasificaciones por ambos métodos son ajenas al tipo de polímero modificador.

Socialmente la investigación permitirá ayudar a generar pavimentos durables que tengan buen desempeño generando confort al usuario, brindando mayor tiempo de vida útil y reduciendo los costos y tiempos de mantenimiento ayudando a crear pavimentos sostenibles.

El objetivo general fue: determinar la diferencia en las propiedades mecánicas de estabilidad, flujo, resistencia al ahuellamiento y resistencia a la fatiga de mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero y con polímero plástomero. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Determinar las propiedades mecánicas de estabilidad, flujo, resistencia al ahuellamiento y resistencia a la fatiga de la mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero.
- **OE2:** Determinar las propiedades mecánicas de estabilidad, flujo, resistencia al ahuellamiento y resistencia a la fatiga de la mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero.

Como hipótesis general se planteó que existe una diferencia significativa en las propiedades mecánicas de estabilidad, flujo, resistencia a la deformación permanente y resistencia a la fatiga de mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero y con polímero plástomero.

II. MARCO TEÓRICO

Para la investigación realizada se utilizaron artículos científicos y tesis de diferentes autores nacionales e internacionales los cuales son:

Augusto, *et al.* (2019) en su artículo, *“Influencia del tipo de ligante bituminoso y dosis en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas densas”*, analizó el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas densas diseñadas con ligantes asfálticos de petróleo clasificados por penetración CAP 10/20, CAP 30/45 y CAP 50/70. Para ello realizaron estudios de caracterización del agregado y ligantes bituminoso para comprender mejor las propiedades de estos materiales. A fin de calcular la curva granulométrica utilizaron la ecuación de Füller-Talbot, que es una de las más eficiente en cuanto a la distribución de la disposición de las partículas que forman el esqueleto mineral de las mezclas de asfalto, en relación con los métodos empíricos experimentales utilizados en Brasil. Para la dosificación de mezclas de asfalto, utilizaron la metodología Marshall. Los resultados indican que las características intrínsecas de cada aglutinante de asfalto son preponderantes en cuanto a la influencia en la dosificación y el rendimiento mecánico de las mezclas de asfalto, en las que cuanto menor sea la clasificación por penetración de los aglutinantes bituminosos probados, mejores serán los resultados.

Hernández y Ossa (2019) en su artículo, *“Simulación del agrietamiento por fatiga en una sección de pavimento utilizando CALME”* simularon el comportamiento a fatiga de diferentes mezclas asfálticas realizadas en laboratorio, para lo cual utilizaron los datos del tránsito, condiciones climáticas y módulos elásticos de las capas no estabilizadas que posteriormente fueron introducidas en una herramienta empírico-mecanicistas para simular el daño por fatiga en la sección de pavimento, modificando las propiedades de rigidez y fatiga de las mezclas asfálticas en las simulaciones realizadas, para lo cual utilizaron asfaltos modificados con polímeros plástomero y elastómeros con diferentes PG y MSCR, concluyendo que de los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas con CALME mostraron que las mezclas asfálticas fabricas con asfaltos modificados con polímero plástomero y elastómero presentaron una mayor resistencia al daño por fatiga respecto a la mezcla con asfalto convencional.

Elizondo, *et al.* (2019) en su artículo, “*Comparación del aporte de los ligantes asfálticos modificados y sin modificar en el desempeño de mezclas asfálticas en caliente*”, evaluó mediante ensayos de laboratorio relacionados con la susceptibilidad a la deformación permanente, daño por humedad y fisuramiento por fatiga a asfaltos convencionales y modificados, para lo cual analizaron el desempeño de las mezclas asfálticas en el Analizador de Pavimentos Asfálticos (APA), Rueda Cargada de Hamburgo y la prueba de fatiga en vigas a flexotracción a 2 deformaciones distintas. Adicionalmente, generaron modelos de fatiga a partir de los resultados obtenidos en el ensayo de fatiga para estimar las repeticiones de carga para una mezcla asfáltica convencional y otra modificada a escala de laboratorio. Con esto se determina la resistencia al fisuramiento por fatiga de ambas mezclas y se realizó un análisis mecanístico-empírico de una estructura típica de pavimento flexible, demostrando que las mezclas con asfalto modificado poseen mayor resistencia a la deformación permanente y una marcada mejora de la resistencia al agrietamiento por fatiga.

Dekeper, *et al* (2019) en su artículo, “*Estudio de la deformación permanente y la fatiga de mezclas asfálticas con ligantes convencionales y modificados*”. Estudió el comportamiento de mezclas asfálticas con respecto a la influencia del tipo de aglutinante asfáltico utilizado, el método de dosificación y la disposición granulométrica sobre la resistencia a la deformación permanente y al daño por fatiga, para lo cual usaron asfalto convencional CAP 50/70, asfalto modificado con polímero 60/85, y asfalto altamente modificado por el polímero HIMA. Obteniendo como resultados que las mezclas con asfalto modificado presentar mejor resistencia a la deformación permanente y resiste a la fatiga.

Kröger y Pfeiff (2019) en su artículo, “*Ensayos ágiles en DSR para estimar desempeño de mezclas asfálticas*”. Plantearon al ensayo MSCR (Multiple Stress Creep and Recovery) y ensayo LAS (Linear Amplitude Sweep) como métodos para estimar el desempeño que tendrá un ligante en la mezcla asfáltica. Puesto que para determinar el comportamiento del asfalto a la deformación permanente mediante el ensayo de Rueda de Hamburgo demanda un tiempo mayor a las seis horas y con respecto al estudio de fatiga,

el tiempo es variable según la deformación seleccionada, por lo cual la longitud del ensayo puede variar de entre unas horas hasta varios días. Además, luego es necesario ensayar a diversas frecuencias y temperaturas para obtener una única ley de fatiga. Los resultados que obtuvieron de los ensayos realizados son fueron muy alentadores y permiten afirmar que existe una relación entre los ensayos que permitirá a los diseñadores de pavimentos, proveedores de asfalto e investigadores a ahorrar tiempo y a experimentar con una mayor cantidad de variantes en el ligante.

Kröger y Pfeiff (2019) en su artículo, *“Análisis comparativo del desempeño de cementos asfálticos altamente modificados”*. Estudió comparativamente el desempeño de un cemento asfáltico altamente modificado, denominado HiMA (Highly Modified Asphalt), con respecto a un asfalto modificado estándar (AM3) y un convencional (AC-30), Para ello realizaron análisis reológicos en el reómetro de corte dinámico (DSR) con el fin de estudiar su comportamiento mediante los ensayos de PG (Performance Grading) y de MSCR (Multiple Stress Creep Recovery), también evaluaron el desempeño de cada mezcla asfáltica, utilizando el mismo diseño de mezcla para cada tipo de cemento mediante el ensayo de Rueda de Hamburgo, fatiga en viga de cuatro puntos y Módulo dinámico. De lo cual concluyeron en todos los ensayos que las mezclas asfálticas con asfalto altamente modificado (HiMA) presentan mejores características y desempeño que las mezclas con los asfaltos modificados estándar y convencionales, que el sistema de grado por PG es una herramienta útil pero que presenta sus falencias; por ende surge como alternativa el ensayo MSCR para lograr una caracterización más eficaz del desempeño de ligantes asfálticos en lo referente a la deformación permanente o ahuellamiento.

El HiMA presentó la mejor categorización (E) para temperaturas desde los 64°C hasta los 76°C y tiene un comportamiento 4 veces mejor que un AM3 respecto a las deformaciones permanentes y una durabilidad de más del doble en el ensayo de fatiga para una mezcla CAC S12.

Zambrano y Delgado (2019) en su artículo *“Evaluación del desempeño de mezclas asfálticas con la rueda cargada de Hamburgo”*, Realizo un comparativo de diferentes diseños de mezclas asfálticas de granulometría

densa elaboradas con un ligante asfáltico convencional, un asfalto modificado con polímero elastómero y otro modificado con polímero plástomero, las cuales llevo a ensayar al equipo de Rueda de Hamburgo, puesto que este es un ensayo que es utilizado en México para medir la susceptibilidad al ahuellamiento de las mezclas asfálticas, para lo cual considero una deformación máxima de 10 mm para 20,000 pasadas de la rueda a una temperatura de 50°C, de lo cual concluyo que los agregados y su estructura en la mezcla son más importantes que el uso de los asfaltos modificados, así como que para condiciones estandarizadas el ensayo no identifica el aporte del tamaño máximo nominal del agregado y asfalto utilizado.

Hernández (2017) en su investigación, *“Bases fundamentales de uso de asfalto modificado en pavimentos usando elastómeros de estireno butadieno”*. Evidencia las ventajas que proporcionan los asfaltos modificados frente a los asfaltos convencionales, además indico que el grupo de polímero elastómeros de estireno butadieno son los de mayor relevancia en la modificación de asfaltos quienes actúan como medio adhesivo en los agregados para el uso en pavimentos.

Huamán y Chang (2016) en su investigación, *“La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú”*, indicó que una de las fallas más preocupantes es la deformación permanente ya que este es la principal causa del deterioro del pavimento, esto conlleva a la necesidad de fomentar nuevas especificaciones técnicas para el diseño de mezclas asfálticas, y así obteniendo los resultados de estudio, puedan incorporar el uso de modificadores como polímeros, y la aplicación de la tecnología superpave para una mejor caracterización de materiales. con el fin de incrementar la durabilidad de los pavimentos.

Infante y Vásquez (2016) en su Tesis, *“Estudio comparativo del método convencional y uso de los polímeros EVA y SBS en la aplicación de mezclas asfálticas”*. Comparo mezclas con asfalto convencional y mezclas con asfalto modificado con polímero EVA y SBS, con el fin de evaluar el comportamiento mecánico mediante la estabilidad y fluencia, de lo cual concluyeron que los

polímeros EVA y SBS aportaron un incremento de estabilidad con respecto a la mezcla con asfalto convencional.

De la cruz (2015) En su investigación, *“Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBS y SB, con agregados provenientes de la cantera de tres tomas – Ferreñafe”*. Brindó al proyectista una guía básica sobre el uso de mezclas asfálticas modificadas con polímeros. Lo cual consiste en modificar la mezcla asfáltica convencional tanto en frío como en caliente con polímeros SBS y SB. Desarrollo un análisis comparativo de costos entre ambas mezclas asfálticas, con la finalidad que profesional tenga en cuenta las notaciones que desarrolló para la selección y uso adecuado en obra.

Pacheco, Delgado y Garnica (2013) en su artículo, *“Análisis de propiedades de desempeño de un ligante asfáltico”*. Determino que el MSCR posee una mejor correspondencia con la deformación permanente que el PG, correlacionando el MSCR con el desempeño en mezclas asfálticas como deformación a alta temperatura y la falla a la fatiga, adicionalmente nos indican que esta prueba nos puede ayudar en la identificación de la modificación de un asfalto.

Castillo (2011) En su investigación, *“Análisis comparativo de mezclas modificadas con diferentes asfaltos empleando granulometrías: densa, semidensa y abierta, empleando la Rueda de Hamburgo “* nos indica que los factores principales para que los pavimentos presenten falla por ahuellamiento son un mal diseño de estructura o una mala elección de agregados y tipo de asfalto, para lo cual realizo un comparativo de mezclas convencionales y modificadas con diferentes polímeros tanto elastómero y plástomero utilizando un mismo agregado para el diseño, con el fin de comprobar su resistencia al ahuellamiento, de lo cual concluyo que las mezclas con asfalto modificado con polímero elastómero y plástomero presentan mejor comportamiento a la resistencia la deformación permanente, además encontró que ambos polímeros aportan un comportamiento similar en parámetros de resistencia al ahuellamiento.

El asfalto es una mezcla compleja de hidrocarburos asfálticos y aromáticos obtenidos durante el proceso de refinamiento de petróleo crudo. El asfalto químicamente posee dos grandes grupos: los asfaltenos y máltenos. En el grupo de los máltenos se pueden distinguir tres grupos estructurales con propiedades definidas y son los saturados, aromáticos y resinas. (Orellana, 2009, p. 33), ver Figura 1.

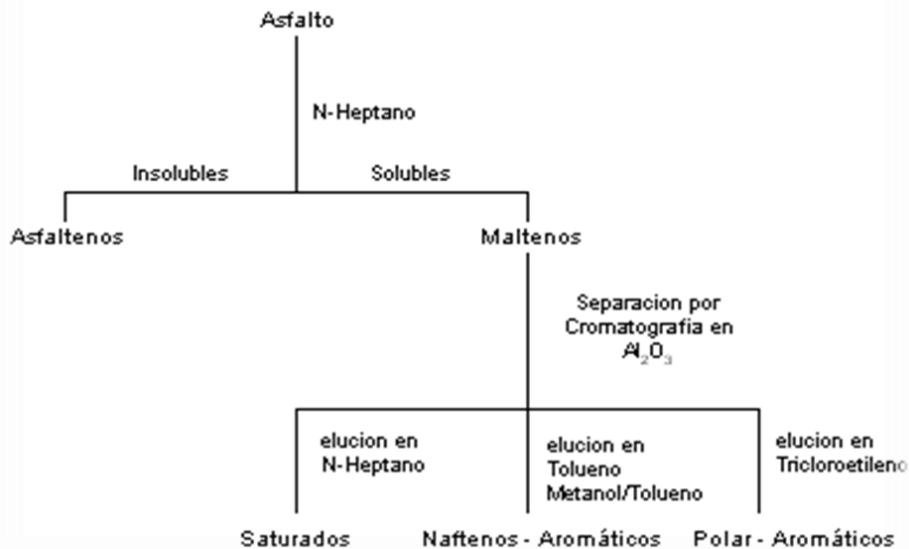


Figura 1. Separación de componentes asfálticos en función de su solubilidad en cierto tipo de solventes (ASTM D 4124, Cromatografía por Adsorción).

Los asfaltos modificados son obtenidos mediante la incorporación de un polímero en un proceso de mezclado a alta temperatura y esfuerzo cortante, los polímeros crearan una red tridimensional que atrapara al asfalto dentro de él, mejorando la resistencia al agrietamiento térmico, la resistencia a la fatiga y la resistencia a deformarse permanentemente debido a que logran disminuir la susceptibilidad térmica del material, aumentando así la vida útil del pavimento (García y Morales 2004), ver Figura 2 y 3.

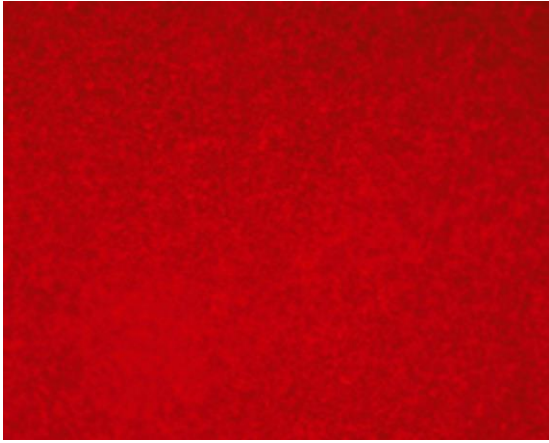


Figura 2. Dispersión de polímero a nivel microscópico.

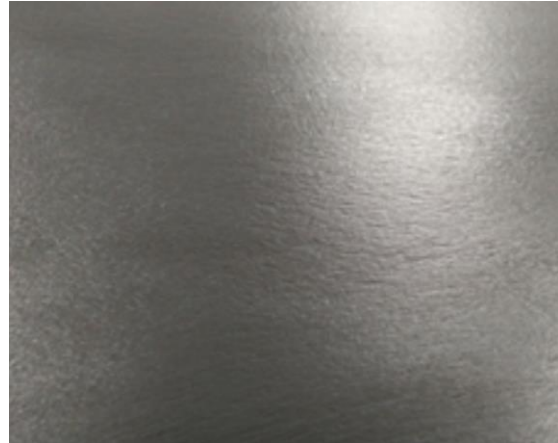


Figura 3. Dispersión de polímero a nivel macroscópico.

Según Herencia (2001) Los polímeros son de estructura molecular grande, poseen alto peso molecular y están formados por la unión covalente de muchas unidades simples llamadas nanómetros, los polímeros molecularmente pueden presentar un esqueleto lineal o radial, también menciona que no todos los polímeros son aptos para la modificación del asfalto, pues no todos presentan un mismo comportamiento. Algunos polímeros pueden presentar mejores propiedades a altas temperaturas y otros a bajas temperaturas.

Los dos grupos de polímero que presentan mejores propiedades en condiciones de alta y baja temperatura son los polímeros plástomero y elastómeros.

Los polímeros de tipo plástomero producen mezclas con mayores estabilidades y módulos de rigidez, los más comunes son:

- Polietileno
- Polipropileno
- Policloruro de vinilo (PVC)
- Copolímeros del etileno tales como el EVA.
- Copolímero del etileno y metil acrilato (EMA).
- Copolímero del etileno y acrilato de butilo (EBA)

Los polímeros de tipo elastómero producen mezclas más flexibles y resilientes, los más usados son:

- Copolímeros SBR.
- Copolímeros en dibloques SB o tribloques SBS.
- Copolímeros del estireno isopreno SIS,
- Terpolímeros EPDM.
- Policloroprenos
- Polímeros SBS carboxilados.

Según la Superpave, los agregados aportan a la mezcla un esqueleto mineral fuerte con el fin de soportar las cargas repetitivas, los agregados deben de ser de textura rugosa y cúbicos, ya que estas evitaran que exista deslizamiento interno durante la aplicación de cargas externas, esto se explica con la ecuación de Mohr-Coulomb, ver ecuación (2), quien menciona que la resistencia al corte depende de que tan unidas estén la particular en términos de cohesión.

$$\tau = c + \sigma * \tan\phi \quad (1)$$

Se define como mezcla asfáltica a la combinación de agregado mineral (incluido el polvo mineral) con un ligante asfáltico que actúan como un sistema estructural resistente, impermeable que transmite las cargas a las capas inferiores del pavimento (Kraemer, 2004, p. 45).

El método de diseño Marshall busca establecer el contenido óptimo de asfalto para un tipo de gradación y cemento asfáltico, considerando las propiedades volumétricas y físico mecánicas como la estabilidad y flujo, en general este método evalúa especímenes que presentan diferentes contenidos de asfalto tal manera que cumplan los requerimientos manuales de carreteras y especificaciones técnicas generales para la construcción EG 2013, ver Figura 4.

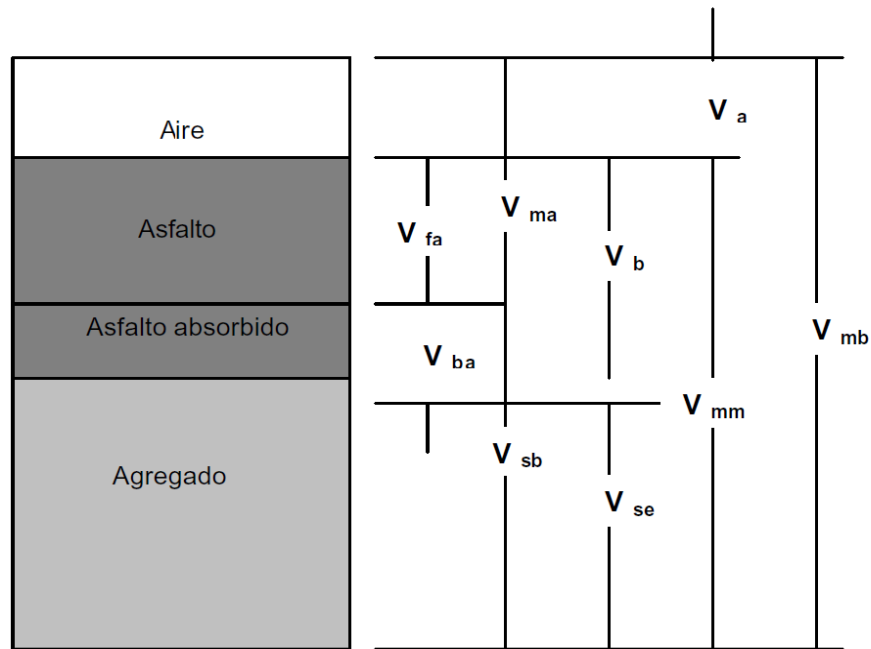


Figura 4. Componente del diagrama de compactación de una mezcla asfáltica.

Las características volumétricas de la mezcla asfáltica son:

- Vacíos de agregados mineral (VMA): Se define como la suma del volumen de vacíos de aire y del ligante asfáltico (no absorbido) en una muestra compactada. La cual representa los vacíos entre las partículas del agregado, cuyo cálculo se realiza como indica la ecuación (2).

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad (2)$$

- Vacíos llenos con asfalto (VFA): Se establece como el volumen de ligante asfáltico efectivo, en este no se incluye el asfalto absorbido, se obtiene como lo indica ecuación (3)

$$VFA = \left(\frac{VMA - \text{Volumen de aire}}{VMA} \right) \times 100 \quad (3)$$

- Vacíos de aire (V_a): Es el volumen total de una pequeña bolsa de aire entre las partículas cubiertas del agregado en una mezcla de pavimento

compactado, expresado como el porcentaje del volumen neto de la mezcla del pavimento compactado, se determina usando la ecuación (4)

$$V_a = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (4)$$

- Densidad (G_{mmax}): La densidad de la mezcla compactada está establecida como su peso unitario. este valor se obtiene de multiplicar la densidad del agua por gravedad específica total de la mezcla.

$$G_{mmax} = \frac{W_m}{V_{mx} * G_{mm} * G_m} * 100 \quad (5)$$

- Contenido de asfalto: Es el total de una mezcla asfáltica menos la proporción de asfalto absorbido en las partículas del agregado, es el óptimo contenido de cemento asfáltico que se debe utilizar para la fabricación de mezcla asfáltica.

Tabla 1. Requisitos para mezcla asfáltica

| 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 | Ver Tabla 423-10 | | |
| 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. | | |

(1) A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3.000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.

(2) Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0,075 mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla.

(3) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est. /flujo sea de la menor magnitud posible.

(4) El Índice de Compactabilidad mínimo será 5.

El Índice de Compactabilidad se define como: $\frac{1}{GEB\ 50 - GEB\ 5}$

Siendo GEB50 y GEB5, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

Fuente: Manuales de carreteras y especificaciones técnicas generales para la construcción EG 2013

Según AASHTO MP1 (1998) El grado de desempeño (PG) es el rango de temperaturas, máxima a mínima, entre las que un cemento asfáltico se desempeña satisfactoriamente. El PG permite seleccionar el cemento asfáltico más adecuado para una determinada obra, en función del clima dominante y de la magnitud del tránsito a que estará sujeta durante su vida útil, el cual se calcula midiendo el módulo de corte complejo (G^*) y el ángulo de fase (δ) quienes miden la deformación del asfalto al someterlo a esfuerzos cortantes, ver Figura 5 y 6.

$$G^* = \tau_{\max} / \gamma_{\max} \quad (5)$$

$$\delta = \omega (\Delta t) \quad (6)$$

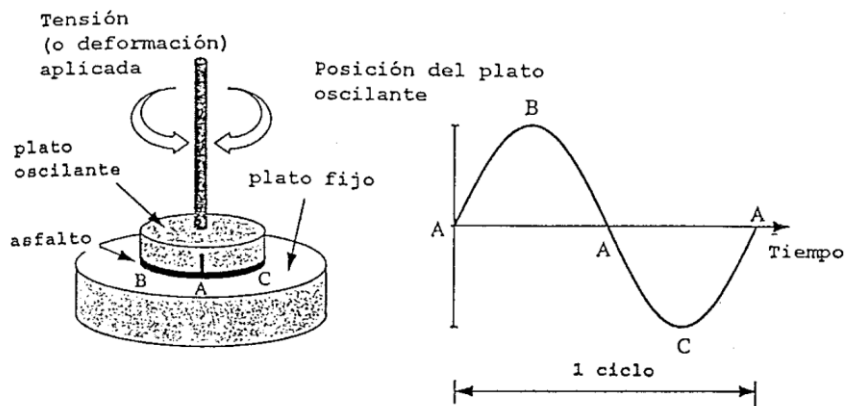


Figura 5. Reómetro de corte dinámico.

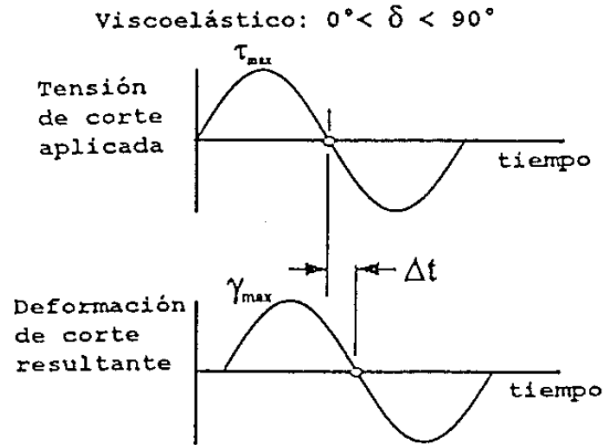


Figura 6. Esfuerzo cortante y deformación resultante.

Si un ligante es clasificado como PG 64-22, debe satisfacer los requerimientos de las propiedades físicas a altas temperaturas hasta 64°C y a bajas temperaturas hasta -22°C del pavimento. Las nuevas especificaciones de Superpave han sido normalizadas y son de aplicación también para los asfaltos modificados con polímeros; la normativa peruana en el manual de carreteras y especificaciones técnicas generales para la construcción EG 2013 también lo menciona, ver Tabla 2.

Tabla 2. Especificación de asfaltos por grado de desempeño

| | PG 70 | | | | | | PG 76 | | | | | | PG 82 | | | | | |
|---|-----------|------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|--|--|
| | 10 | 16 | 22 | 28 | 34 | 40 | 10 | 16 | 22 | 28 | 34 | 10 | 16 | 22 | 28 | 34 | | |
| Temperatura de diseño máxima del pavimento promedio de 7 días, °C ^a | <70 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura de diseño mínima del pavimento, °C ^a | >-10 | >-16 | >-22 | >-28 | >-34 | >-40 | >-10 | >-16 | >-22 | >-28 | >-34 | >-10 | >-16 | >-22 | >-28 | >-34 | | |
| Asfalto original | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punto de inflamación, T 48, °C, mínimo | 230 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Viscosidad, T 316: ^b máximo 3 Pa·s, temp de prueba, °C | 135 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Esfuerzo Cortante Dinámico, T 315: ^c G*/senS, mínimo 1.00 kPa temp de prueba @ 10 rad/s, °C | 70 | | | | | | 76 | | | | | | 82 | | | | | |
| Película delgada en horno rotativo (T 240) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambio de masa, ^d máximo, % | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Esfuerzo cortante dinámico, T 315: ^e G*/senS, mínimo 2.20 kPa temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C | 70 | | | | | | 76 | | | | | | 82 | | | | | |
| Residuo en cámara de presión (R 28) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura de curado PAV, °C ^f | 100 (110) | | | | | | 100(110) | | | | | | 100 (110) | | | | | |
| Esfuerzo cortante dinámico G* senS, máximo 5000 kPa temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C | 34 | 31 | 28 | 25 | 22 | 19 | 37 | 34 | 31 | 28 | 25 | 40 | 37 | 34 | 31 | 28 | | |
| Resistencia al deslizamiento, T 313: ^g S, máximo 300 MPa valor-m, mínimo 0,300 temp de prueba @ 60 s, °C | 0 | -6 | -12 | -18 | -24 | -30 | 0 | -6 | -12 | -18 | -24 | 0 | -6 | -12 | -18 | -24 | | |
| Tensión Directa, T 314: ^h Def unitaria de la falla, mínimo 1,0% temp de prueba @ 1.0 mm/min, °C | 0 | | -12 | -18 | -24 | -30 | 0 | -6 | -12 | -18 | -24 | 0 | -6 | -12 | -18 | -24 | | |

^a La temperatura del pavimento puede estimarse a partir de la temperatura del aire, usando un algoritmo contenido en el programa de cálculo de superpave, la dependencia específica puede ser suministrada o ser obtenida siguiendo los procesos indicados en M 323 and R 35.
^b Este requerimiento puede omitirse a discreción de la agencia específica, si el proveedor garantiza que el cemento asfáltico puede bombearse y mezclarse convenientemente a una temperatura que satisfaga todos los estándares aplicables de seguridad.
^c Para el control de calidad de la producción de cemento asfáltico no modificado, la medición de viscosidad del cemento asfáltico original puede sustituirse por las mediciones del esfuerzo cortante dinámico de G*/senS, para una temperatura de prueba para la cual el asfalto sea un fluido newtoniano.
^d G*/senS = Resistencia a alta temperatura y G* senS = Resistencia a temperatura intermedia.
^e El cambio de masa debe ser menor que 1,00 % tanto para la variación positiva (aumento de masa) como la negativa (pérdida de masa)
^f La temperatura de curado PAV se basa en condiciones climáticas simuladas y es una de tres temperaturas, 90°C, 100°C ó 110°C. Normalmente la temperatura de curado PAV es de 100 °C para el PG 58-xx y superiores. Sin embargo, en climas desérticos la temperatura de curado PAV para PG 70-xx y superiores deben ser fijada como 110°C
^g Si la Resistencia al deslizamiento es inferior a 300 MPa, la prueba de tensión directa no es necesaria. Si la resistencia al deslizamiento se encuentra entre 300 y 600 MPa puede usarse el requerimiento de la deformación unitaria a la falla por tensión directa, en lugar del requerimiento de la resistencia al deslizamiento. En ambos casos debe satisfacerse el requerimiento del valor-m.

Fuente: Manuales de carreteras y especificaciones técnicas generales para la construcción EG 2013

Según AASHTO M332 (2019) El ensayo MSCR utiliza el concepto de fluencia y recuperación para evaluar el potencial a la deformación permanente del asfalto. Usando el reómetro de corte dinámico (DSR), se aplica una carga de fluencia de un segundo a la muestra de asfalto envejecido con un horno rotatorio de película delgada (RTFO). Después de que se retira la carga de 1 segundo, se permite que la muestra se recupere durante 9 segundos. La prueba se inicia con la aplicación de una tensión baja de 0,1 kPa durante 10 ciclos de recuperación / arrastre y luego la tensión aumenta a 3,2 kPa durante 10 ciclos adicionales.

El ensayo arroja dos variables de preponderancia para cada nivel de carga: la fluencia (deformación) no recuperable, Jnr (denominada non-recoverable creep compliance por la norma) y el porcentaje de recuperación MSCR, R. (Ángelo y Walker, 2010, p.15-23).

El Jnr es una medida de la cantidad de deformación residual que permanece en el espécimen luego de repetidos períodos de fluencia y recuperación. Se

calcula como la relación entre la deformación no recuperada promedio en cada ciclo de carga y la carga aplicada, como lo indica la (ecuación 1)

$$J_{nr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_{10i}}{P} \quad (7)$$

Donde J_{nr} es la fluencia no recuperable en kPa-1, ε_{10i} es la deformación acumulada al final del período i debido a la carga aplicada de cada, n es la cantidad de El porcentaje de recuperación (R) es una medida de cuanto recupera su forma el material cuando

El porcentaje de recuperación (R) es una medida de cuanto recupera su forma el material cuando se deja relajar luego de haber sido deformado. Su valor se obtiene como la relación entre la deformación que 'recupera' el ligante y la deformación inicial en porcentaje, tomando el promedio de los 10 períodos (ecuación 2).

$$R(\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_{1i} - \varepsilon_{10i}}{\varepsilon_{1i}} \times 100 \quad (8)$$

Donde R (%) es el valor de recuperación MSCR en porcentaje y ε_{1i} es la deformación registrada en cada ciclo (n).

La especificación AASHTO M 332 establece cuatro niveles de tránsito como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Denominación AASHTO M332 para el grado de desempeño de un asfalto a una temperatura dada.

| Jnr_3,2 (kPa-1) | Denominación | Cantidad de ESALs (millones) | Velocidad de tránsito (km/h) |
|-----------------|----------------|------------------------------|------------------------------|
| máx. 4,5 | 'S': standard | Menor a 10 | Más de 70 |
| máx. 2,0 | H': heavy | Entre 10 y 30 | Más de 20 |
| máx. 1,0 | V': very heavy | Mayor a 30 | Más de 5 |
| máx. 0,5 | 'E': extreme | Mayor a 30 | Detenido (peajes, paradas) |

Fuente: AASHTO M332

La deformación permanente es un tipo de deterioro en el pavimento que es el resultado de la acumulación de deformaciones no recuperable producto de cargas repetitivas, esta deformación puede ser generada por humedad inducida, mala calidad del agregado mineral, densificación del tránsito, altas temperaturas en el pavimento.

Según Rondón y Reyes (2015, p.15). El ahuellamiento es uno de los principales mecanismos de deterioro de capas asfálticas en estructuras de pavimento flexible y pueden generar fallas estructurales o funcionales en el pavimento, esto puede ocurrir en cualquier capa de la estructura, ver Figura 1.

Sin embargo, investigadores como Wang y Chen (2008), indican que ahuellamiento se genera con mayor frecuencia en la capa asfáltica. La cual se puede medir mediante el ensayo de rueda de Hamburgo según AASHTO T324, ensayo que busca predecir si una mezcla será susceptible al ahuellamiento y a la humedad inducida, dicho ensayo se realiza a especímenes que deben poseer un porcentaje de vacíos de entre 7 y 8%, dichos especímenes deben ser obtenidos mediante compactador giratorio Superpave, los cuales serán ensayados en un baño temperado a $50 \pm 1^\circ\text{C}$ y serán sometidos a 20,000 pasadas de una rueda de acero de 203.2 mm de diámetro y 47 mm de ancho con un peso de 158 ± 1.0 lb y una velocidad de 0.305 m/s, al finalizar las pasadas se realizara e interpretara curva de ensayo, ver Figura 7, 8, 9.



Figura 7. Falla por ahuellamiento en pavimentos flexibles.

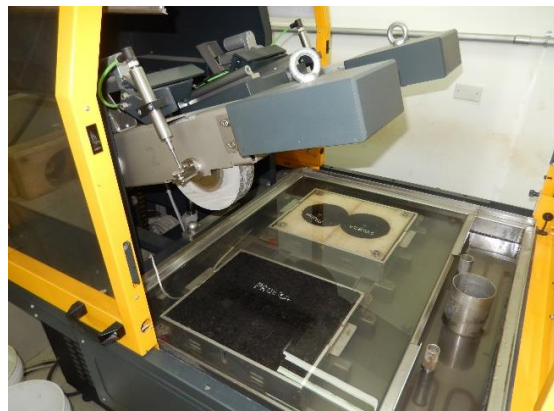


Figura 8. Ensayo de Rueda de Hamburgo.

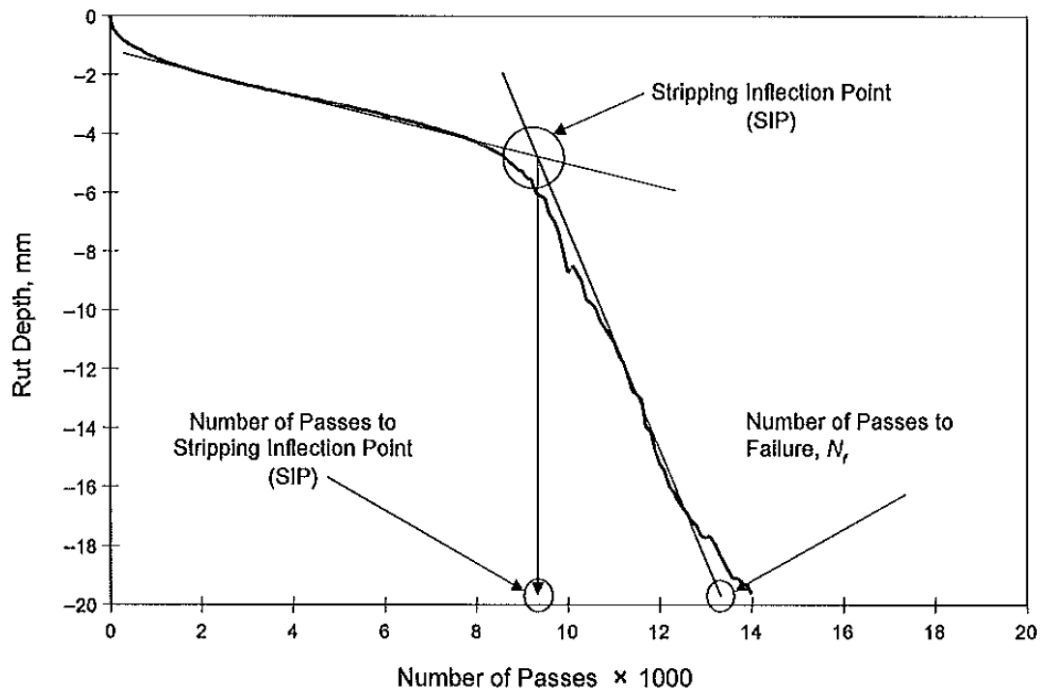


Figura 9. Gráfico de pasadas versus profundidad de ahuellamiento. AASHTO T 324.

La fisuración por fatiga al igual que la deformación permanente es un tipo de deterioro progresivo y muy peligroso, se genera en la zona de contacto de los neumáticos con el pavimento donde las cargas pesadas son aplicadas y se inicia presentando fisuras longitudinales, dichas fisuras iniciales se irán uniendo a otras causando más aún más fisuras, un estado intermedio la fisuración por fatiga es llamada “piel de cocodrilo”, la cual permitirá el ingreso de agua y otros contaminantes al pavimento dañándolo de manera violenta y posteriormente desintegrando el pavimento, generando baches por el desprendimiento de la carpeta asfáltica bajo la acción del tránsito (salvador, 2012, p.10) . ver Figura 3.

Esta falla puede generarse por muchos factores como problemas en la selección de materiales, cargas pesadas repetitivas, pavimentos que presentan altas deflexiones, mezclas muy rígidas y capas delgadas.

La fisuración por fatiga puede ser evaluada mediante el ensayo de vida a fatiga la cual evalúa su susceptibilidad al agrietamiento por cargas repetitivas a deformación constante según AASHTO TP8, el ensayo consiste en llevar un espécimen prismático con dimensiones de 50*63*380 mm a un equipo apoyado en cuatro puntos al que se someterá a deformaciones constantes (micro

deformaciones) a una frecuencia de entre 5 y 10 Hz, el ensayo medirá la rigidez inicial luego de aplicar 50 cargas y calculara los ciclos de carga cuando la rigidez llegue a ser el 50% de la rigidez inicial, ver Figura 10.



Figura 10. Fisuración por fatiga.

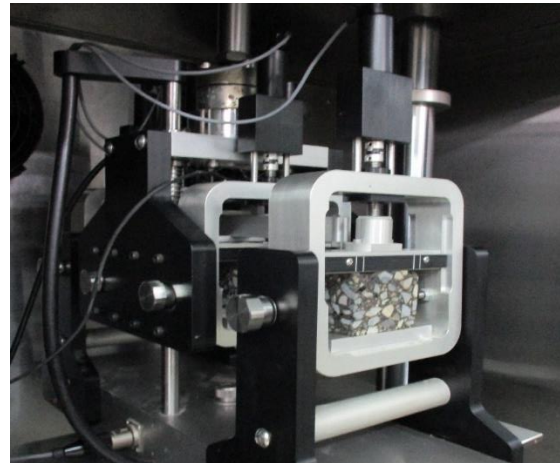


Figura 11. Ensayo de vida a fatiga.

La norma American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO T321-07) describe como realizar el ensayo de vida a fatiga en cuatro puntos para evaluar mezclas asfálticas. Esta norma define el parámetro de tensión máxima de tracción y deformación máxima de la viga, conforme la ecuación siguiente:

$$\sigma_t = \frac{0.357P}{b^2} \quad (9)$$

$$\varepsilon_t = \frac{12\delta h}{3L^2 - 4a^2} \quad (10)$$

$$S = \frac{\sigma_t}{S_t} \quad (11)$$

III. MÉTODO

3.1 Tipo y diseño de investigación

Arias (2012), “la investigación es aplicada porque busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática, los conocimientos que se generan son mediante la investigación y ayudan a solucionar problemas” (p. 22).

Por lo tanto, la investigación es aplicada ya que se busca conocer cómo influye el asfalto modificado por tipo de polímero elastómero o plástomero y como este aportará un mejor desempeño al pavimento.

El diseño de investigación fue cuasi-experimental porque busca probar la existencia de una relación causal entre dos o más variables, además los grupos a estudiar no son designados aleatoriamente, los cuasi-experimentos permiten estimar los impactos del tratamiento o programa, dependiendo de si llega a establecer una base de comparación apropiada (Arias, 2012, p. 35).

Es cuasiexperimental, porque se evaluará la mezcla asfáltica con asfalto modificado elastómero y plástomero, además los ensayos a realizar a los grupos no son designados aleatoriamente.

3.2 Variables y operacionalización

Según Arias (2012), la Variable forma parte de un atributo o peculiaridad; magnitud o porción, que podrían tener alteración, es el objeto de estudio, manipulación, calculo o control en la investigación.

Variable Independiente

Comparación entre las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas.

Variable Dependiente

Diferencia entre las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

Según (Hernández, Fernández y baptista,2010, p.174), manifiestan que población es el “conjunto de todos los casos que concuerden con una secuencia de especificaciones”

Para la evaluación de diferencias en propiedades mecánicas de mezclas con asfalto PG 76-10E modificadas con polímero elastómero y con polímero plástomero, se realizó especímenes de ensayo para obtener el diseño Marshall y los parámetros de estabilidad y flujo, además de ensayo de deformación permanente y vida a fatiga para cada tipo de mezcla con la finalidad de determinar las propiedades mecánicas.

Muestra

Bernal (2010, p.161). señala que la muestra es un parte o un subconjunto de la población que se selecciona, de la cual se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuaran la medición y observación de las variables de objeto de estudio”.

La muestra estuvo conformada por la misma población.

Muestreo

Arias (2012, p.82) hace referencia acerca del muestreo no probabilístico intencional en que: “en este caso los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador”

El método que se utilizó es no probabilístico puesto que la población de la investigación fue controlada, por este motivo la muestra presento la misma dimensión que la población, se eligió esta opción debido a que el análisis y control del estudio se realizó a cada uno de los especímenes de ensayo.

Unidad de análisis

Para la investigación se utilizó cuarenta especímenes de ensayo, los se cuales se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. *Especímenes de ensayo*

| Mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero | | |
|--|---------------|-------------------------|
| Estabilidad y flujo | Ahuellamiento | Resistencia a la fatiga |
| 5 | 10 | 5 |
| Mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero | | |
| Estabilidad y flujo | Ahuellamiento | Resistencia a la fatiga |
| 5 | 10 | 5 |
| Total, de especímenes | | 40 |

Fuente: Elaboración propia

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Arias (2012, p.67) define, “las técnicas e instrumentos de recolección de datos son los recursos utilizados para facilitar la recopilación y análisis de los hechos observado, estos son numerosos y varían de acuerdo con los factores a evaluarse”.

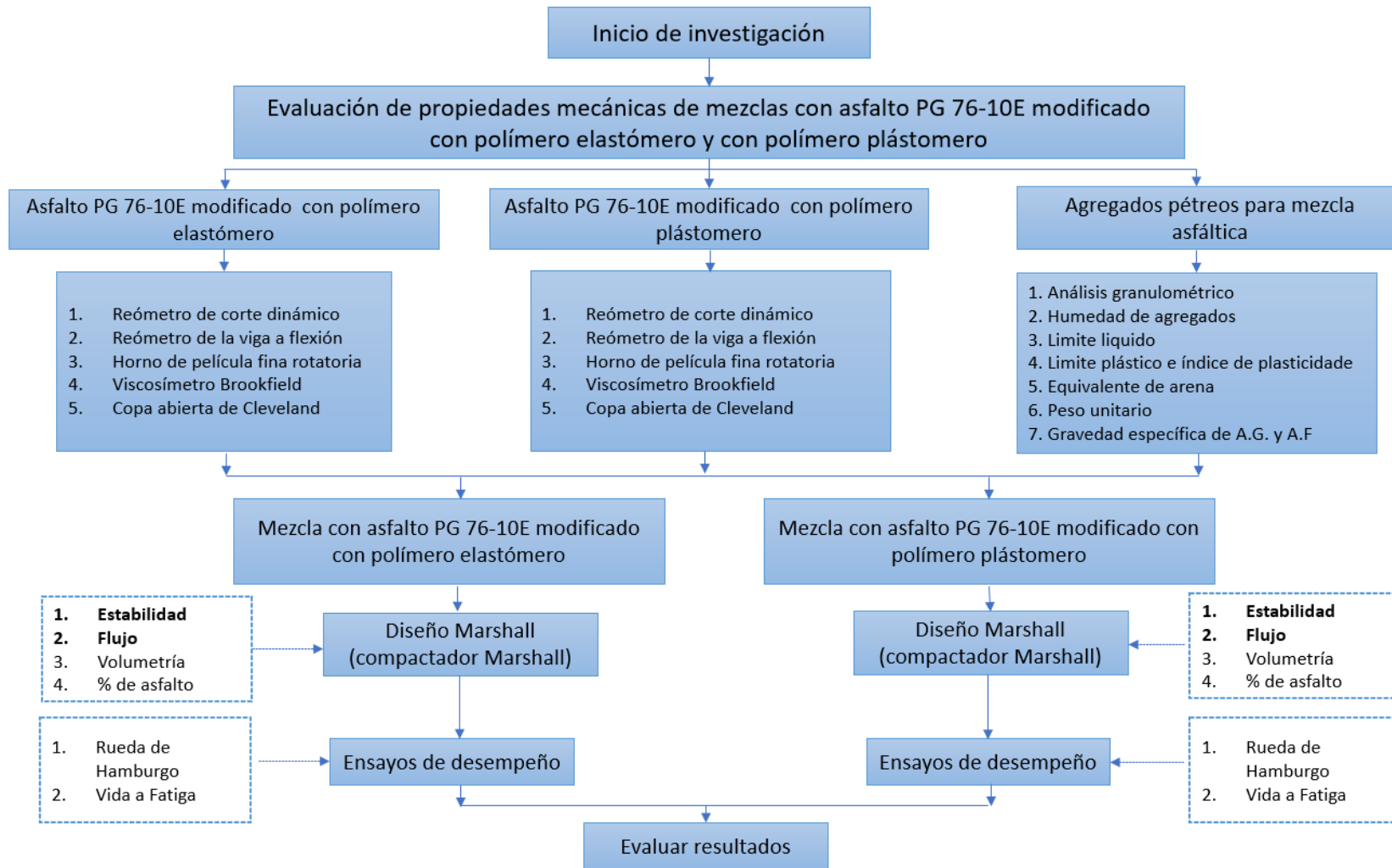
Parella y Martines (2012, p.106), establece que la observación es elemental en todos los campos, consistiendo en el empleo metódico de nuestros conocimientos orientados a la captación de la realidad que se estudia.

Los instrumentos utilizados fueron fichas de laboratorio, los cuales tuvieron de manera detallada los datos que arrojaron las mejoras de objeto de estudio, antes y después del análisis de evaluación de mezclas asfálticas con asfalto modificado elastómero PG 76-10E y asfalto modificado plástomero PG 76-10E (Hernández, 2006, p. 316).

Los ensayos que se realizaron fueron los siguientes:

- Determinación de las propiedades reológicas del ligante asfáltico usando un reómetro de corte dinámico ASTM D 7175.
- Envejecimiento en honor de película fina rotatoria ASTM D2872.
- Envejecimiento acelerado de ligantes asfálticos en cámara a presión (PAV) ASTM D6521.
- Determinación de la viscosidad en Viscosímetro Brookfield ASTM D4402.
- Determinación del punto de inflamación en Copa abierta de Cleveland ASTM D1310.
- Método para medir la rigidez en fluencia por flexión a bajas temperaturas mediante reómetro de viga de flexión (BBR) ASTM D6648.
- Diseño de mezcla Marshall ASTM D6926 / ASTM D6927
- Ensayo de Rueda de Hamburgo AASHTO T-324
- Ensayo de vida a Fatiga AASHTO T-321

3.5 Procedimientos



3.6 Método de análisis de datos

Se realizaron ensayos de laboratorio a las mezclas asfálticas con asfalto modificado elastómero y asfalto modificado plástomero PG 76-10E en los laboratorios de la empresa TDM Asfaltos S.A.C y mediante los resultados obtenidos, se realizó la interpretación y análisis para obtener conclusiones sobre la cual de ambas mezclas presentan un mejor comportamiento mecánico y mejor desempeño. También se empleó la prueba de Test-T para comparar las medias de las variables independientes.

3.7 Aspectos éticos

El proyecto se desarrolló respetando los lineamientos fundamentales de investigación establecidos por la Universidad César Vallejo. Por ello se priorizó el respeto a la propiedad intelectual, honestidad, responsabilidad, originalidad, objetividad y ética. se citaron adecuadamente las fuentes como se indican en el estilo APA. Por lo tanto, se recopiló conceptos de otros autores a quienes se les atribuye la autoría de sus ideas.

IV. RESULTADOS

En este capítulo se describen los resultados obtenidos en la presente investigación y está organizado con los datos preliminares obtenidos de mediciones experimentales y posterior énfasis se hace en cada objetivo del proyecto de la siguiente manera:

Evaluación de materiales para el diseño de mezcla asfáltica

Evaluación de Asfaltos Modificados

Con el fin de comprobar si ambos asfaltos modificados con polímeros elastómero y polímero plástomero cumplían el grado de desempeño PG 76-10E se realizó la evaluación de sus propiedades reológicas según Superpave. Los resultados de grado de desempeño (PG) de los asfaltos modificados se reportan en la Tabla 5 según establece el manual de carreteras y especificaciones técnicas generales para la construcción EG 2013.

Tabla 5. Clasificación de PG de asfaltos con polímero elastómero y con polímero plástomero

| Ensayo | Método ASTM | Und | AMP Elastómero | AMP Plástomero |
|--|-------------|-----|----------------|----------------|
| Ligante original | | | | |
| Punto de inflamación | D 92 | °C | 292 | 290 |
| Viscosidad Brookfield, spindle 21, 20 rpm, 135°C | D 4402 | cP | 1310.0 | 1560.0 |
| Temperatura de corte dinámico | D 7175 | °C | 76 | 76 |
| Corte dinámico G*/senδ, 10 rad/s | D 7175 | kPa | 1.28 | 1.19 |
| Después de envejecimiento RTFOT | | | | |
| Pérdida de masa | D 2872 | % | 0.215 | 0.335 |
| Temperatura de corte dinámico | D 7175 | °C | 76 | 76 |
| Corte dinámico G*/senδ, 10 rad/s | D 7175 | kPa | 4.52 | 3.54 |
| Después de envejecimiento PAV | | | | |
| Temperatura de curado PAV | D 6521 | °C | 100 | 100 |
| Temperatura de corte dinámico | D 7175 | °C | 28 | 28 |
| Corte dinámico G*/ senδ, 10 rad/s | D 7175 | kPa | 1225 | 1170 |
| Temperatura de rigidez al desplazamiento | D 6648 | °C | 0 | 0 |
| Rigidez al desplazamiento, valor S, a 60 seg | D 6648 | MPa | 126 | 164 |
| Valor m | D 6648 | | 0.332 | 0.322 |

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se evaluó grado de desempeño del ligante asfáltico usando el ensayo Multiple Stress Creep Recovery (MSCR). Con el fin de obtener la deformación no recuperable de ambos asfaltos sometidos a carga dinámica de 1000 y 3200Pa y comprobar el tipo de tráfico que soportaran ambos asfaltos, los resultados son reportados en la Tabla 6.

Tabla 6. Clasificación por MSCR asfaltos modificados con polímero elastómero y con polímero plástomero

| Ensayos | Método ASTM | Und | AMP Elastómero | AMP Plástomero |
|---|-------------|-------------------|----------------|----------------|
| Temperatura de ensayo | D 7405 | °C | 76 | 76 |
| R0.1 - Promedio de recuperación a 0.100 kPa | D 7405 | % | 80.7 | 83.5 |
| R3.2 - Promedio de recuperación a 3.200 kPa | D 7405 | % | 70.1 | 79.6 |
| Rdiff - Diferencia entre promedio de recuperación a 0.100 kPa y 3.200 kPa | D 7405 | % | 13.1 | 4.7 |
| Jnr0.1 - Creep compliance no recuperable a 0.100 kPa | D 7405 | KPa ⁻¹ | 0.24 | 0.25 |
| Jnr3.2 - Creep compliance no recuperable a 3.200 kPa | D 7405 | KPa ⁻¹ | 0.38 | 0.25 |
| Jnr diff - Diferencia entre creep compliance a 0.100 kPa y 3.200 kPa | D 7405 | % | 57.2 | -0.7 |

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación De Agregados

Se evaluaron los agregados gruesos y finos provenientes de la cantera Crushing-Lurín Km 40, bajo los requerimientos que establece el manual de carreteras y especificaciones técnicas generales para la construcción EG 2013, cuyos resultados se muestran en las Tablas 7 y 8.

Tabla 7. Caracterización del agregado grueso

| Ensayo | Método | Und | Agregado Grueso |
|--------------------------------------|-------------|-----|-----------------|
| Durabilidad (al sulfato de Magnesio) | MTC E 209 | % | 9 |
| Abrasión Los Ángeles | MTC E 207 | % | 8 |
| Adherencia | MTC E 517 | | +95 |
| Partículas chatas y alargadas | ASTM D 4791 | % | 3.5 |
| Caras fracturas | MTC E 210 | % | 100 |
| Absorción | MTC E 206 | % | 1.1 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Caracterización del agregado fino

| Ensayo | Método | Und | Agregado fino |
|--------------------------------------|--------------|-----|---------------|
| Equivalente de arena | MTC E 114 | % | 65 |
| Angularidad del agregado fino | MTC E 222 | % | 35 |
| Azul de metileno | AASTHO TP 57 | | 0.3 |
| Índice de plasticidad (malla N°40) | MTC E 111 | % | NP |
| Durabilidad (al sulfato de magnesio) | MTC E 214 | % | 9 |
| Índice de plasticidad (malla N°200) | MTC E 111 | % | NP |
| Sales solubles totales | MTC E 219 | % | 0.04 |
| Absorción | MTC E 205 | % | 0.5 |

Fuente: Elaboración propia.

Cumpliendo con lo que establece el manual de carreteras y especificaciones técnicas generales para la construcción EG 2013 se realizó el análisis granulométrico y combinación de porcentajes de agregado grueso y fino con el fin de cumplir la gradación ASTM D3515 que refiere a la clasificación de partículas usando la serie de mallas de uso D5, ver Tablas 9,10 y Figura 5.

Tabla 9. Mezcla de agregados

| Agregados | % |
|----------------------|------|
| Piedra chancada <1" | 5.0 |
| Piedra chancada 3/8" | 35.0 |
| Arena chancada | 50.0 |
| Arena natural | 10.0 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Uso granulométrico utilizado

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136) | | | | | | | |
|---|---------------|-------------|-------------|------------|--------|-------------------------------|-----|
| MALLAS | | | | | | | |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | PESO RET. g | RET. PAR. % | RET. AC. % | PASA % | GRADACIÓN " ASTM D 3515 D-5 " | |
| 2" | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | 100 | 100 |
| 1/2" | 12.700 | 431.1 | 2.8 | 2.8 | 97.2 | 90 | 100 |
| 3/8" | 9.525 | 656.4 | 4.2 | 7.0 | 93.0 | | |
| 1/4" | 6.350 | 3628.6 | 23.4 | 30.4 | 69.6 | | |
| # 4 | 4.760 | 2072.2 | 13.4 | 43.8 | 56.2 | 44 | 74 |
| # 6 | 3.360 | 1616.2 | 10.4 | 54.2 | 45.8 | | |
| # 8 | 2.380 | 1240.9 | 8.0 | 62.2 | 37.8 | 28 | 58 |
| # 10 | 2.000 | 544.5 | 3.5 | 65.7 | 34.3 | | |
| # 16 | 1.190 | 857.1 | 5.5 | 71.2 | 28.8 | | |
| # 20 | 0.840 | 556.1 | 3.6 | 74.8 | 25.2 | | |
| # 30 | 0.590 | 406.4 | 2.6 | 77.4 | 22.6 | | |
| # 40 | 0.426 | 919.9 | 5.9 | 83.4 | 16.6 | | |
| # 50 | 0.297 | 385.5 | 2.5 | 85.9 | 14.2 | 5 | 21 |
| # 80 | 0.177 | 652.3 | 4.2 | 90.1 | 9.9 | | |
| # 100 | 0.149 | 256.7 | 1.7 | 91.7 | 8.3 | | |
| # 200 | 0.074 | 501.1 | 3.2 | 95.0 | 5.1 | 2 | 10 |
| < # 200 | (ASTM C-117) | 787.3 | 5.1 | 100.0 | 0.0 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Luego de la clasificación por tamizado, se muestra la distribución de agregados, la cual cumple con los requerimientos según ASTM D3515 uso D5 y es mostrada en la Figura 12.

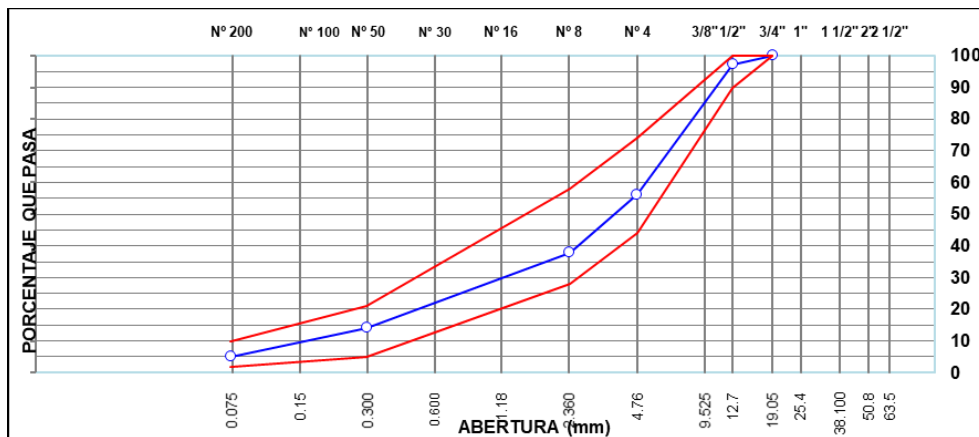


Figura 12. Especificaciones granulométrica ASTM D3515 D5.

Diseño de mezcla asfáltica en caliente Marshall

Los diseños de mezcla para los asfaltos PG76-10E modificados con polímero elastómero y con polímero plástomero se realizaron según la metodología Marshall, con el cual se obtuvo los resultados de óptimo contenido de asfalto, estabilidad, flujo y propiedades volumétricas de la mezcla; en la Tabla 11 se indican los agregados y asfaltos a utilizados.

Tabla 11. *Materiales para el diseño de mezcla asfáltica en caliente*

| Materiales | Procedencia |
|--|--------------------|
| Piedra chancada <1" | Cantera Crushing |
| Piedra chancada 3/8" | Cantera Crushing |
| Arena chancada | Cantera Crushing |
| Arena natural | Cantera Crushing |
| Asfalto modificado con polímero elastómero PG 76-10E | TDM Asfaltos S.A.C |
| Asfalto modificado con polímero plástomero PG 76-10E | TDM Asfaltos S.A.C |

Fuente: Elaboración propia.

Diseño con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero

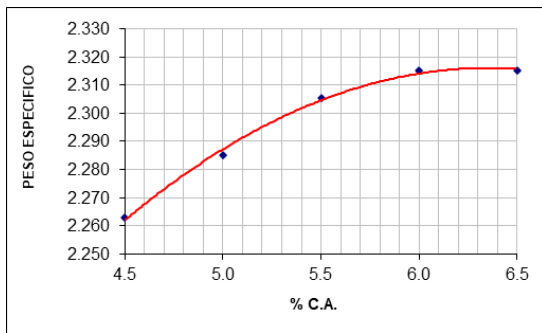
Para el diseño de mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero se obtuvo un porcentaje óptimo de asfalto de 5.5% ver Tabla 12.

Tabla 12. *Resumen de diseño Marshall*

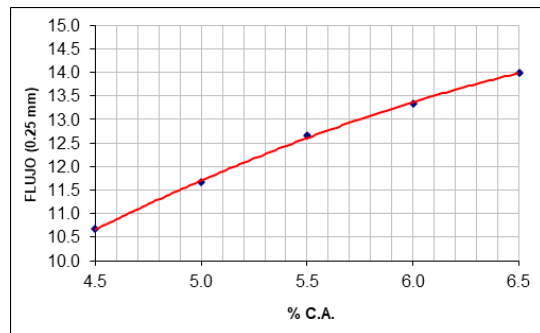
| | | | |
|--|--------|--------|--------|
| Nº de golpes | | 75 | |
| Cemento asfáltico (% en peso de la mezcla total) | 5.2 | 5.5 | 5.8 |
| Densidad seca bulk (g/cm ³) | 2.295 | 2.304 | 2.311 |
| VACIOS (%) | 4.7 | 3.9 | 3.2 |
| V.M.A. (%) | 15.5 | 15.4 | 15.5 |
| R.B.V. (%) | 68.5 | 73.3 | 78.2 |
| Flujo (0,25 mm) | 12.1 | 12.6 | 13.1 |
| Estabilidad (kg) | 1776.0 | 1782.0 | 1753.0 |
| Relación polvo - asfalto | 1.05 | 0.99 | 0.93 |

Fuente: Elaboración propia.

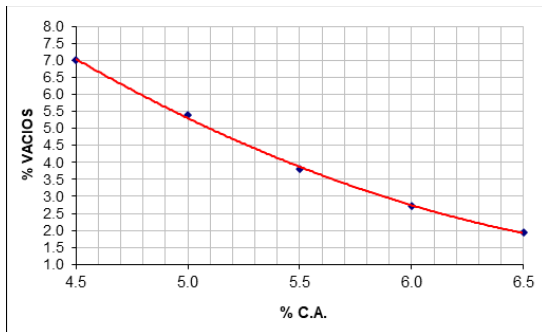
En la Tabla 12, la primera y tercera columna pertenecen al rango de trabajo del óptimo contenido de asfalto ($5.5 \pm 0.3\%$) que establece el manual de carreteras y especificaciones técnicas generales para la construcción EG 2013, adicionalmente se muestran las curvas de diseño de mezcla en la Figura 13, de la cual se obtuvo el óptimo contenido de asfalto para un porcentaje de vacíos de 4% en la mezcla, ver Figura 13b.



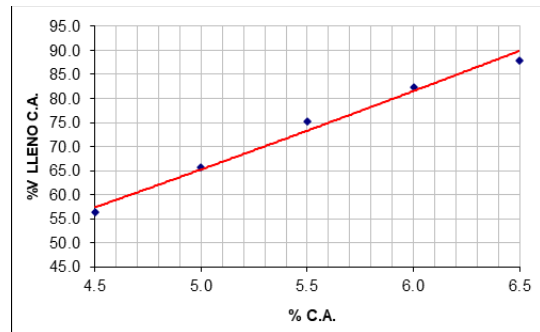
(a)



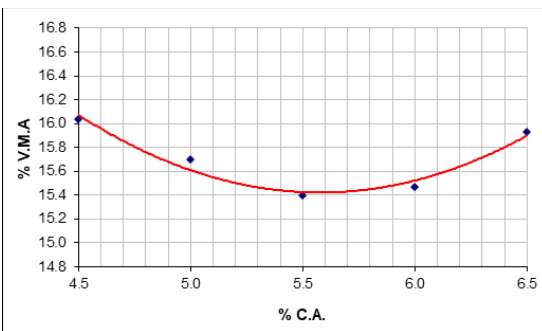
(b)



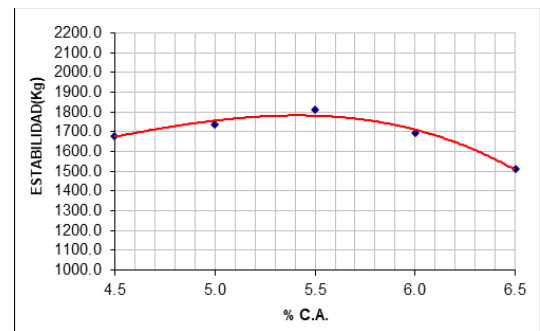
(c)



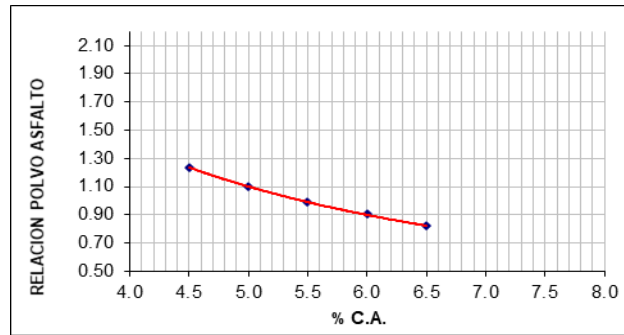
(d)



(e)



(f)



(d)

Figura 13. Curvas de diseño de mezcla con asfalto PG76-10E modificado con polímero elastómero.

Diseño con asfalto modificado con polímero plástomero PG 76-10E

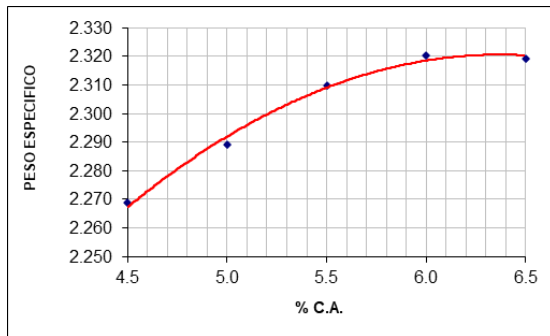
Para el diseño de mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero se obtuvo un porcentaje óptimo de asfalto de 5.4%, ver Tabla 13.

Tabla 13. Resumen de diseño Marshall

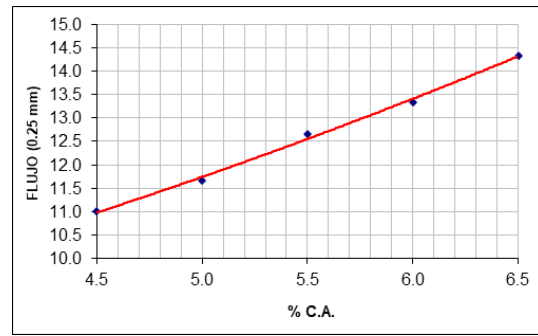
| | | | |
|--|--------|--------|--------|
| Nº de golpes | | 75 | |
| Cemento asfáltico (% en peso de la mezcla total) | 5.1 | 5.4 | 5.7 |
| Densidad seca bulk (g/cm ³) | 2.297 | 2.308 | 2.315 |
| Vacíos (%) | 4.8 | 4.0 | 3.2 |
| V.M.A. (%) | 15.4 | 15.3 | 15.3 |
| R.B.V. (%) | 67.9 | 72.7 | 77.6 |
| Flujo (0,25 mm) | 11.9 | 12.4 | 12.9 |
| Estabilidad (kg) | 1415.0 | 1455.0 | 1468.0 |
| Relación polvo - asfalto | 1.08 | 1.01 | 0.95 |

Fuente: Elaboración propia.

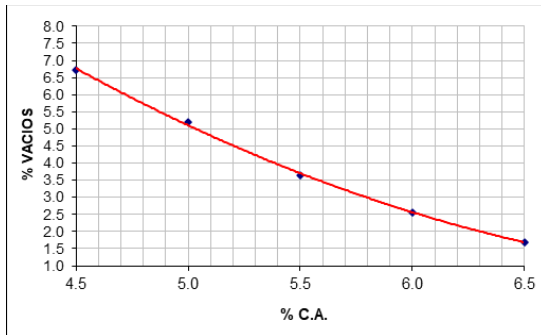
En la Tabla 13, la primera y tercera columna pertenecen al rango de trabajo del óptimo contenido de asfalto ($5.4 \pm 0.3\%$) que establece el manual de carreteras y especificaciones técnicas generales para la construcción EG 2013, adicionalmente se muestran las curvas de diseño de mezcla en la Figura 14, de la cual se obtuvo el óptimo contenido de asfalto para un porcentaje de vacíos de 4% en la mezcla, ver Figura 14b



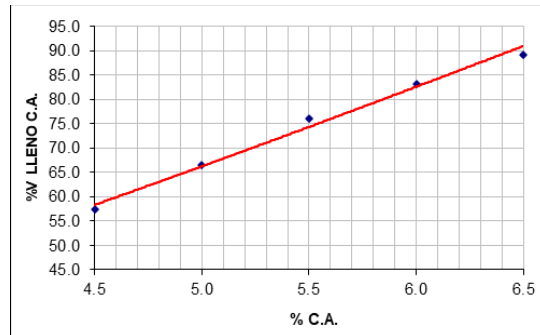
(a)



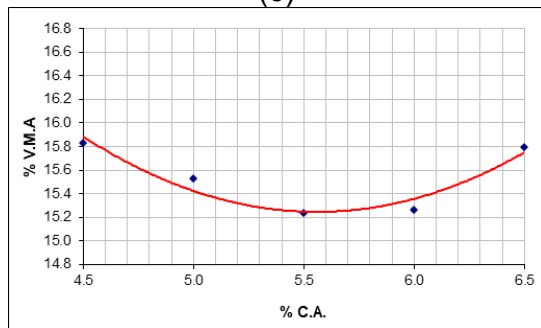
(b)



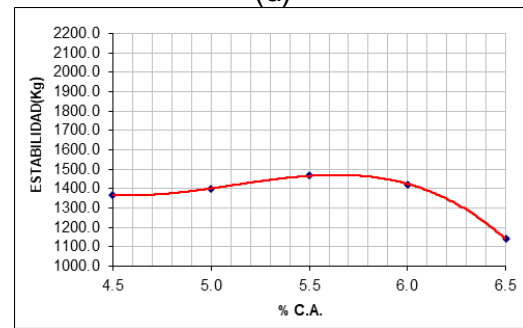
(c)



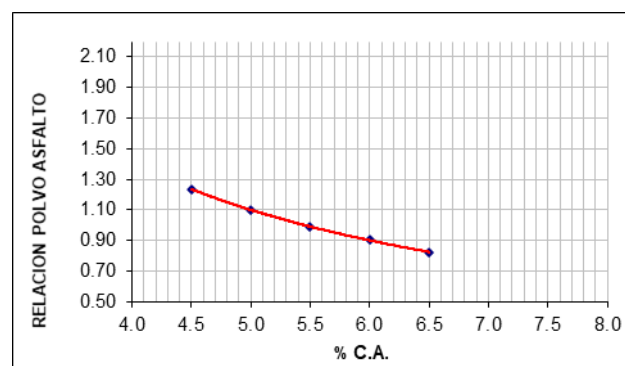
(d)



(e)



(f)



(d)

Figura 14. Curvas de diseño de mezcla con asfalto PG76-10E modificado con polímero plástomero.

Evaluación de propiedades mecánicas a los diseños de mezcla con asfalto PG76-10E modificados con polímero elastómero y con polímero plástomero

Para la evaluación de propiedades mecánicas se utilizó 5.5% de asfalto para ambos diseños de mezcla con el fin de evaluar los especímenes bajo la misma condición de contenido de asfalto.

Evaluación de la estabilidad y flujo

La evaluación de la estabilidad y flujo para los diseños de mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero y con polímero plástomero se realizó en la prensa Marshall teniendo en consideración lo descrito por la norma ASTM D6926 / ASTM D6927, los resultados de estabilidad y flujo se muestran en la Tabla 14 y 15 correspondientemente.

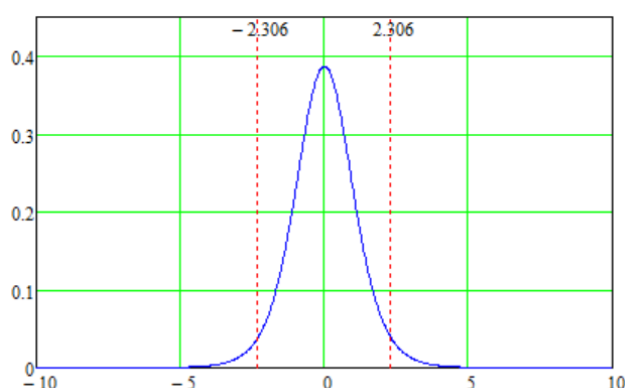
Tabla 14. Estabilidad de las mezclas con asfalto PG76-10E modificados con polímero elastómero y con polímero plástomero

| Mezclas asfálticas | Estabilidad (kg) | Media | Varianza | t_0 |
|--|------------------|-------|----------|-------|
| Mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero | 1778 | 1782 | 147.2 | 36.12 |
| | 1790 | | | |
| | 1762 | | | |
| | 1798 | | | |
| | 1782 | | | |
| Mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero | 1465 | 1471 | 148.24 | |
| | 1492 | | | |
| | 1460 | | | |
| | 1479 | | | |
| | 1462 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la comparación del valor t_0 con una confianza de 0.95 y una confiabilidad de 0.05, para lo cual se obtuvo el valor crítico (qt) de 2.306, cuyo valor se calculó de la siguiente manera:

$$qt(0.975,8) = 2.0306$$



Al ser el valor de t_0 (36.12) mayor al valor de qt (2.306), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, por lo cual existe una diferencia entre la estabilidad de la mezcla con asfalto PG 76-10E modificada con polímero elastómero respecto a la mezcla modificada con polímero plástomero.

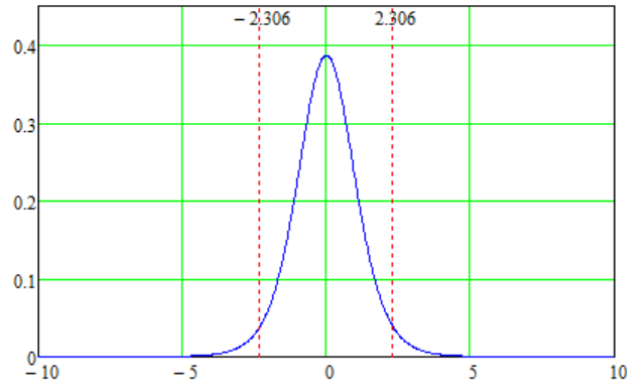
Tabla 15. Flujo de las mezclas con asfalto PG76-10E modificados con polímero elastómero y con polímero plástomero

| Mezclas asfálticas | Flujo (mm) | Media | Varianza | t_0 |
|--|------------|-------|----------|-------|
| Mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero | 13 | 12.8 | 0.16 | 0.63 |
| | 13 | | | |
| | 12 | | | |
| | 13 | | | |
| | 13 | | | |
| Mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero | 13 | 12.6 | 0.24 | |
| | 12 | | | |
| | 13 | | | |
| | 13 | | | |
| | 12 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la comparación del valor t_0 con una confianza de 0.95 y una confiabilidad de 0.05, para lo cual se obtuvo el valor crítico (qt) de 2.306, cuyo valor se calculó de la siguiente manera:

$$qt(0.975,8) = 2.0306$$



Al ser el valor de t_0 (0.63) menor al valor de qt (2.306), se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, por lo cual no existe una diferencia entre el flujo de la mezcla con asfalto PG 76-10E modificada con polímero elastómero respecto a la mezcla modificada con polímero plástomero.

Evaluación de la resistencia a la deformación permanente

Para la evaluación de la resistencia a la deformación permanente de las mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero y con polímero plástomero, se utilizó el ensayo de Rueda de Hamburgo según norma AASHTO T-324, los resultados se muestran en la Tabla 16.

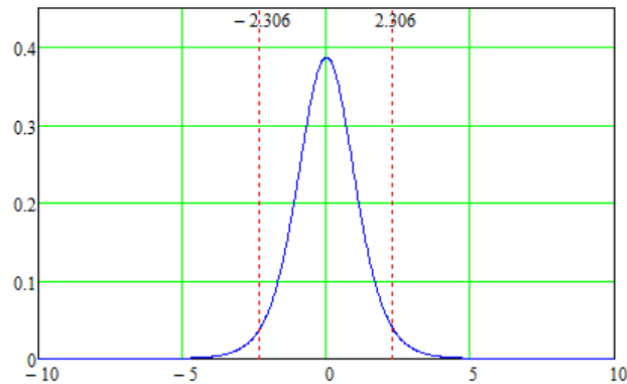
Tabla 16 . Resultados de ensayo de Rueda de Hamburgo

| Mezclas asfálticas | Profundidad de ahuellamiento (mm) | Media | Varianza | t_0 |
|--|-----------------------------------|-------|----------|-------|
| Mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero | 3.65 | 3.67 | 0.04 | 0.16 |
| | 3.81 | | | |
| | 3.43 | | | |
| | 3.96 | | | |
| | 3.50 | | | |
| Mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero | 3.79 | 3.65 | 0.03 | |
| | 3.61 | | | |
| | 3.94 | | | |
| | 3.45 | | | |
| | 3.47 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la comparación del valor t_0 con una confianza de 0.95 y una confiabilidad de 0.05, para lo cual se obtuvo el valor crítico (qt) de 2.306, cuyo valor se calculó de la siguiente manera:

$$qt(0.975,8) = 2.0306$$



Al ser el valor de t_0 (0.16) menor al valor de qt (2.306), se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, por lo cual no existe una diferencia entre la susceptibilidad al ahuellamiento de la mezcla con asfalto PG 76-10E modificada con polímero elastómero respecto a la mezcla modificada con polímero plástomero.

Evaluación de la resistencia a la fatiga

Para la evaluación de la resistencia a la fatiga de las mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero y con polímero plástomero, se utilizó el ensayo de Vida a Fatiga con la consideración de deformación unitaria de $750 \mu\epsilon$ (micro deformaciones), 10 Hz de frecuencia y 20°C , los resultados se muestran en la Tabla 17.

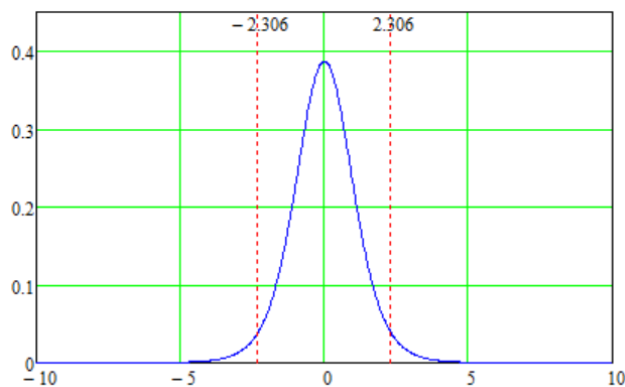
Tabla 17. Resultados de ensayo de vida a fatiga

| Mezclas asfálticas | Número de ciclos | Media | Varianza | t_0 |
|--|------------------|-----------|-------------|-------|
| Mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero | 1,274,283 | 1,228,184 | 863,872,907 | 33.6 |
| | 1,119,278 | | | |
| | 1,220,328 | | | |
| | 1,209,365 | | | |
| | 1,246,664 | | | |
| Mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero | 577,579 | 523,622 | 899,278,512 | |
| | 490,245 | | | |
| | 530,541 | | | |
| | 505,126 | | | |
| | 514,620 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la comparación del valor t_0 con una confianza de 0.95 y una confiabilidad de 0.05, para lo cual se obtuvo el valor crítico (qt) de 2.306, cuyo valor se calculó de la siguiente manera:

$$qt(0.975,8) = 2.0306$$



Al ser el valor de t_0 (33.6) mayor al valor de qt (2.306), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, por lo cual existe una diferencia entre la resistencia a la fatiga de la mezcla con asfalto PG 76-10E modificada con polímero elastómero respecto a la mezcla modificada con polímero plástomero.

Evaluación del Módulo resiliente

Con el fin de realizar el diseño del pavimento flexible se realizó el ensayo de modulo resiliente para obtener el aporte estructural que la mezcla aportara al pavimento, ver Tabla 18.

Tabla 18. *Resultados de ensayo de Modulo Resiliente*

| Mezclas asfálticas | Modulo resiliente (MPa) |
|--|--------------------------------|
| Mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero | 3719 |
| Mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero | 3642 |

Fuente: Elaboración propia.

Diseño del pavimento

Para el diseño del pavimento se utilizó el conteo vehicular y datos de propiedades mecánicas de la Base y Sub Base del proyecto “Reformulación del estudio de preinversion a nivel de perfil de la construcción de la vía de evitamiento de la ciudad de tumbes”, además se utilizó un valor de 2.350 como aporte estructural de la mezcla asfáltica para ambos casos, puesto que poseen similar modulo resiliente, ver Tablas 19 y 20.

Tabla 19. Datos para el diseño de pavimento

| AASHTO'93 | SN |
|----------------------|------------------|
| | Mr de Subrasante |
| Periodo de Diseño | 20 años |
| Nº REP. (8.2 t) | 2.950E+07 |
| Log. Nº REP. (8.2 t) | 7.47 |
| Log. Nº REP. (8.2 t) | 7.47 |
| ZR | (1.645) |
| So | 0.450 |
| Po | 4.20 |
| Pf | 3.00 |
| PSI (Po - Pt) | 1.20 |
| CBR | 13.50 |
| MR | 13,515 |
| SN | 5.590 |

Fuente: Provias nacional

Tabla 20. Diseño del pavimento

| | |
|--|-------|
| Aporte estructural de la carpeta asfáltica | 2.350 |
| a1 / cm | 0.188 |
| D1 (cm) | 12.5 |
| Aporte estructural de la base granular | 1.620 |
| a2 / cm | 0.054 |
| m2 | 1.000 |
| D2 (cm) | 30.0 |
| Aporte estructural de la sub base granular | 1.750 |
| a3 / cm | 0.050 |
| m3 | 1.000 |
| D3 (cm) | 35.0 |
| SN (estructura de diseño) | 5.720 |
| SN Requerido | 5.590 |

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

Los resultados de estabilidad encontrados en la investigación para la mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero fueron de 1782 kg cuyo valor fue similar al valor obtenido en el estudio de Infante y Vásquez (2016) quienes realizaron un estudio similar en el cual obtuvieron un valor de estabilidad de 1869 kg, lo cual representa una variación de 4%, sin embargo, los valores de flujo presentaron una variación de hasta un 16%, siendo 12.8 mm el valor obtenido en la investigación realizada y 10.67 mm el valor obtenido por Infante y Vásquez (2016), la diferencia entre ambos resultados se pudo deber al porcentaje y marca de polímero, asfalto base, característica de los agregados y diseño de mezcla.

Los resultados de ahuellamiento encontrados en la investigación para la mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero fue de 3.67 mm cuyo valor es próximo al obtenido por Zambrano y Delgado (2019) quienes realizaron un estudio similar en el cual obtuvieron un valor de ahuellamiento de 4.72 mm, lo cual representa una variación de 28.6%.

Pero en lo que no concuerda es sin embargo estos resultados difieren con en el estudio de Castillo (2011) quien obtuvo un valor de ahuellamiento de 7.73 mm, lo cual representa una variación de 110% respecto al valor obtenido en la investigación, la diferencia entre ambos resultados se pudo deber al porcentaje de polímero, marca de polímero utilizado, el asfalto base, característica de los agregados y diseño de mezcla.

Los resultados de resistencia a la fatiga encontrados en la investigación para la mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero fueron de 1,228,184 ciclos de carga cuyo valor difiere con el valor obtenido en el estudio de Hernández y Ossa (2019) quienes realizaron un estudio similar en el cual obtuvieron un valor de 238,584 ciclos de carga, la diferencia entre ambos resultados se pudo deber al porcentaje y marca de polímero utilizado, el asfalto base, característica de los agregados, diseño de mezcla y mecanismo de simulación que usaron para inferir los ciclos de carga.

Los resultados de estabilidad encontrados en la investigación para la mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero fueron de 1471 kg cuyo valor fue similar al valor obtenido en el estudio de Infante y Vásquez (2016) quienes hicieron un estudio similar en el cual obtuvieron un valor de estabilidad de 1432 kg, lo cual representa una variación de 3%, sin embargo, los valores de flujo presentaron una variación de hasta un 47%, siendo 12.6 mm el valor obtenido en la investigación realizada y 8.33 mm el valor obtenido por Infante y Vásquez (2016), la diferencia entre ambos resultados se pudo deber al porcentaje de polímero, marca de polímero, asfalto base, característica de los agregados y diseño de mezcla.

Los resultados de ahuellamiento encontrados en la investigación para la mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero fue de 3.65 mm cuyo valor es próximo al obtenido por Zambrano y Delgado (2019) quienes realizaron un estudio similar en el cual obtuvieron un valor de ahuellamiento de 4.61 mm, lo cual representa una variación de 26.3%, sin embargo estos resultados difieren con en el estudio de Castillo (2013) quien obtuvo un valor de ahuellamiento de 7.02 mm, lo cual representa una variación de 92.4% respecto al valor obtenido en la investigación, la diferencia entre ambos resultados se pudo deber al porcentaje de polímero, marca de polímero utilizado, el asfalto base, característica de los agregados y diseño de mezcla.

Los resultados de resistencia a la fatiga encontrados en la investigación para la mezcla con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plástomero fueron de 523,622 ciclos de carga cuyo valor difiere con el valor obtenido en el estudio de Hernández y Ossa (2019) quienes realizaron un estudio similar en el cual obtuvieron un valor de 129,224 ciclos de carga, la diferencia entre ambos resultados se pudo deber al porcentaje y marca de polímero utilizado, el asfalto base, característica de los agregados, diseño de mezcla y mecanismo de simulación que usaron para inferir los ciclos de carga.

A partir de los resultados obtenidos, aceptamos que la hipótesis alternativa general que establece que existe una diferencia entre las propiedades mecánicas de estabilidad flujo, resistencia al ahuellamiento y resistencia a la

fatiga de mezclas con asfalto PG76-10E modificado con polímero elastómero y con polímero plástomero. Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Infante y Vásquez (2016) quienes obtuvieron en su investigación valores de estabilidad mayores en un 30.5% de la mezcla con asfalto modificado con polímero elastómero (1869 kg) en relación a la estabilidad de la mezcla con polímero plástomero (1471 kg), para lo cual en el estudio realizado se obtuvo un valor mayor de estabilidad en un 21.1% de la mezcla con asfalto modificado con polímero elastómero (1782 kg) en relación a la estabilidad de la mezcla con polímero plástomero (1471 kg).

Pero en lo que no concuerda el estudio de los referidos autores, es que ellos obtuvieron valores de flujo mayores en un 28.1% de la mezcla con asfalto modificado con polímero elastómero (10.67 mm) frente a los valores de la mezcla con polímero plástomero (8.33 mm), en este estudio no se encontraron esos resultados, ya que se obtuvieron valores de estabilidad similares para ambas mezclas con polímero elastómero (12.8 mm) y plástomero (12.6 mm), lo cual representa una variación significativa.

En lo que respecta a los resultados de deformación permanente medidos mediante el ensayo de Rueda de Hamburgo Castillo, los resultados obtenidos guardan relación con lo que menciona Castillo (2011), quien obtuvo valores similares en los resultados en la profundidad de ahuellamiento de la mezcla con asfalto modificado con polímero elastómero y la mezcla con polímero plástomero, siendo 7.33 mm el ahuellamiento en la mezcla con polímero elastómero y 7.02 mm en la mezcla con polímero plástomero, al igual que Zambrano y Delgado (2019), quienes obtuvieron valores de ahuellamiento de la mezcla con polímero elastómero de 4.72 mm y 4.61 mm para la mezcla con polímero plástomero, lo cual no representa una variación significativa y concuerda con lo encontrado en el estudio realizado donde se obtuvieron valores de 3.67 mm para la mezcla con polímero elastómero y 3.65 mm para la mezcla con polímero plástomero,

Por lo que concierne a los resultados de resistencia a la fatiga mediante el ensayo de vida a fatiga en cuatro puntos, los resultados obtenidos guardan relación con lo que mencionan Hernández y Ossa (2019) quienes obtuvieron en

su investigación valores de resistencia a la fatiga mayores en un 84.5% de la mezcla con asfalto modificado con polímero elastómero (238,584 ciclos de carga) en relación a la resistencia a la fatiga de la mezcla con polímero plástomero (129,224 ciclos de carga), para lo cual en el estudio realizado se obtuvo un valor mayor de resistencia a la fatiga en un 134% de la mezcla con asfalto modificado con polímero elastómero (1,228,184 ciclos de carga) en relación a la estabilidad de la mezcla con polímero plástomero (523,622 kg).

Cabe resaltar que la variación entre los resultados obtenidos en la investigación frente a los resultados de los estudios de los autores citados se puede deber al origen de los agregados pétreos usados en la investigación, marca y porcentaje de polímero empleado en el asfalto, método de modificación del polímero, tipo de asfalto base, PG y MSCR final del asfalto modificado, porcentaje de óptimo contenido de asfalto y propiedades volumétricas de los diseños, variación del laboratoristas y laboratorios.

VI. CONCLUSIONES

En la investigación realizada, las conclusiones son equivalentes a las consideraciones finales que responden al propósito del estudio.

Las conclusiones de la investigación fueron las siguientes:

1. Las propiedades mecánicas de la mezcla con asfalto PG76-10E modificado con polímero elastómero presenta buenos valores de estabilidad de 1782 kg, bajos valores de flujo de 12.8 mm, así como una deformación permanente mínima de 3.67 mm y una excelente resistencia a la fatiga obteniendo valores que sobrepasan el 1,228,184 ciclos de carga, estos valores son aceptables y cumplen con lo requerido en el Manual de carreteras y especificaciones técnicas EG 2013, asegurando un buen desempeño de la mezcla en términos de vida útil en el pavimento.
2. Las propiedades mecánicas de la mezcla con asfalto PG76-10E modificado con polímero plástomero presenta buenos valores de estabilidad de 1471 kg, bajos valores de flujo de 12.6 mm, así como una deformación permanente mínima de 3.65 mm y una excelente resistencia a la fatiga obteniendo valores que sobrepasan los 523,622 ciclos de carga, estos valores son aceptables y cumplen con lo requerido en el Manual de carreteras y especificaciones técnicas EG 2013, asegurando un buen desempeño de la mezcla en términos de vida útil en el pavimento.
3. Existe una diferencia significativa en el aporte de estabilidad y resistencia a la fatiga de las mezclas con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero respecto a la mezcla modificada con polímero plástomero, siendo mejor el aporte brindado por el polímero elastómero obteniendo valores de estabilidad mayores en un 21.1% respecto a los valores obtenidos con el polímero plástomero, así como una resistencia a la fatiga 134% veces mayor a la resistencia a la fatiga que aporta el polímero plástomero, con respecto a los valores de resistencia al ahuellamiento y flujo no se observan diferencias significativas, teniendo un comportamiento similar en estas dos últimas propiedades mecánicas; por lo cual pese a que un asfalto cumpla con la clasificación por PG y

MSCR es de suma relevancia conocer en el tipo de polímero utilizado en la modificación de asfaltos, ya que la selección aportara diferentes propiedades mecánicas en el diseño y desempeño de una mezcla asfáltica en términos de estabilidad y resistencia a la fatiga, lo cual se verá reflejado en la vida útil del pavimento.

4. En lo que respecta a la resistencia a la deformación permanente si bien se obtuvieron valores de ahuellamiento bajos de 3.66 mm promedio, se infiere que esto se debe más al comportamiento de la estructura granular de la mezcla asfáltica.

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para futuras investigaciones son las siguientes:

1. Ampliar la investigación llevando a cabo un estudio comparativo entre los beneficios obtenidos utilizando agregados de diferentes procedencias, asfaltos modificados con otros tipos de polímeros y diferentes clasificaciones por PG y MSCR.
2. La investigación debe ser complementada con un estudio comparativo a nivel económico, ya que no se pudo cuantificar la incidencia económica en el tipo de polímero utilizado.
3. La investigación se debe complementar con un tramo de prueba con el fin de comprobar el comportamiento en campo de ambas mezclas obtenidas en el laboratorio.
4. Buscar un ensayo que relacione la clasificación del asfalto con el comportamiento a la fatiga, ya que este ensayo demanda mucho tiempo, puesto que el PG y MSCR guarda mayor relación con la resistencia a la deformación permanente.
5. Migrar al uso de asfaltos modificados ya que estos aportan excelentes propiedades mecánicas a la mezcla reduciendo la susceptibilidad al ahuellamiento y aumentando la resistencia a la fatiga.
6. Realizar un diseño mecanístico empírico con los datos obtenidos ya que este calcula los espesores de diseño evaluando los criterios de desempeño y los valores de confiabilidad para la predicción de los deterioros y del IRI, con el fin de evaluar el aporte de cada polímero en la mezcla asfáltica.

REFERENCIAS

1. Augusto, et al. (2019). *Influencia del tipo de ligante bituminoso y dosis en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas densas*. (pp. 1178-1188). México: Asociación Mexicana De Asfalto.
2. Herencia, w. (2011). *Modificación de asfaltos con polímeros*. (Tesis de título profesional, Universidad Nacional de Ingeniería).
3. Escalante, J. (2007). *Evaluación de mezclas producidas con Ligantes asfálticos peruanos convencional PEN 60/70 y modificado por polímeros SBS tipo I 60/60 E PG 76 – 22*. (Tesis de Maestría, Universidad de Sao Paulo, Brasil).
4. Hernández, N. y Ossa, A. (2019). *Simulación del agrietamiento por fatiga en una sección de pavimento utilizando CALME*. (pp. 481-492). México: Asociación Mexicana De Asfalto.
5. Elizondo, et al. (2019). *Comparación del aporte de los ligantes asfálticos modificados y sin modificar en el desempeño de mezclas asfálticas en caliente*. (pp.1350-1362. México: Asociación Mexicana De Asfalto.
6. Dekeper, et al. (2019). *Estudio de la deformación permanente y la fatiga de mezclas asfálticas con ligantes convencionales y modificados*. (pp.1570-1581. México: Asociación Mexicana De Asfalto.
7. Kröger y Pfeiff (2019). *Análisis comparativo del desempeño de cementos asfálticos altamente modificados*. (pp.1981-1993). México: Asociación Mexicana De Asfalto.
8. Zambrano y Delgado (2019). *“Evaluación del desempeño de mezclas asfálticas con la rueda cargada de Hamburgo*. (pp.233-242). México: Asociación Mexicana De Asfalto.
9. Hernández, G. (2017). Bases fundamentales de uso de asfalto modificado en pavimentos usando elastómeros de estireno butadieno. *Revista técnica asfáltica*. 52 ,28-29.
10. Huamán, N. y Chang, C. (2016). La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú. *Revista Perfiles de Ingeniería*, 2(11),22 -30.
11. Infante, C. y Vásquez, D. (2016). *Estudio comparativo del método convencional y uso de los polímeros EVA y SBS en la aplicación de mezclas asfálticas*. (Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán)

12. De La Cruz, J. (2015). *Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBS y SB, con agregados provenientes de la cantera de tres tomas – Ferreñafe*. (Tesis pregrado, Universidad Señor de Sipán).
13. Pacheco, C, Delgado H, y Garnica P. (2013). Análisis de propiedades de desempeño de un ligante asfáltico. México: instituto mexicano del transporte.
14. Castillo, S. (2011). *Análisis comparativo de mezclas modificadas con diferentes asfaltos empleando granulometrías: Densa, semidensa y abierta, empleando la Rueda de Hamburgo*. (Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana).
15. ASTM. American Society for Testing and Materials
16. EG (2013). Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción, manual de carreteras EG., Lima, Perú.
17. Manual de ensayos de materiales (2016). MTC E, Lima, Perú.
18. SHRP. (1995). Antecedentes del diseño y análisis de mezclas asfálticas de SUPERPAVE. (pp. 49-145). Lexington, KY: Editorial de la SHRP
19. INEI (2019). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Perú.
20. Herencia, W. (2001). Modificación de asfaltos con polímero (Tesis de título profesional, Universidad, Nacional de Ingeniería).
21. AASHTO M 320-03. American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Performance Graded Asphalt Binder, Washington, DC, EUA ,2003.
22. Kraemer, C. (2004). *Ingeniería de Carreteras*. Madrid: Amelia Nieva.
23. D'Angelo, J. y Walker, D. (2010). MSCR: A better tool for characterizing high temperature performance. Asphalt Magazine, 15–23.
24. Asphalts, C.T. (Diciembre 2010). Guidance on the Use of the MSCR Test with the AASHTO M320 specification. Lexington, Kentucky, USA. Obtention de Asphalt Institute.
25. Rondón, A y Reyes, F. (2015). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. (1.ªEd.). Bogota, Colombia: ECOE Ediciones.
26. T324. Hamburg wheel -Track Testing of Compacted Hot Mix-Asphalt.

27. Salvador, W. (2012). *Análisis del comportamiento a fatiga de las mezclas bituminosas a partir del nuevo procedimiento de ensayos*. (Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Catalunya).
28. Guidance on the Use of the MSCR Test with the AASHTO M320 Specification Asphalt Institute, Dec. 2010.
29. AASHTO - TP8, 1994. Standard Test Method for Determining the Fatigue life of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) Subjected to Repeated Flexural Bending.
30. Arias, F. (2012). *El Proyecto de investigación*. (6.ªEd.). Caracas, República Bolivariana de Venezuela: Episteme.
31. Hernández, R., Fernández, R. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6.ªEd.). México: Mc Graw-Hill.
32. Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación, Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales*. (4.ªEd.). Colombia: Pearson.
33. Rísquez, G, Fuenmayor, E. Y Pereira, B. (2002). *Metodología de la Investigación*. Manual Teórico- Práctico. Maracaibo. Editorial Universo de Venezuela, C.A.
34. Palella, S. y Martins, F. (2012). *Metodología De La Investigación Cuantitativa*. (3ª. Ed.). Caracas: Fedupel.
35. Monteros, Carlos Javier Vásquez. (2016). Factores de equivalencia de daño en pavimentos flexibles: análisis para condiciones típicas de Argentina. Buenos Aires: s.n.
36. Real Academia Española. [versión 23.3 en línea]. *Diccionario de la lengua española*, (23.ªed.). (recuperado 10 de agosto 2017)
Disponible en: <https://dle.rae.es/comparar?m=form>
37. Orellana, S. (2016). Análisis del comportamiento y beneficios de las mezclas asfálticas tibias (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.
38. García-Morales, M. *et al.*(junio,2004). La reología del betún modificado con EVA / LDPE reciclado. *Rheol Acta*. 43, 482-490.
39. Wang, J. & Chen, Z. (September, 2008). Effect of ageing on fatigue properties of asphalt. *Journal of Central South University of Technology*, 15(1), 111-114.
40. ASTM. (2014). ASTM. United States: ASTM international.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

| Variables | Def. Conceptual | Def. Operacional | Dimensiones | Indicadores | Unidades de medida |
|---|--|---|--|-------------------------|--------------------|
| Independiente | | | | | |
| Comparación entre las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas | Según la RAE, comparación es la acción y efecto de comparar, es decir, de observar las diferencias y las semejanzas entre dos elementos. | Para comparar dos mezclas se requiere establecer parámetros de referencia fijos y estos sean comparados relativamente | Mezcla con asfalto PG76-10E modificado con polímero elastómero | Estabilidad | kg |
| | | | | Flujo | mm |
| | | | | Ahuellamiento | mm |
| | | | | Resistencia a la fatiga | ciclos de carga |
| | | | Mezcla con asfalto PG76-10E modificado con polímero plástomero | Estabilidad | kg |
| | | | | Flujo | mm |
| | | | | Ahuellamiento | mm |
| | | | | Resistencia a la fatiga | ciclos de carga |
| Dependiente | | | | | |
| Diferencia entre las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas | Según la RAE, diferencia es la cualidad, característica o circunstancia que hace que una persona o cosa sea diferente de otra. | Para medir las diferencias se requiere comparar los parámetros y referencias medidas | Propiedades diferenciales | Estabilidad | kg |
| | | | | Flujo | mm |
| | | | | Ahuellamiento | mm |
| | | | | Resistencia a la fatiga | ciclos de carga |

Anexo 2: Grado de desempeño de asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero



TDM ASFALTOS

GRADO DE PERFORMANCE INFORME DE ENSAYO N° 003-2020-LAB LIGANTES SUPERPAVE

| | |
|-------------------|---|
| AUTORES | GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY |
| PROYECTO | TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E |
| | MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO |
| CODIGO DE MUESTRA | ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO |

| ENSAYOS | METODO ASTM | UNIDADES | Especificaciones | | RESULTADO |
|--|-------------|----------|------------------|--------|-----------|
| | | | Mínimo | Máximo | |
| LIGANTE ORIGINAL | | | | | |
| PUNTO DE INFLAMACIÓN | D-92 | °C | 230 | --- | 292 |
| VISCOSIDAD BROOKFIELD, SPINDLE 21, 20 RPM, 135°C | D-4402 | cP | --- | 3000 | 1310.0 |
| TEMPERATURA DE CORTE DINAMICO | D-7175 | °C | --- | --- | 76 |
| CORTE DINAMICO G'/senδ, 10 rad/s | D-7175 | kPa | 1 | --- | 1.28 |
| DESPUES DE ENVEJECIMIENTO RTFOT | D-2872 | | | | |
| PERDIDA DE MASA | D-2872 | % | --- | 1 | 0.215 |
| TEMPERATURA DE CORTE DINAMICO | D-7175 | °C | --- | --- | 76 |
| CORTE DINAMICO G'/senδ, 10 rad/s | D-7175 | kPa | 2.2 | --- | 4.52 |
| DESPUES DE ENVEJECIMIENTO PAV | D-6521 | | | | |
| TEMPERATURA DE CURADO PAV | D-6521 | °C | --- | --- | 100 |
| TEMPERATURA DE CORTE DINAMICO | D-7175 | °C | --- | --- | 28 |
| CORTE DINAMICO G'xsenδ, 10 rad/s | D-7175 | kPa | --- | 5000 | 1225 |
| TEMPERATURA DE RIGIDEZ AL DESPLAZAMIENTO | D-6648 | °C | --- | --- | 0 |
| RIGIDEZ AL DESPLAZAMIENTO, VALOR S, a 80 seg | D-6648 | MPa | --- | 300 | 126 |
| VALOR m | D-6648 | | 0.300 | --- | 0.332 |

| | |
|--------------------------|-----------------|
| GRADO DE PERFORMANCE, PG | PG 76-10 |
|--------------------------|-----------------|

Observaciones GRADO DE PERFORMANCE SEGÚN ASTM D-6376-13 TABLA 1

Original: Cliente
Copia 1: LLS

Ing. Wendy Herencia
Jefe de Área Técnica

Fecha de Emisión : **Lima, 06 de Enero del 2020**

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones y/o sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS S.A.C. Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lurín. Teléfono 511-6169300. Fax 511-6169313

Anexo 3: Grado de desempeño de asfalto PG 76-10E modificado con polímero plastómero



TDM ASFALTOS

GRADO DE PERFORMANCE INFORME DE ENSAYO N° 004-2020-LAB LIGANTES SUPERPAVE

| | |
|-------------------|---|
| AUTORES | GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY |
| PROYECTO | TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E |
| | MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO |
| CODIGO DE MUESTRA | ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLÁSTOMERO |

| ENSAYOS | METODO ASTM | UNIDADES | Especificaciones | | RESULTADO |
|--|-------------|----------|------------------|--------|-----------|
| | | | Mínimo | Máximo | |
| LIGANTE ORIGINAL | | | | | |
| PUNTO DE INFLAMACIÓN | D-92 | °C | 230 | --- | 290 |
| VISCOSIDAD BROOKFIELD, SPINDLE 21, 20 RPM, 135°C | D-4402 | cP | --- | 3000 | 1560.0 |
| TEMPERATURA DE CORTE DINAMICO | D-7175 | °C | --- | --- | 76 |
| CORTE DINAMICO G'xsenδ, 10 rad/s | D-7175 | kPa | 1 | --- | 1.19 |
| DESPUES DE ENVEJECIMIENTO RTFOT | D-2872 | | | | |
| PERDIDA DE MASA | D-2872 | % | --- | 1 | 0.335 |
| TEMPERATURA DE CORTE DINAMICO | D-7175 | °C | --- | --- | 76 |
| CORTE DINAMICO G'xsenδ, 10 rad/s | D-7175 | kPa | 2.2 | --- | 3.54 |
| DESPUES DE ENVEJECIMIENTO PAV | D-6521 | | | | |
| TEMPERATURA DE CURADO PAV | D-6521 | °C | --- | --- | 100 |
| TEMPERATURA DE CORTE DINAMICO | D-7175 | °C | --- | --- | 28 |
| CORTE DINAMICO G'xsenδ, 10 rad/s | D-7175 | kPa | --- | 5000 | 1170 |
| TEMPERATURA DE RIGIDEZ AL DESPLAZAMIENTO | D-6648 | °C | --- | --- | 0 |
| RIGIDEZ AL DESPLAZAMIENTO, VALOR S, a 60 seg | D-6648 | MPa | --- | 300 | 164 |
| VALOR m | D-6648 | | 0.300 | --- | 0.322 |

| | |
|--------------------------|-----------------|
| GRADO DE PERFORMANCE, PG | PG 76-10 |
|--------------------------|-----------------|

Observaciones GRADO DE PERFORMANCE SEGÚN ASTM D-6376-13 TABLA 1

Original: Cliente
Copia 1: LLS

Ing. Wendy Herencia
Jefe de Área Técnica

Fecha de Emisión :

Lima, 06 de Enero del 2020

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones y/o sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS S.A.C. Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lurín. Teléfono 511-6169300. Fax 511-6169313

Anexo 4 : Multiple stress creep and recovery PG 76-10E modificado con polímero elastómero



TDM ASFALTOS

MULTIPLE STRESS CREEP AND RECOVERY (MSCR) - ASTM D 7405 INFORME DE ENSAYO N° 005-2020-LAB LIGANTES SUPERPAVE

| | |
|-------------------|---|
| AUTORES | GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY |
| PROYECTO | TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E |
| | MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO |
| CODIGO DE MUESTRA | ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO |

| | |
|-----------------------|------|
| TEMPERATURA DE ENSAYO | 76°C |
|-----------------------|------|

| | |
|---|--------|
| R _{0.1} - PROMEDIO DE RECUPERACION A 0.100 kPa | 80.70% |
| R _{3.2} - PROMEDIO DE RECUPERACION A 3.200 kPa | 70.10% |
| Rdiff - DIFERENCIA ENTRE PROMEDIO DE RECUPERACION A 0.100 kPa Y 3.200 kPa | 13.10% |

| | |
|--|------------|
| Jnr _{0.1} - CREEP COMPLIANCE NO RECUPERABLE A 0.100 kPa | 0.24 kPa-1 |
| Jnr _{3.2} - CREEP COMPLIANCE NO RECUPERABLE A 3.200 kPa | 0.38 kPa-1 |
| Jnr diff - DIFERENCIA ENTRE CREEP COMPLIANCE A 0.100 kPa Y 3.200 kPa | 57.20% |

Observaciones CLASIFICACIÓN COMO TRAFICO EXTREMO (E)

Ing Wendy Herencia
Jefe de Area Técnica

Original: Cliente
Copia 1: Area Técnica
Copia 2: LLS

Fecha de Emisión : Lima, 06 de Enero del 2020

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones y/o sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

Anexo 5 : Multiple stress creep and recovery PG 76-10E modificado con polímero plastómero



TDM ASFALTOS

MULTIPLE STRESS CREEP AND RECOVERY (MSCR) - ASTM D 7405 INFORME DE ENSAYO N° 006-2020-LAB LIGANTES SUPERPAVE

| | |
|-------------------|---|
| AUTORES | GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY |
| PROYECTO | TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E |
| | MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO |
| CODIGO DE MUESTRA | ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLÁSTOMERO |

| | |
|-----------------------|------|
| TEMPERATURA DE ENSAYO | 76°C |
|-----------------------|------|

| | |
|---|--------|
| R _{0.1} - PROMEDIO DE RECUPERACION A 0.100 kPa | 83.50% |
| R _{3.2} - PROMEDIO DE RECUPERACION A 3.200 kPa | 79.60% |
| Rdiff - DIFERENCIA ENTRE PROMEDIO DE RECUPERACION A 0.100 kPa Y 3.200 kPa | 4.70% |

| | |
|--|------------|
| Jnr _{0.1} - CREEP COMPLIANCE NO RECUPERABLE A 0.100 kPa | 0.25 kPa-1 |
| Jnr _{3.2} - CREEP COMPLIANCE NO RECUPERABLE A 3.200 kPa | 0.25 kPa-1 |
| Jnr diff - DIFERENCIA ENTRE CREEP COMPLIANCE A 0.100 kPa Y 3.200 kPa | -0.70% |

Observaciones CLASIFICACIÓN COMO TRAFICO EXTREMO (E)

Ing Wendy Herencia
Jefe de Area Técnica

Original: Cliente
Copia 1: Area Técnica
Copia 2: LLS

Fecha de Emisión : Lima, 06 de Enero del 2020

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones y/o sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

Anexo 6: Diseño de Mezcla asfáltica en caliente con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero



EXPEDIENTE MAC
002-2020-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927) (RESUMEN)

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
: MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

CANTERA CRUSHING

PIEDRA CHANCADA < 1" : 05%
PIEDRA CHANCADA 3/8" : 35%
ARENA CHANCADA : 50%
ARENA NATURAL : 10%
: ESPECIFICACIÓN ASTM D 3615
: D-5

2.- LIGANTE BITUMINOSO

Tipo de asfalto : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON PÓLIMERO ELASTÓMERO
% optimo de C.A. : 5.5

3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

| Nº DE GOLPES | 75 | | |
|--|--------|--------|--------|
| CEMENTO ASFÁLTICO (% EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL) | 5.2 | 5.5 | 5.8 |
| DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³) | 2.295 | 2.304 | 2.311 |
| VACIOS (%) | 4.7 | 3.9 | 3.2 |
| V.M.A. (%) | 15.5 | 15.4 | 15.5 |
| R.B.V. (%) | 68.5 | 73.3 | 78.2 |
| FLUJO (0.25 mm) | 12.1 | 12.6 | 13.1 |
| ESTABILIDAD (kg) | 1776.0 | 1782.0 | 1783.0 |
| Relación polvo - asfalto | 1.05 | 0.99 | 0.93 |

4.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)

Según carta de viscosidad
Temperatura Mezcla: 163.4 °C - 170.3 °C
Temperatura Compactación: 153.5 °C - 163.4 °C

5.- OBSERVACIONES

Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica

Fecha de Emisión : Lima, 13 de Enero del 2020

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313



EXPEDIENTE MAC
002-2020-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)

SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
 PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
 : MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO

| N° BRIQUETAS | 1 | 1-A | 1-B* | 2 | 2-A | 2-B* | 3 | 3-A | 3-B* | 4 | 4-A | 4-B* | 5 | 5-A | 5-B* |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 % C.A. EN PESO DE LA MEZCLA | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.5 | 6.5 | 6.5 |
| 2 % A. GRUESO (TMN 3/4") EN PESO DE LA MEZCLA | 4.78 | 4.78 | 4.78 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 4.73 | 4.73 | 4.73 | 4.70 | 4.70 | 4.70 | 4.68 | 4.68 | 4.68 |
| 3 % A. GRUESO (TMN 1/2") EN PESO DE LA MEZCLA | 33.43 | 33.43 | 33.43 | 33.25 | 33.25 | 33.25 | 33.08 | 33.08 | 33.08 | 32.90 | 32.90 | 32.90 | 32.73 | 32.73 | 32.73 |
| 4 % A. FINO CHANCADO EN PESO DE LA MEZCLA | 47.75 | 47.75 | 47.75 | 47.50 | 47.50 | 47.50 | 47.25 | 47.25 | 47.25 | 47.00 | 47.00 | 47.00 | 46.75 | 46.75 | 46.75 |
| 5 % A. FINO NATURAL EN PESO DE LA MEZCLA | 9.55 | 9.55 | 9.55 | 9.50 | 9.50 | 9.50 | 9.45 | 9.45 | 9.45 | 9.40 | 9.40 | 9.40 | 9.35 | 9.35 | 9.35 |
| 6 PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 |
| 7 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO GRUESO (TMN 3/4") | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 |
| 8 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO GRUESO (TMN 1/2") | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 |
| 9 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO FINO CHANCADO | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 |
| 10 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO FINO NATURAL | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 |
| 11 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE (g) | 1137.0 | 1132.5 | 1133.3 | 1139.6 | 1128.0 | 1140.1 | 1155.7 | 1142.0 | 1143.3 | 1161.2 | 1148.1 | 1146.9 | 1148.7 | 1155.9 | 1156.3 |
| 12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE SS (g) | 1139.1 | 1135.7 | 1135.9 | 1140.8 | 1129.9 | 1142.3 | 1156.4 | 1144.0 | 1144.6 | 1162.0 | 1148.9 | 1147.8 | 1149.3 | 1156.6 | 1157.2 |
| 13 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (g) | 636.3 | 636.1 | 634.6 | 642.1 | 635.8 | 643.8 | 655.0 | 648.6 | 648.8 | 660.1 | 652.7 | 653.1 | 652.7 | 657.1 | 658.4 |
| 14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm³) | 502.8 | 499.6 | 501.3 | 498.7 | 494.1 | 498.5 | 501.4 | 495.4 | 495.8 | 501.9 | 496.2 | 494.7 | 496.6 | 499.5 | 498.8 |
| 15 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA | 2.261 | 2.267 | 2.261 | 2.285 | 2.283 | 2.287 | 2.305 | 2.305 | 2.306 | 2.314 | 2.314 | 2.318 | 2.313 | 2.314 | 2.318 |
| 16 PESO UNITARIO DE LA BRIQUETA A 25°C (g/cm³)- ASTM D 2726 | 2.254 | 2.260 | 2.254 | 2.278 | 2.276 | 2.280 | 2.298 | 2.298 | 2.299 | 2.307 | 2.307 | 2.311 | 2.306 | 2.307 | 2.311 |
| 17 PESO ESPECIFICO MÁXIMO -ASTM D 2041 | 2.433 | 2.433 | 2.433 | 2.415 | 2.415 | 2.415 | 2.397 | 2.397 | 2.397 | 2.381 | 2.381 | 2.381 | 2.360 | 2.360 | 2.360 |
| 18 % VACIOS - ASTM D 3203 | 7.1 | 6.8 | 7.1 | 5.4 | 5.5 | 5.3 | 3.8 | 3.8 | 3.8 | 2.8 | 2.8 | 2.6 | 2.0 | 2.0 | 1.8 |
| 19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 |
| 20 V.M.A. (%) | 16.1 | 15.9 | 16.1 | 15.7 | 15.8 | 15.6 | 15.4 | 15.4 | 15.4 | 15.5 | 15.5 | 15.4 | 16.0 | 16.0 | 15.8 |
| 21 % VACIOS LLENADOS CON C.A. | 55.9 | 57.2 | 55.9 | 65.6 | 65.2 | 66.0 | 75.3 | 75.3 | 75.3 | 81.9 | 81.9 | 83.1 | 87.5 | 87.5 | 88.6 |
| 22 PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.602 | 2.602 | 2.602 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.598 | 2.598 | 2.598 |
| 23 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 24 % ASFALTO EFECTIVO | 4.11 | 4.11 | 4.11 | 4.61 | 4.61 | 4.61 | 5.13 | 5.13 | 5.13 | 5.62 | 5.62 | 5.62 | 6.19 | 6.19 | 6.19 |
| 25 FLUJO (0,01pulgada) | 11.0 | 11.0 | 10.0 | 12.0 | 12.0 | 11.0 | 13.0 | 13.0 | 12.0 | 13.0 | 13.0 | 14.0 | 14.0 | 14.0 | 14.0 |
| 26 ESTABILIDAD SIN CORRÉGIR | 1644 | 1581 | 1623 | 1644 | 1670 | 1619 | 1708 | 1729 | 1703 | 1644 | 1686 | 1479 | 1496 | 1369 | 1284 |
| 27 FACTOR DE ESTABILIDAD (TABLA) | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.09 | 1.04 | 1.04 | 1.09 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.09 | 1.04 | 1.04 | 1.04 |
| 28 ESTABILIDAD CORRÉGIDA (Kg) | 1710 | 1644 | 1688 | 1710 | 1820 | 1684 | 1776 | 1884 | 1772 | 1710 | 1754 | 1612 | 1556 | 1424 | 1336 |

OBSERVACIONES :

Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

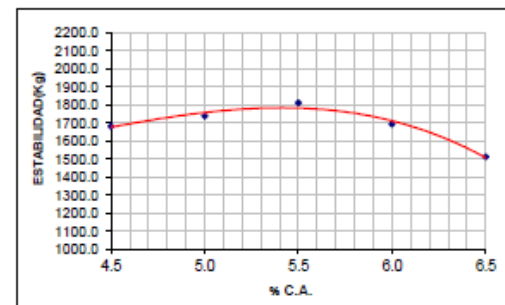
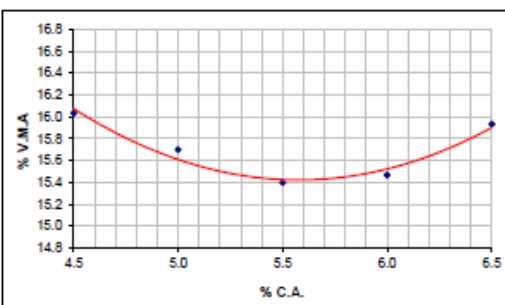
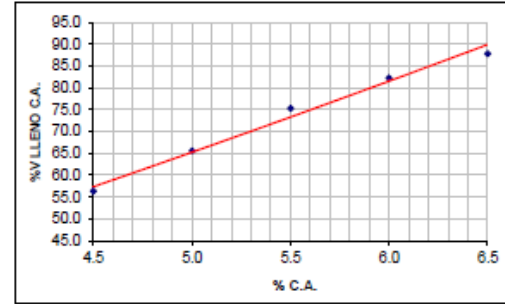
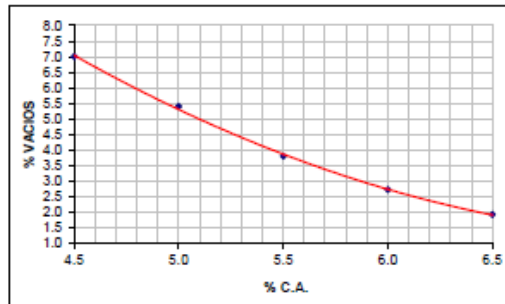
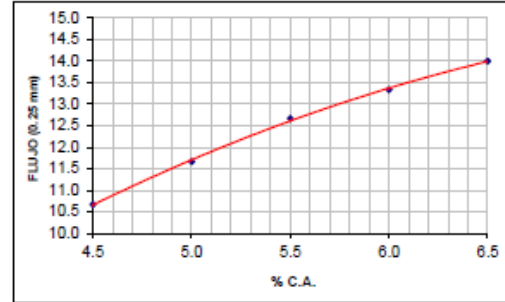
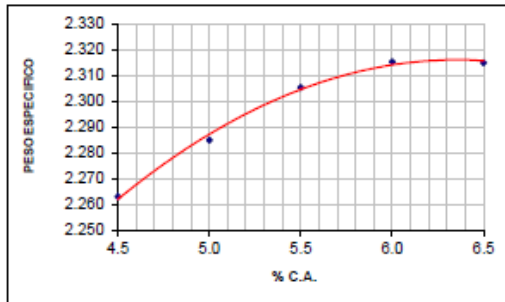
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.



INFORME DE DISEÑO
DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)

SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
: MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO



OBSERVACIONES:
ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON PÓLIMERO ELASTÓMERO

Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313



INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
MODIFICADO CON POLIMERO ELASTÓMERO Y CON POLIMERO PLÁSTOMERO
SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

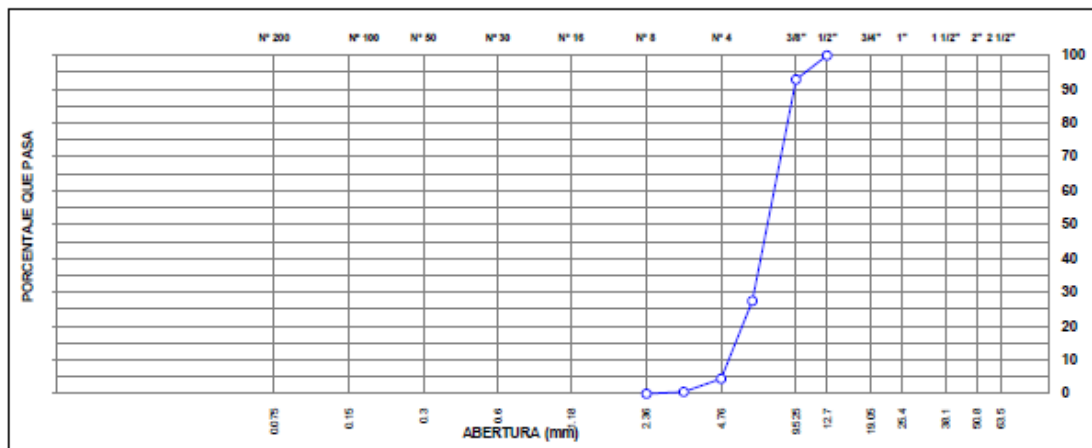
DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA CRUSHING
DESCRIPCIÓN : PIEDRA CHANCADA 3/8" PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
CANTIDAD : 40 kg aprox.

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136) | | | | | | |
|--|--------------|--------|-----------|----------|-------|----------------|
| MALLAS | | | | | | |
| SERIE | ABERTURA | RET. | RET. PAR. | RET. AC. | PASA | ESPECIFICACIÓN |
| AMERICANA | (mm) | g | % | % | % | |
| 2" | 50.800 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | |
| 3/8" | 9.525 | 200.7 | 7.1 | 7.1 | 92.9 | |
| 1/4" | 6.350 | 1846.7 | 65.5 | 72.6 | 27.4 | |
| # 4 | 4.760 | 649.1 | 23.0 | 95.6 | 4.4 | |
| # 6 | 3.360 | 109.8 | 3.9 | 99.5 | 0.5 | |
| # 8 | 2.380 | 15.3 | 0.5 | 100.0 | 0.0 | |
| # 10 | 2.000 | | | | | |
| # 16 | 1.190 | | | | | |
| # 20 | 0.840 | | | | | |
| # 30 | 0.590 | | | | | |
| # 40 | 0.426 | | | | | |
| # 50 | 0.297 | | | | | |
| # 60 | 0.177 | | | | | |
| # 100 | 0.149 | | | | | |
| # 200 | 0.074 | | | | | |
| < # 200 | (ASTM C-117) | | | | | |

| CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO | |
|------------------------------|---------------|
| P.E. MASA (ASTM C127) | : 2.525 g/cm3 |
| P.E. SSS (ASTM C127) | : 2.551 g/cm3 |
| P.E. APAR. (ASTM C127) | : 2.591 g/cm3 |
| ABSORCIÓN (ASTM C127) | : 1.0 % |
| 1 CARA FRACT. (ASTM D5821) | : 90.5 % |
| 2 CARAS FRACT. (ASTM D5821) | : 77.3 % |
| CHATAS Y ALARG. (ASTM D4791) | : 0.1 % |

CURVA GRANULOMÉTRICA



Hector Huapaya N.
Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.



EXPEDIENTE MAC
002-2020-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG78-10E
MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA CRUSHING
DESCRIPCIÓN : ARENA CHANCADA

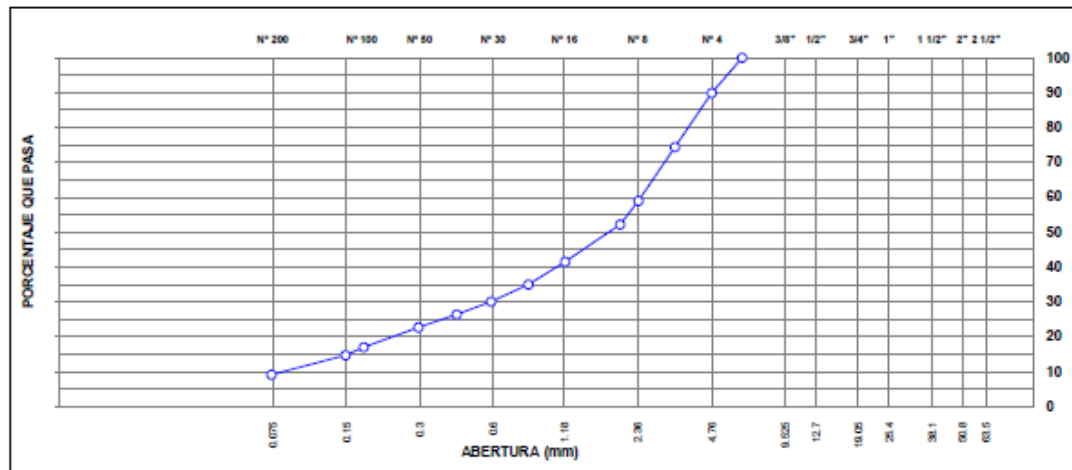
PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
CANTIDAD : 40 kg aprox.

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136) | | | | | | |
|--|---------------|-------------|-------------|------------|--------|----------------|
| MALLAS | | | | | | |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | PESO RET. g | RET. PAR. % | RET. AC. % | PASA % | ESPECIFICACIÓN |
| 2" | 50.800 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | 100.0 | |
| # 4 | 4.750 | 48.48 | 10.1 | 10.1 | 89.9 | |
| # 6 | 3.360 | 92.7 | 15.5 | 25.6 | 74.4 | |
| # 8 | 2.380 | 79.9 | 15.4 | 41.0 | 59.0 | |
| # 10 | 2.000 | 35.7 | 6.8 | 47.8 | 52.2 | |
| # 16 | 1.190 | 94.4 | 10.7 | 58.5 | 41.5 | |
| # 20 | 0.840 | 50.2 | 6.5 | 65.0 | 35.0 | |
| # 30 | 0.590 | 60.4 | 4.9 | 69.9 | 30.1 | |
| # 40 | 0.426 | 61.2 | 3.7 | 73.6 | 26.4 | |
| # 50 | 0.297 | 71.4 | 3.7 | 77.3 | 22.7 | |
| # 80 | 0.177 | 84.2 | 5.7 | 83.0 | 17.0 | |
| # 100 | 0.149 | 25.5 | 2.3 | 85.3 | 14.7 | |
| # 200 | 0.074 | 67.2 | 5.6 | 90.9 | 9.1 | |
| < # 200 | (ASTM C-117) | 36.6 | 9.1 | 100.0 | 0.0 | |

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO

P.E. MASA (ASTM C127) : 2.603 g/cm³
P.E. SSS (ASTM C127) : 2.615 g/cm³
P.E. APAR. (ASTM C127) : 2.635 g/cm³
ABSORCIÓN (ASTM C127) : 0.5 %
EQUIV. DE ARENA (ASTM D3419) : 72 %
AZUL DE METILENO (AASHTO TP 57) : 3.0 mg/g

CURVA GRANULOMÉTRICA



Hector Huapaya
Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

El uso de la Información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313



EXPEDIENTE MAC
002-2020-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

DETALLE DE LA MUESTRA

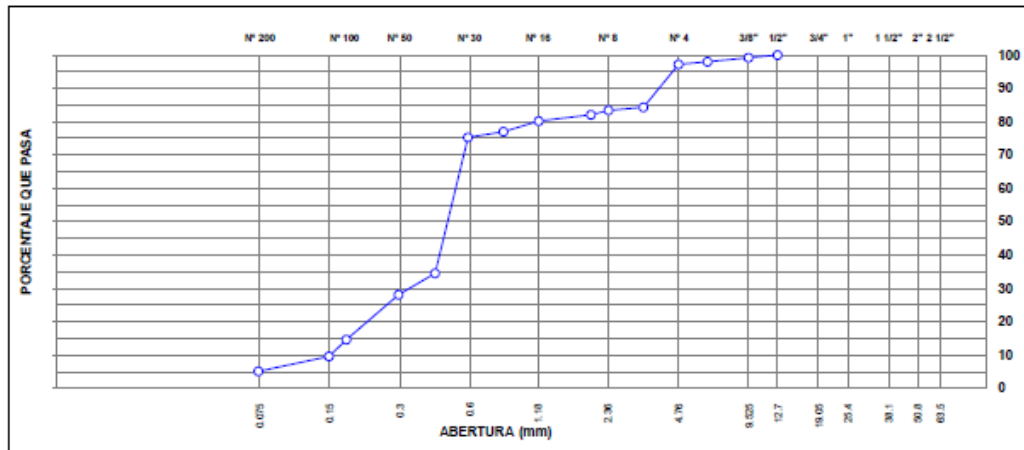
IDENTIFICACIÓN : CANTERA CRUSHING
DESCRIPCIÓN : ARENA NATURAL

PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
CANTIDAD : 40 kg aprox.

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136) | | | | | | |
|--|---------------|-------------|-------------|------------|--------|----------------|
| MALLAS | | | | | | |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | PESO RET. g | RET. PAR. % | RET. AC. % | PASA % | ESPECIFICACIÓN |
| 2" | 50.800 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | |
| 3/8" | 9.525 | 9.0 | 0.8 | 0.8 | 99.2 | |
| 1/4" | 6.350 | 13.6 | 1.2 | 2.0 | 98.0 | |
| # 4 | 4.760 | 9.0 | 0.8 | 2.8 | 97.2 | |
| # 6 | 3.360 | 145.8 | 12.9 | 15.7 | 84.3 | |
| # 8 | 2.380 | 10.2 | 0.9 | 16.6 | 83.4 | |
| # 10 | 2.000 | 14.7 | 1.3 | 17.9 | 82.1 | |
| # 16 | 1.190 | 21.5 | 1.9 | 19.8 | 80.2 | |
| # 20 | 0.840 | 36.2 | 3.2 | 23.0 | 77.0 | |
| # 30 | 0.590 | 19.2 | 1.7 | 24.7 | 75.3 | |
| # 40 | 0.426 | 461.0 | 40.8 | 65.5 | 34.5 | |
| # 50 | 0.297 | 72.3 | 6.4 | 71.9 | 28.1 | |
| # 80 | 0.177 | 152.6 | 13.5 | 85.4 | 14.6 | |
| # 100 | 0.149 | 56.5 | 5.0 | 90.4 | 9.6 | |
| # 200 | 0.074 | 50.9 | 4.5 | 94.9 | 5.1 | |
| < # 200 | (ASTM C-117) | 57.6 | 5.1 | 100.0 | 0.0 | |

| CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO | |
|---------------------------------|---------------------------|
| P.E. MASA (ASTM C127) | : 2.617 g/cm ³ |
| P.E. SSB (ASTM C127) | : 2.635 g/cm ³ |
| P.E. APAR (ASTM C127) | : 2.66 g/cm ³ |
| ABSORCIÓN (ASTM C127) | : 0.7 % |
| EQUIV. DE ARENA (ASTM D2419) | : 86 % |
| AZUL DE METILENO (AASHTO TP 57) | : 4.0 mg/g |

CURVA GRANULOMÉTRICA



Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313



INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO

SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY

REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA CRUSHING

PRESENTACIÓN : sacos de polipropileno

DESCRIPCIÓN : MEZCLA DE AGREGADOS

CANTIDAD : 50 kg aprox. c/u

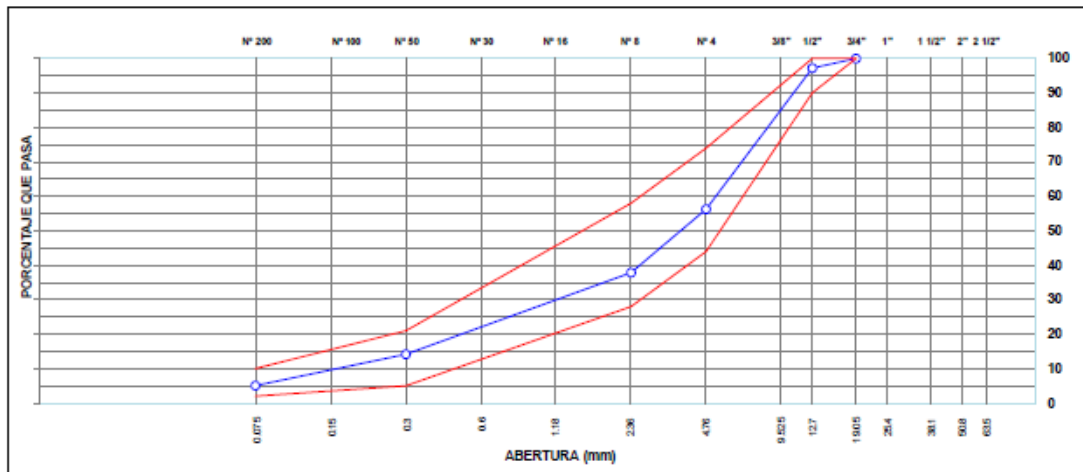
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136) | | | | | | |
|--|---------------|--------|-------------|------------|--------|-----------------------------|
| MALLAS | | | | | | |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | RET. g | RET. PAR. % | RET. AC. % | PASA % | GRADACIÓN "ASTM D 3515 D-5" |
| 2" | 50.800 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | 100 100 |
| 1/2" | 12.700 | 431.1 | 2.8 | 2.8 | 97.2 | 90 100 |
| 3/8" | 9.525 | 656.4 | 4.2 | 7.0 | 93.0 | |
| 1/4" | 6.350 | 3628.6 | 23.4 | 30.4 | 69.6 | |
| # 4 | 4.750 | 2072.2 | 13.4 | 43.8 | 56.2 | 44 74 |
| # 6 | 3.350 | 1616.2 | 10.4 | 54.2 | 45.8 | |
| # 8 | 2.380 | 1240.9 | 6.0 | 62.2 | 37.8 | 28 58 |
| # 10 | 2.000 | 544.5 | 3.5 | 65.7 | 34.3 | |
| # 16 | 1.190 | 657.1 | 5.5 | 71.2 | 28.8 | |
| # 20 | 0.840 | 656.1 | 3.6 | 74.8 | 25.2 | |
| # 30 | 0.590 | 406.4 | 2.6 | 77.4 | 22.6 | |
| # 40 | 0.426 | 919.9 | 5.9 | 83.4 | 16.6 | |
| # 50 | 0.297 | 395.6 | 2.5 | 85.9 | 14.2 | 5 21 |
| # 80 | 0.177 | 652.3 | 4.2 | 90.1 | 9.9 | |
| # 100 | 0.149 | 256.7 | 1.7 | 91.7 | 8.3 | |
| # 200 | 0.074 | 501.1 | 3.2 | 95.0 | 5.1 | 2 10 |
| < # 200 | (ASTM C-117) | 787.3 | 5.1 | 100.0 | 0.0 | |

| PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS | |
|-------------------------------------|--------|
| PIEDRA CHANCADA < 1" | 05.0 % |
| PIEDRA CHANCADA 3/8" | 35.0 % |
| ARENA CHANCADA | 50.0 % |
| ARENA NATURAL | 10.0 % |

ESPECIFICACIONES

ESPECIFICACIÓN ASTM D 3515 D-5.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Hector Huapaya
Hector Huapaya Ñ.
Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

Anexo 7: Diseño de Mezcla asfáltica en caliente con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plastómero



EXPEDIENTE MAC
003-2020-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927) (RESUMEN)

SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
 PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
 : MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLASTÓMERO

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

CANTERA CRUSHING

PIEDRA CHANCADA < 1" : 05%
 PIEDRA CHANCADA 3/8" : 35%
 ARENA CHANCADA : 50%
 ARENA NATURAL : 10%
 : ESPECIFICACIÓN ASTM D 3515
 : D-5

2.- LIGANTE BITUMINOSO

Tipo de asfalto : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLASTÓMERO
 % óptimo de C.A. : 5.4

3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

| | | | |
|--|--------|--------|--------|
| Nº DE GOLPES | | 75 | |
| CEMENTO ASFÁLTICO (% EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL) | 5.1 | 5.4 | 5.7 |
| DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³) | 2.297 | 2.308 | 2.315 |
| VACIOS (%) | 4.8 | 4.0 | 3.2 |
| V.M.A. (%) | 15.4 | 15.3 | 15.3 |
| R.B.V. (%) | 67.9 | 72.7 | 77.6 |
| FLUJO (0,25 mm) | 11.9 | 12.4 | 12.9 |
| ESTABILIDAD (kg) | 1415.0 | 1455.0 | 1468.0 |
| Relación polvo - asfalto | 1.08 | 1.01 | 0.95 |

4.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)

Según carta de viscosidad
 Temperatura Mezcla: 162.8 °C - 168.8 °C
 Temperatura Compactación: 154.4 °C - 162.8 °C

5.- OBSERVACIONES

Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de Emisión : Lima, 13 de Enero del 2020

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lurín. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313



EXPEDIENTE MAC
003-2020-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)

SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
REFERENCIA : MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
: MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLASTÓMERO

| N° BRIQUETAS | 1 | 1.A | 1.B ^a | 2 | 2.A | 2.B ^a | 3 | 3.A | 3.B ^a | 4 | 4.A | 4.B ^a | 5 | 5.A | 5.B ^a |
|---|--------|--------|------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|------------------|
| 1 % C.A. EN PESO DE LA MEZCLA | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.5 | 6.5 | 6.5 |
| 2 % A. GRUESO (TMN 3/4") EN PESO DE LA MEZCLA | 4.78 | 4.78 | 4.78 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 4.73 | 4.73 | 4.73 | 4.70 | 4.70 | 4.70 | 4.68 | 4.68 | 4.68 |
| 3 % A. GRUESO (TMN 1/2") EN PESO DE LA MEZCLA | 33.43 | 33.43 | 33.43 | 33.25 | 33.25 | 33.25 | 33.08 | 33.08 | 33.08 | 32.90 | 32.90 | 32.90 | 32.73 | 32.73 | 32.73 |
| 4 % A. FINO CHANCADO EN PESO DE LA MEZCLA | 47.75 | 47.75 | 47.75 | 47.50 | 47.50 | 47.50 | 47.25 | 47.25 | 47.25 | 47.00 | 47.00 | 47.00 | 46.75 | 46.75 | 46.75 |
| 5 % A. FINO NATURAL EN PESO DE LA MEZCLA | 9.55 | 9.55 | 9.55 | 9.50 | 9.50 | 9.50 | 9.45 | 9.45 | 9.45 | 9.40 | 9.40 | 9.40 | 9.35 | 9.35 | 9.35 |
| 6 PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 | 1.018 |
| 7 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO GRUESO (TMN 3/4") | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 | 2.570 |
| 8 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO GRUESO (TMN 1/2") | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 | 2.525 |
| 9 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO FINO CHANCADO | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.603 |
| 10 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO FINO NATURAL | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 | 2.617 |
| 11 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE (g) | 1132.9 | 1132.7 | 1132.5 | 1135.2 | 1135.4 | 1135.0 | 1147.2 | 1147.6 | 1146.9 | 1147.1 | 1147.5 | 1147.2 | 1153.5 | 1153.7 | 1153.9 |
| 12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE SS (g) | 1135.4 | 1136.5 | 1135.7 | 1137.2 | 1137.7 | 1137.3 | 1148.3 | 1148.1 | 1147.9 | 1148.4 | 1148.2 | 1148.3 | 1154.1 | 1154.2 | 1154.4 |
| 13 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (g) | 636.2 | 637.3 | 636.4 | 641.7 | 641.6 | 641.0 | 651.8 | 651.3 | 651.2 | 654.4 | 653.5 | 653.6 | 657.3 | 656.8 | 656.4 |
| 14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³) | 499.2 | 499.2 | 499.3 | 496.5 | 496.1 | 496.3 | 496.5 | 496.8 | 496.7 | 494.0 | 494.7 | 494.7 | 496.8 | 497.4 | 498.0 |
| 15 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA | 2.269 | 2.269 | 2.268 | 2.291 | 2.289 | 2.287 | 2.311 | 2.310 | 2.309 | 2.322 | 2.320 | 2.319 | 2.322 | 2.319 | 2.317 |
| 16 PESO UNITARIO DE LA BRIQUETA A 25°C (g/cm ³) - ASTM D 2726 | 2.262 | 2.262 | 2.261 | 2.284 | 2.282 | 2.280 | 2.304 | 2.303 | 2.302 | 2.315 | 2.313 | 2.312 | 2.315 | 2.312 | 2.310 |
| 17 PESO ESPECIFICO MÁXIMO -ASTM D 2041 | 2.432 | 2.432 | 2.432 | 2.416 | 2.416 | 2.416 | 2.398 | 2.398 | 2.398 | 2.380 | 2.380 | 2.380 | 2.359 | 2.359 | 2.359 |
| 18 % VACIOS - ASTM D 3203 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 5.2 | 5.3 | 5.3 | 3.6 | 3.7 | 3.7 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 1.6 | 1.7 | 1.8 |
| 19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 | 2.575 |
| 20 V.M.A. (%) | 15.8 | 15.8 | 15.9 | 15.5 | 15.5 | 15.6 | 15.2 | 15.2 | 15.3 | 15.2 | 15.3 | 15.3 | 15.7 | 15.8 | 15.9 |
| 21 % VACIOS LLENADOS CON C.A. | 57.6 | 57.6 | 57.9 | 66.5 | 65.8 | 66.0 | 76.3 | 75.7 | 75.8 | 84.2 | 83.7 | 83.0 | 89.8 | 89.2 | 88.7 |
| 22 PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL | 2.602 | 2.602 | 2.602 | 2.604 | 2.604 | 2.604 | 2.603 | 2.603 | 2.603 | 2.602 | 2.602 | 2.602 | 2.597 | 2.597 | 2.597 |
| 23 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 24 % ASFALTO EFECTIVO | 4.12 | 4.12 | 4.12 | 4.59 | 4.59 | 4.59 | 5.11 | 5.11 | 5.11 | 5.62 | 5.62 | 5.62 | 6.21 | 6.21 | 6.21 |
| 25 FLUJO (0.01pulgada) | 11.0 | 10.0 | 12.0 | 11.0 | 12.0 | 12.0 | 13.0 | 12.0 | 13.0 | 13.0 | 14.0 | 13.0 | 14.0 | 15.0 | 14.0 |
| 26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR | 1323 | 1318 | 1306 | 1331 | 1356 | 1344 | 1407 | 1433 | 1403 | 1301 | 1272 | 1335 | 1077 | 1132 | 1039 |
| 27 FACTOR DE ESTABILIDAD (TABLA) | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.04 | 1.04 | 1.04 |
| 28 ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg) | 1375 | 1371 | 1358 | 1384 | 1411 | 1397 | 1463 | 1490 | 1459 | 1419 | 1386 | 1455 | 1120 | 1177 | 1081 |

OBSERVACIONES :

Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

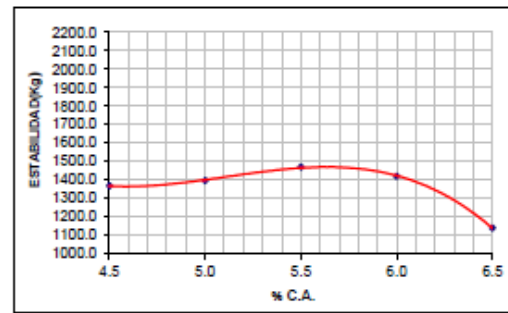
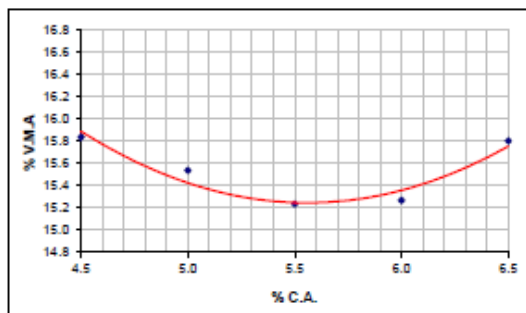
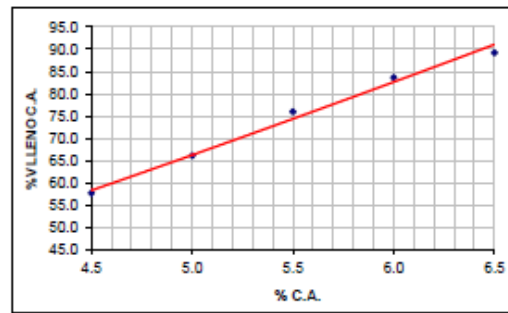
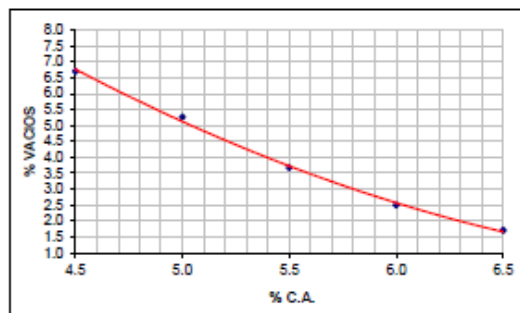
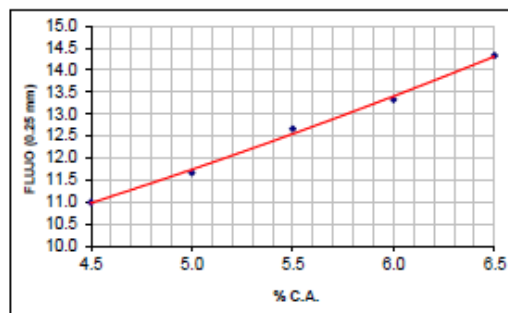
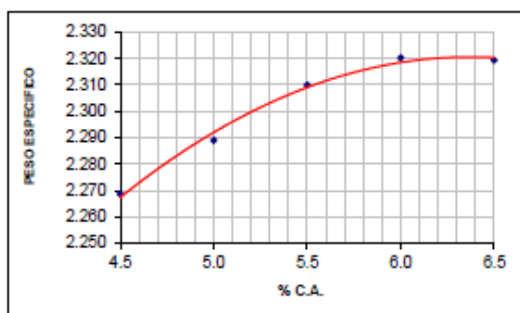
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.



INFORME DE DISEÑO
DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)

SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG78-10E
: MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 78-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLASTÓMERO



OBSERVACIONES:

ASFALTO PG 78-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLASTÓMERO

Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313



INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
 MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
 SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA CRUSHING
 DESCRIPCIÓN : PIEDRA CHANCADA < 1" PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
 CANTIDAD : 40 kg aprox.

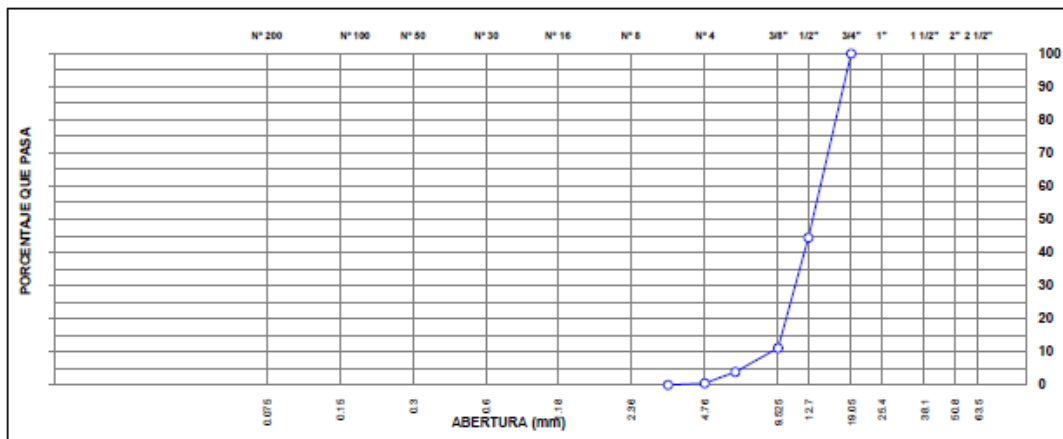
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136) | | | | | | |
|--|---------------|--------|-----------|----------|-------|----------------|
| MALLAS | | RET. | RET. PAR. | RET. AC. | PASA | ESPECIFICACIÓN |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | g | % | % | % | |
| 2" | 50.800 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | |
| 1/2" | 12.700 | 5799.5 | 55.6 | 55.6 | 44.4 | |
| 3/8" | 9.525 | 3470.6 | 33.3 | 88.8 | 11.2 | |
| 1/4" | 6.350 | 757.4 | 7.3 | 96.1 | 3.9 | |
| # 4 | 4.760 | 350.5 | 3.4 | 99.5 | 0.5 | |
| # 6 | 3.360 | 56.5 | 0.5 | 100.0 | 0.0 | |
| # 8 | 2.380 | | | | | |
| # 10 | 2.000 | | | | | |
| # 16 | 1.190 | | | | | |
| # 20 | 0.840 | | | | | |
| # 30 | 0.590 | | | | | |
| # 40 | 0.426 | | | | | |
| # 50 | 0.297 | | | | | |
| # 80 | 0.177 | | | | | |
| # 100 | 0.149 | | | | | |
| # 200 | 0.074 | | | | | |
| < # 200 | (ASTM C-117) | | | | | |

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO

P.E. MASA (ASTM C127) : 2.570 g/cm3
 P.E. SSS (ASTM C127) : 2.598 g/cm3
 P.E. APAR. (ASTM C127) : 2.645 g/cm3
 ABSORCIÓN (ASTM C127) : 1.1 %
 1 CARA FRACT. (ASTM D5821) : 94.8 %
 2 CARAS FRACT. (ASTM D5821) : 83.6 %
 CHATAS Y ALARG. (ASTM D4791) : 3.5 %

Nota:
 El material fue cortado por el tamiz de 3/4"

CURVA GRANULOMÉTRICA



Hector Huapaya
 Hector Huapaya N.
 Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
 Wendy Herencia
 Jefe del Área Técnica

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.



INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

DETALLE DE LA MUESTRA

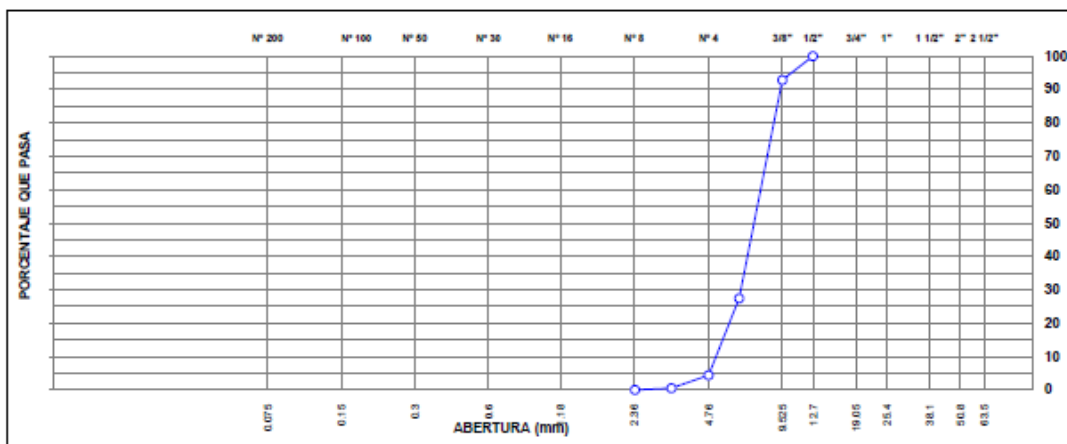
IDENTIFICACIÓN : CANTERA CRUSHING
DESCRIPCIÓN : PIEDRA CHANCADA 3/8"

PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
CANTIDAD : 40 kg aprox.

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136) | | | | | | |
|--|---------------|--------|-------------|------------|--------|----------------|
| MALLAS | | | | | | |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | RET. g | RET. PAR. % | RET. AC. % | PASA % | ESPECIFICACION |
| 2" | 50.800 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | |
| 3/8" | 9.525 | 200.7 | 7.1 | 7.1 | 92.9 | |
| 1/4" | 6.350 | 1846.7 | 65.5 | 72.6 | 27.4 | |
| # 4 | 4.760 | 649.1 | 23.0 | 95.6 | 4.4 | |
| # 6 | 3.360 | 109.8 | 3.9 | 99.5 | 0.5 | |
| # 8 | 2.380 | 15.3 | 0.5 | 100.0 | 0.0 | |
| # 10 | 2.000 | | | | | |
| # 16 | 1.190 | | | | | |
| # 20 | 0.840 | | | | | |
| # 30 | 0.590 | | | | | |
| # 40 | 0.426 | | | | | |
| # 50 | 0.297 | | | | | |
| # 80 | 0.177 | | | | | |
| # 100 | 0.149 | | | | | |
| # 200 | 0.074 | | | | | |
| < # 200 | (ASTM C-117) | | | | | |

| CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO | |
|------------------------------|---------------------------|
| P.E. MASA (ASTM C127) | : 2.525 g/cm ³ |
| P.E. SSB (ASTM C127) | : 2.551 g/cm ³ |
| P.E. APAR. (ASTM C127) | : 2.591 g/cm ³ |
| ABSORCIÓN (ASTM C127) | : 1.0 % |
| 1 CARA FRACT. (ASTM D5821) | : 90.5 % |
| 2 CARAS FRACT. (ASTM D5821) | : 77.3 % |
| CHATAS Y ALARG. (ASTM D4791) | : 0.1 % |

CURVA GRANULOMÉTRICA



Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313



EXPEDIENTE MAC
003-2020-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG78-10E
MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

DETALLE DE LA MUESTRA

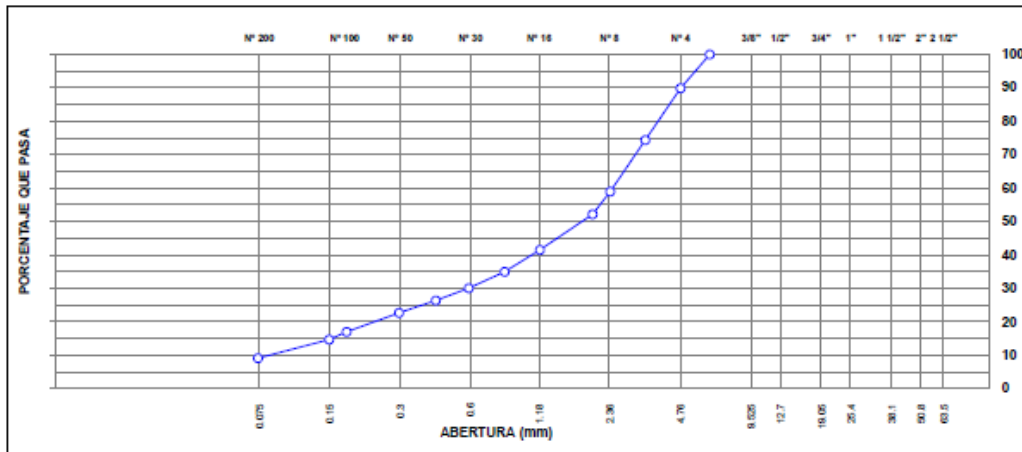
IDENTIFICACIÓN : CANTERA CRUSHING
DESCRIPCIÓN : ARENA CHANCADA

PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
CANTIDAD : 40 kg aprox.

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136) | | | | | | |
|---|---------------|-------------|-------------|------------|--------|----------------|
| MALLAS | | | | | | |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | PESO RET. g | RET. PAR. % | RET. AC. % | PASA % | ESPECIFICACIÓN |
| 2" | 50.800 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | 100.0 | |
| #4 | 4.760 | 48.48 | 10.1 | 10.1 | 89.9 | |
| #6 | 3.360 | 92.7 | 15.5 | 25.6 | 74.4 | |
| #8 | 2.380 | 79.9 | 15.4 | 41.0 | 59.0 | |
| #10 | 2.000 | 35.7 | 6.8 | 47.8 | 52.2 | |
| #16 | 1.190 | 94.4 | 10.7 | 58.5 | 41.5 | |
| #20 | 0.840 | 50.2 | 6.5 | 65.0 | 35.0 | |
| #30 | 0.590 | 60.4 | 4.9 | 69.9 | 30.1 | |
| #40 | 0.426 | 61.2 | 3.7 | 73.6 | 26.4 | |
| #50 | 0.297 | 71.4 | 3.7 | 77.3 | 22.7 | |
| #80 | 0.177 | 84.2 | 5.7 | 83.0 | 17.0 | |
| #100 | 0.149 | 25.5 | 2.3 | 85.3 | 14.7 | |
| #200 | 0.074 | 67.2 | 5.6 | 90.9 | 9.1 | |
| < # 200 | (ASTM C-117) | 36.6 | 9.1 | 100.0 | 0.0 | |

| CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO | |
|---------------------------------|---------------|
| P.E. MASA (ASTM C127) | : 2.603 g/cm3 |
| P.E. SSS (ASTM C127) | : 2.615 g/cm3 |
| P.E. APAR. (ASTM C127) | : 2.635 g/cm3 |
| ABSORCIÓN (ASTM C127) | : 0.5 % |
| EQUIV. DE ARENA (ASTM D2419) | : 72 % |
| AZUL DE METILENO (AASHTO TP 57) | : 3.0 mg/g |

CURVA GRANULOMÉTRICA



Huapaya
Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313



INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG78-10E
MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO

SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY

REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA CRUSHING

PRESENTACIÓN : saco de polipropileno

DESCRIPCIÓN : ARENA NATURAL

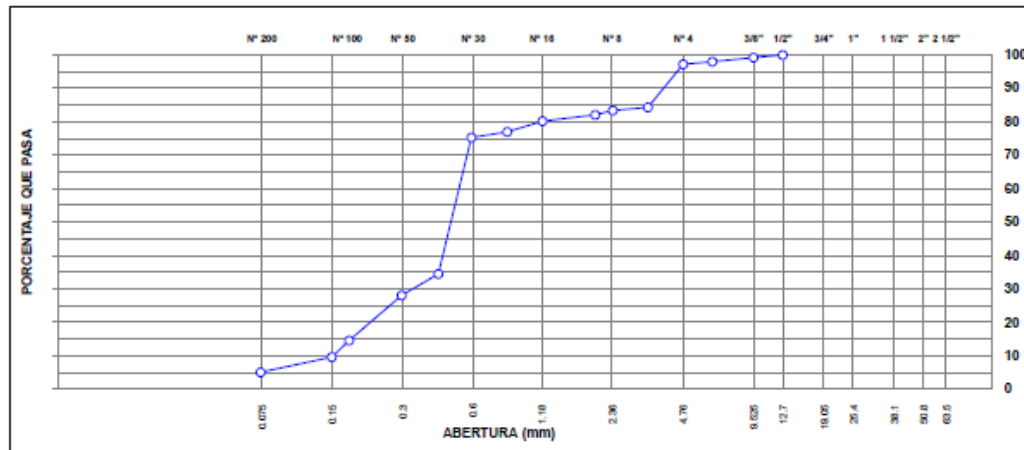
CANTIDAD : 40 kg aprox.

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136) | | | | | | |
|--|---------------|-------------|-------------|------------|--------|----------------|
| MALLAS | | | | | | |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | PESO RET. g | RET. PAR. % | RET. AC. % | PASA % | ESPECIFICACIÓN |
| 2" | 50.800 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | |
| 3/8" | 9.525 | 9.0 | 0.8 | 0.8 | 99.2 | |
| 1/4" | 6.350 | 13.6 | 1.2 | 2.0 | 98.0 | |
| # 4 | 4.760 | 9.0 | 0.8 | 2.8 | 97.2 | |
| # 6 | 3.360 | 145.8 | 12.9 | 15.7 | 84.3 | |
| # 8 | 2.360 | 10.2 | 0.9 | 16.6 | 83.4 | |
| # 10 | 2.000 | 14.7 | 1.3 | 17.9 | 82.1 | |
| # 16 | 1.190 | 21.5 | 1.9 | 19.8 | 80.2 | |
| # 20 | 0.840 | 36.2 | 3.2 | 23.0 | 77.0 | |
| # 30 | 0.590 | 19.2 | 1.7 | 24.7 | 75.3 | |
| # 40 | 0.426 | 461.0 | 40.8 | 65.5 | 34.5 | |
| # 50 | 0.297 | 72.3 | 6.4 | 71.9 | 28.1 | |
| # 80 | 0.177 | 152.6 | 13.5 | 85.4 | 14.6 | |
| # 100 | 0.149 | 56.5 | 5.0 | 90.4 | 9.6 | |
| # 200 | 0.074 | 50.9 | 4.5 | 94.9 | 5.1 | |
| < # 200 | (ASTM C-117) | 57.6 | 5.1 | 100.0 | 0.0 | |

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO

P.E. MASA (ASTM C127) : 2.617 g/cm³
P.E. SSB (ASTM C127) : 2.635 g/cm³
P.E. APAR (ASTM C127) : 2.66 g/cm³
ABSORCIÓN (ASTM C127) : 0.7 %
EQUIV. DE ARENA (ASTM D2419) : 86 %
AZUL DE METILENO (AASHTO TP 57) : 4.0 mg/g

CURVA GRANULOMÉTRICA



Huapaya
Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313



INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTOMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO

SOLICITANTE : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY

REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA CRUSHING
DESCRIPCIÓN : MEZCLA DE AGREGADOS

PRESENTACIÓN : sacos de polipropileno
CANTIDAD : 50 kg aprox. c/u

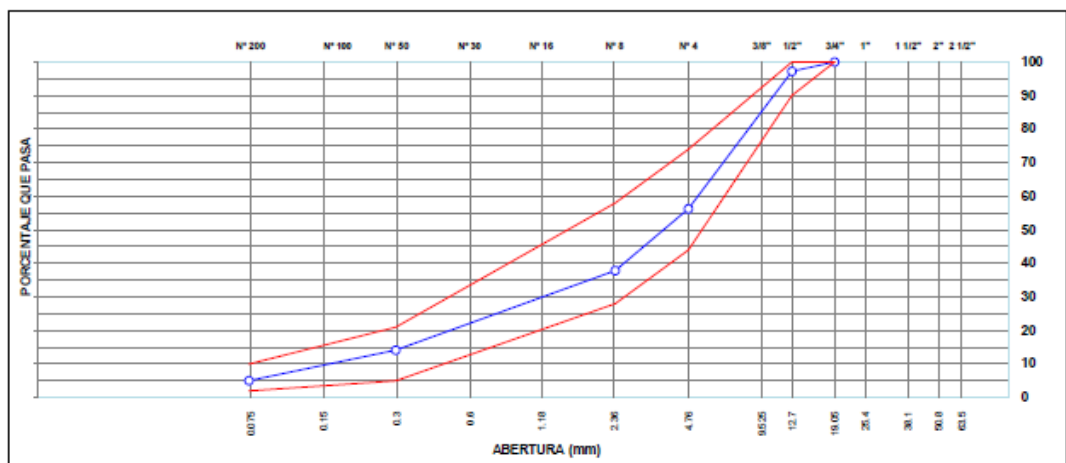
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136) | | | | | | |
|--|---------------|--------|-------------|------------|--------|------------------------------|
| MALLAS | | RET. g | RET. PAR. % | RET. AC. % | PASA % | GRADACIÓN * ASTM D 3515 D-5" |
| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | 100 100 |
| 1/2" | 12.700 | 431.1 | 2.8 | 2.8 | 97.2 | 90 100 |
| 3/8" | 9.525 | 656.4 | 4.2 | 7.0 | 93.0 | |
| 1/4" | 6.350 | 3628.6 | 23.4 | 30.4 | 69.6 | |
| # 4 | 4.750 | 2072.2 | 13.4 | 43.8 | 56.2 | 44 74 |
| # 6 | 3.350 | 1616.2 | 10.4 | 54.2 | 45.8 | |
| # 8 | 2.380 | 1240.9 | 8.0 | 62.2 | 37.8 | 28 58 |
| # 10 | 2.000 | 544.5 | 3.5 | 65.7 | 34.3 | |
| # 16 | 1.190 | 857.1 | 5.5 | 71.2 | 28.8 | |
| # 20 | 0.840 | 556.1 | 3.6 | 74.8 | 25.2 | |
| # 30 | 0.590 | 406.4 | 2.6 | 77.4 | 22.6 | |
| # 40 | 0.426 | 919.9 | 5.9 | 83.4 | 16.6 | |
| # 50 | 0.297 | 385.5 | 2.5 | 85.9 | 14.2 | 5 21 |
| # 80 | 0.177 | 652.3 | 4.2 | 90.1 | 9.9 | |
| # 100 | 0.149 | 256.7 | 1.7 | 91.7 | 8.3 | |
| # 200 | 0.074 | 501.1 | 3.2 | 95.0 | 5.1 | 2 10 |
| < # 200 | (ASTM C-117) | 787.3 | 5.1 | 100.0 | 0.0 | |

| PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS | |
|-------------------------------------|--------|
| PIEDRA CHANCADA < 1" | 05.0 % |
| PIEDRA CHANCADA 3/8" | 35.0 % |
| ARENA CHANCADA | 50.0 % |
| ARENA NATURAL | 10.0 % |

ESPECIFICACIONES

ESPECIFICACIÓN ASTM D 3515 D-5.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Hector Huapaya N.
Analista de Laboratorio de Diseño

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lurín. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

Anexo 8: Estabilidad y flujo de Mezcla asfáltica en caliente con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero



INFORME DE ENSAYO

ESTABILIDAD Y FLUJO

ASTM D6926 / D6927


AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
: MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO


DETALLE DE LA MUESTRA

AGREGADO : CANTERA CRUSHING CONT. ASF (%) : 5.5%
ASFALTO : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO RICE (g/m³) : 2.397

| Muestra | Ensayo de Briquetas | | | | |
|-------------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Diametro (pulg) | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| Altura (pulg) | 2.57 | 2.57 | 2.57 | 2.57 | 2.57 |
| W.Aire (g) | 1158.2 | 1157.6 | 1159.1 | 1159.4 | 1158.9 |
| W.SSS (g) | 1160.3 | 1158.9 | 1160.8 | 1161.2 | 1160.2 |
| W.Agua (g) | 656.5 | 656.4 | 656.6 | 657.9 | 656.6 |
| Volumen (cm ³) | 503.8 | 502.5 | 504.2 | 503.3 | 503.6 |
| Densidad (g/cm ³) | 2.299 | 2.304 | 2.299 | 2.304 | 2.301 |
| % Vacios | 4.1 | 3.9 | 4.1 | 3.9 | 4.0 |
| Estab. (kg) | 1778 | 1790 | 1762 | 1798 | 1782 |
| Seco (0.25 mm) | 13 | 13 | 12 | 13 | 13 |

Nota:


Guillermo Vera B.
Laboratorista


Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte :

Lima, 15 de Enero del 2020

Anexo 9: Estabilidad y flujo de Mezcla asfáltica en caliente con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero



INFORME DE ENSAYO

ESTABILIDAD Y FLUJO

ASTM D6926 / D6927

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
 PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
 : MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLASTÓMERO

DETALLE DE LA MUESTRA

AGREGADO : CANTERA CRUSHING CONT. ASF (%) : 5.5%
 ASFALTO : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON PÓLIMERO PLASTÓMERO RICE (g/m3) : 2.398

| Muestra | <u>Ensayo de Briquetas</u> | | | | |
|------------------|----------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Diametro (pulg) | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| Altura (pulg) | 2.57 | 2.57 | 2.57 | 2.57 | 2.57 |
| W.Aire (g) | 1160.3 | 1159.5 | 1161.0 | 1160.8 | 1159.9 |
| W.SSS (g) | 1161.7 | 1161.0 | 1162.4 | 1162.9 | 1162.1 |
| W.Agua (g) | 657.7 | 657.8 | 657.5 | 658.7 | 657.7 |
| Volumen (cm3) | 504.0 | 503.2 | 504.9 | 504.2 | 504.4 |
| Densidad (g/cm3) | 2.302 | 2.304 | 2.300 | 2.302 | 2.300 |
| % Vacios | 4.0 | 3.9 | 4.1 | 4.0 | 4.1 |
| Estab. (kg) | 1465 | 1492 | 1460 | 1479 | 1462 |
| Seco (0.25 mm) | 13 | 12 | 13 | 13 | 12 |

Nota:

Guillermo Vera B.
 Laboratorista

Wendy Herencia
 Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte :

Lima, 15 de Enero del 2020

Anexo 10 :Rueda de Hamburgo de mezcla asfáltica en caliente con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero



EXPEDIENTE R.H. / LMA
003-2020-LAB TDM ASFALTOS

REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS AASHTO T - 324

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
 PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
 REFERENCIA : MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLASTOMERO
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO

DETALLE DE LA MEZCLA

| | | | |
|-------------------------|--|----------------------|----------------------|
| AGREGADO | : CANT. CRUSHING | TIPO DE COMPACTACION | : COMPACT. GIRATORIO |
| CONT. ASF | : 5.5 (%) | PORCENTAJE DE VACIOS | : 7.4 % |
| ASFALTO | : PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO | | |
| DENSIDAD MAXIMA TEORICA | : 2397 Kg/m3 | | |

DATOS INICIALES DE LA PRUEBA

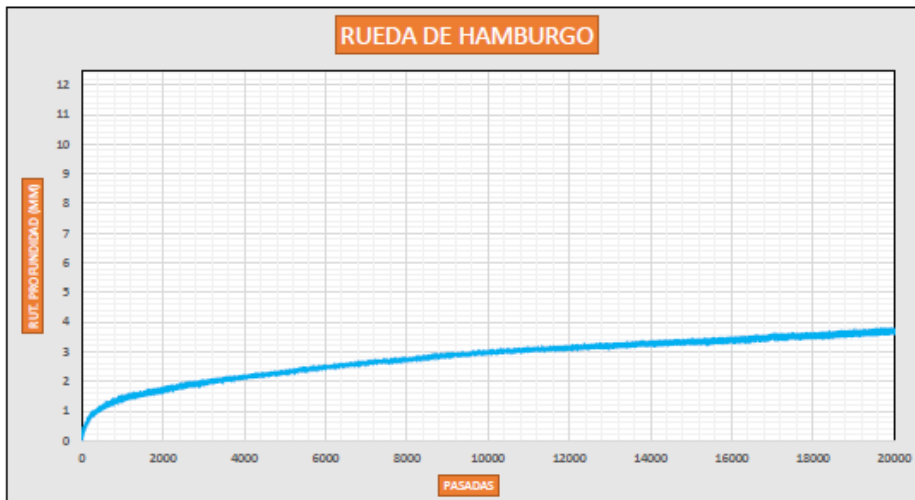
| | | | |
|----------------------|----------------|-----------------------|-----------------|
| PRUEBA | : 3 | TEMPERATURA DE ENSAYO | : 50 °C |
| TIPO DE MUESTRA | : Doble Núcleo | NUMERO MAX. PASADAS | : 20000 pasadas |
| NOMBRE DE LA MUESTRA | : N°1 | PROFUNDIDAD MAXIMA | : 12.5 mm |
| DIAMETRO | : 150.0 mm | VELOCIDAD DE LA RUEDA | : 52 pasa /min |
| ESPESOR | : 60.0 mm | OPERADOR | : G.V. |

RESULTADOS FINALES

| | | | |
|------------------------|----------------|---------|---------|
| PROFUNDIDAD FINAL RUT. | : 3.65 mm | | |
| TIPO DE MEDIO TERMICO | : AGUA | | |
| FEEDBACK UTILIZADO | : EN EL TANQUE | | |
| TEMPERATURA MAXIMA | : 50.1 °C | | |
| TEMPERATURA MINIMA | : 49.9 °C | PASADAS | : 20000 |

OBSERVACIONES

♦ ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.



Guillermo Vera B.
Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 23 de Enero del 2020



REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO
PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS
AASHTO T - 324

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
: MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO

DETALLE DE LA MEZCLA

| | | | |
|-------------------------|--|----------------------|----------------------|
| AGREGADO | : CANT.CRUSHING | TIPO DE COMPACTACION | : COMPACT. GIRATORIO |
| CONT. ASF | : 5.5 (%) | PORCENTAJE DE VACIOS | : 7.8 % |
| ASFALTO | : PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO | | |
| DENSIDAD MAXIMA TEORICA | : 2397 Kg/m3 | | |

DATOS INICIALES DE LA PRUEBA

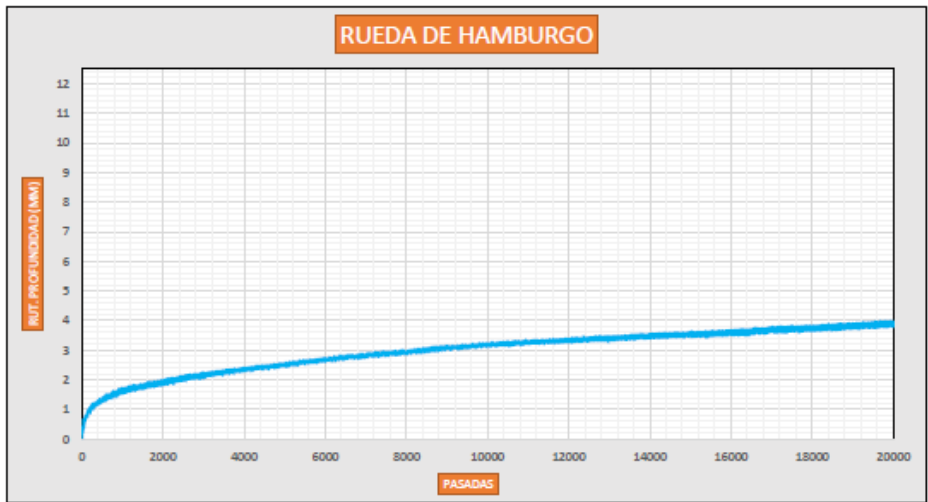
| | | | |
|----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| PRUEBA | : 4 | TEMPERATURA DE ENSAYO | : 50 °C |
| TIPO DE MUESTRA | : Doble Núcleos | NUMERO MAX. PASADAS | : 20000 pasadas |
| NOMBRE DE LA MUESTRA | : N°2 | PROFUNDIDAD MAXIMA | : 12.5 mm |
| DIAMETRO | : 150.0 mm | VELOCIDAD DE LA RUEDA | : 52 pasa /min |
| ESPESOR | : 60.0 mm | OPERADOR | : G.V. |

RESULTADOS FINALES

| | | | |
|------------------------|----------------|---------|---------|
| PROFUNDIDAD FINAL RUT. | : 3.81 mm | | |
| TIPO DE MEDIO TERMICO | : AGUA | | |
| FEEDBACK UTILIZADO | : EN EL TANQUE | | |
| TEMPERATURA MAXIMA | : 50.1 °C | | |
| TEMPERATURA MINIMA | : 49.9 °C | PASADAS | : 20000 |

OBSERVACIONES

♦ ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.



Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 23 de Enero del 2020



EXPEDIENTE R.H. / LMA
005-2020-LAB TDM ASFALTOS

REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO
PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS
AASHTO T - 324

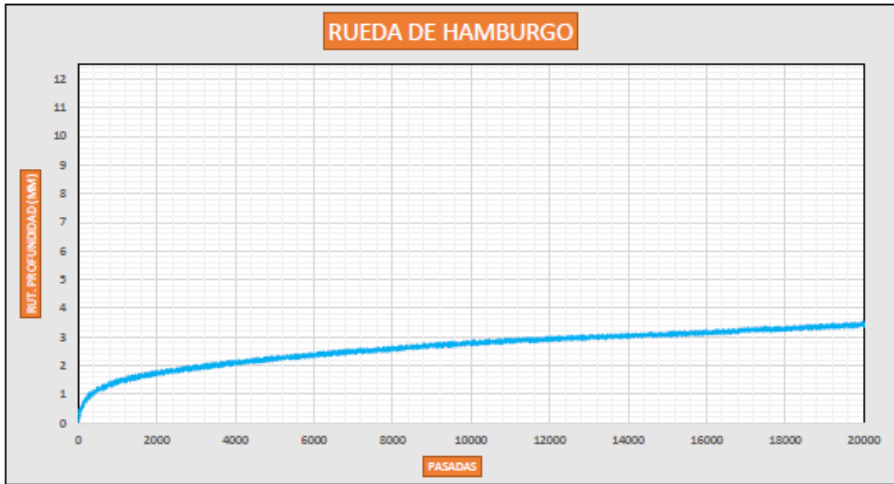
AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
REFERENCIA : MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO

DETALLE DE LA MEZCLA
AGREGADO : CANT. CRUSHING
TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. GIRATORIO
CONT. ASF : 5.5 (%)
PORCENTAJE DE VACIOS : 6.8 %
ASFALTO : PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO
DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA : 2397 Kg/m³

DATOS INICIALES DE LA PRUEBA
PRUEBA : 5
TIPO DE MUESTRA : Doble Núcleos
TEMPERATURA DE ENSAYO : 50 °C
NOMBRE DE LA MUESTRA : N°3
NUMERO MAX. PASADAS : 20000 pasadas
DIAMETRO : 150.0 mm
PROFUNDIDAD MÁXIMA : 12.5 mm
ESPESOR : 60.0 mm
VELOCIDAD DE LA RUEDA : 52 pasa /min
OPERADOR : G.V.

RESULTADOS FINALES
PROFUNDIDAD FINAL RUT : 3.43 mm
TIPO DE MEDIO TÉRMICO : AGUA
FEEDBACK UTILIZADO : EN EL TANQUE
TEMPERATURA MÁXIMA : 50.1 °C
TEMPERATURA MÍNIMA : 49.9 °C
PASADAS : 20000

OBSERVACIONES
♦ ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.



Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 23 de Enero del 2020



EXPEDIENTE R.H. / LMA
006-2020-LAB TDM ASFALTOS

REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS AASHTO T - 324

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG75-10E
MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 75-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO

DETALLE DE LA MEZCLA

| | | | |
|-------------------------|--|----------------------|----------------------|
| AGREGADO | : CANT. CRUSHING | TIPO DE COMPACTACION | : COMPACT. GIRATORIO |
| CONT. ASF | : 5.5 (%) | PORCENTAJE DE VACIOS | : 7.5 % |
| ASFALTO | : PG 75-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO | | |
| DENSIDAD MAXIMA TEORICA | : 2397 Kg/m ³ | | |

DATOS INICIALES DE LA PRUEBA

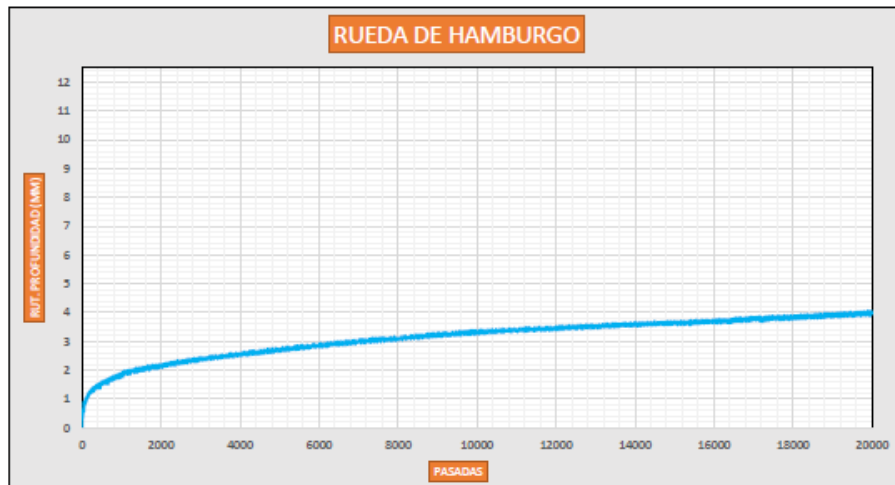
| | | | |
|----------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| PRUEBA | : 6 | TEMPERATURA DE ENSAYO | : 50 °C |
| TIPO DE MUESTRA | : Doble Núcleo | NUMERO MAX. PASADAS | : 20000 |
| NOMBRE DE LA MUESTRA | : N°4 | PROFUNDIDAD MAXIMA | : 12.5 mm |
| DIAMETRO | : 150.0 mm | VELOCIDAD DE LA RUEDA | : 52 pasa./min |
| ESPESOR | : 60.0 mm | OPERADOR | : G.V. |

RESULTADOS FINALES

| | | | |
|------------------------|----------------|---------|---------|
| PROFUNDIDAD FINAL RUT. | : 3.96 mm | | |
| TIPO DE MEDIO TERMICO | : AGUA | | |
| FEEDBACK UTILIZADO | : EN EL TANQUE | | |
| TEMPERATURA MAXIMA | : 50.1 °C | PASADAS | : 20000 |
| TEMPERATURA MINIMA | : 49.9 °C | | |

OBSERVACIONES

• ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.



Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 23 de Enero del 2020



EXPEDIENTE R.H. / LMA
007-2020-LAB TDM ASFALTOS

REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO
PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS
AASHTO T - 324

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
: MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO

DETALLE DE LA MEZCLA

| | | | |
|-------------------------|--|----------------------|----------------------|
| AGREGADO | : CANT. CRUSHING | TIPO DE COMPACTACION | : COMPACT. GIRATORIO |
| CONT. ASF | : 5.5 (%) | PORCENTAJE DE VACIOS | : 7.1 % |
| ASFALTO | : PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO | | |
| DENSIDAD MAXIMA TEORICA | : 2397 Kg/m3 | | |

DATOS INICIALES DE LA PRUEBA

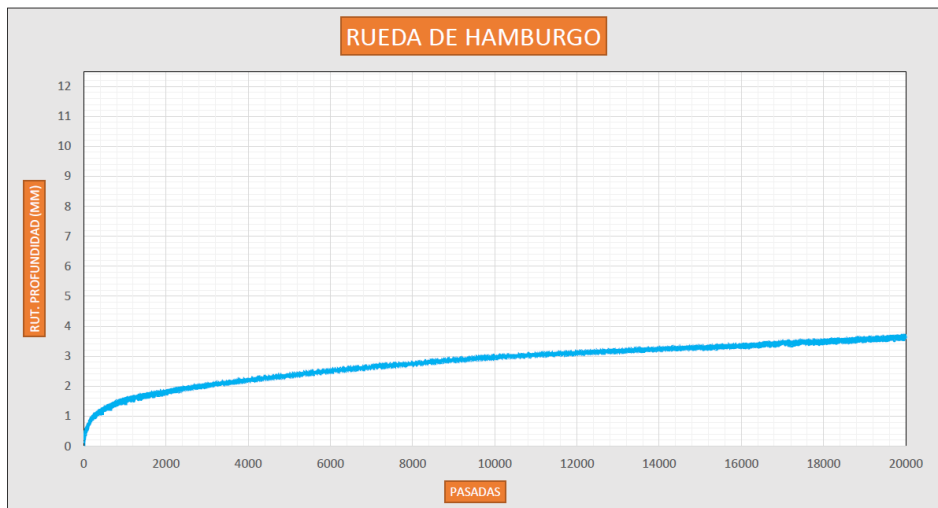
| | | | |
|----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| PRUEBA | : 7 | TEMPERATURA DE ENSAYO | : 50 °C |
| TIPO DE MUESTRA | : Doble Núcleos | NUMERO MAX. PASADAS | : 20000 pasadas |
| NOMBRE DE LA MUESTRA | : N°5 | PROFUNDIDAD MAXIMA | : 12.5 mm |
| DIAMETRO | : 150.0 mm | VELOCIDAD DE LA RUEDA | : 52 pasa /min |
| ESPESOR | : 60.0 mm | OPERADOR | : G.V. |

RESULTADOS FINALES

| | | | |
|------------------------|----------------|---------|---------|
| PROFUNDIDAD FINAL RUT. | : 3.50 mm | | |
| TIPO DE MEDIO TERMICO | : AGUA | | |
| FEEDBACK UTILIZADO | : EN EL TANQUE | | |
| TEMPERATURA MAXIMA | : 50.1 °C | | |
| TEMPERATURA MINIMA | : 49.9 °C | PASADAS | : 20000 |

OBSERVACIONES

♦ ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.



Guillermo Vera B.

Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 23 de Enero del 2020

EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO

REG-III-TEC-089.V01

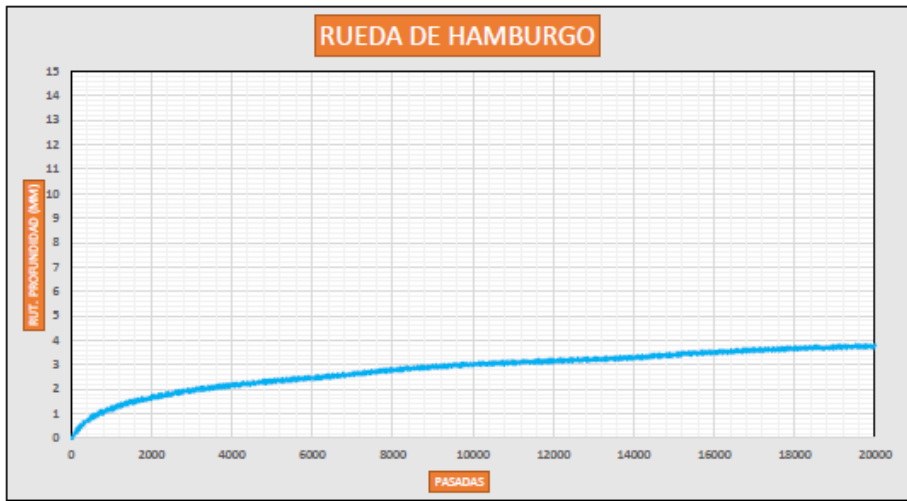
Anexo 11: Rueda de Hamburgo de mezcla asfáltica en caliente con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plastómero



EXPEDIENTE R.H. / LMA
008-2020-LAB TDM ASFALTOS

REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS AASHTO T - 324

| | | | |
|--|---|-----------------------|----------------------|
| AUTORES | : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISEP KATHERINE KELLY | | |
| PROYECTO | : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E : MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLASTÓMERO | | |
| REFERENCIA | : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLASTÓMERO | | |
| DETALLE DE LA MEZCLA | | | |
| AGREGADO | : CANT.CRUSHING | TIPO DE COMPACTACION | : COMPACT. GIRATORIO |
| CONT. ASF | : 5.5 (%) | PORCENTAJE DE VACIOS | : 7.0 % |
| ASFALTO | : PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLASTÓMERO | | |
| DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA | : 2398 Kg/m ³ | | |
| DATOS INICIALES DE LA PRUEBA | | | |
| PRUEBA | : 8 | TEMPERATURA DE ENSAYO | : 50 °C |
| TIPO DE MUESTRA | : Doble Núcleos | NÚMERO MÁX. PASADAS | : 20000 pasadas |
| NOMBRE DE LA MUESTRA | : A | PROFUNDIDAD MÁXIMA | : 12.5 mm |
| DIÁMETRO | : 150.0 mm | VELOCIDAD DE LA RUEDA | : 52 pasadas / min |
| ESPESOR | : 60.0 mm | OPERADOR | : O.G |
| RESULTADOS FINALES | | | |
| PROFUNDIDAD FINAL RUT. | : 3.77 mm | PASADAS | : 20000 |
| TIPO DE MEDIO TÉRMICO | : AGUA | | |
| FEEDBACK UTILIZADO | : EN EL TANQUE | | |
| TEMPERATURA MÁXIMA | : 50.1 °C | | |
| TEMPERATURA MÍNIMA | : 50.0 °C | | |
| OBSERVACIONES | | | |
| * ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324. | | | |



Guillermo Vera B.
Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 25 de Enero del 2020



REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS AASHTO T - 324

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
: MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLÁSTOMERO

DETALLE DE LA MEZCLA

| | | | |
|-------------------------|--|----------------------|----------------------|
| AGREGADO | : CANT./CRUSHING | TIPO DE COMPACTACION | : COMPACT. GIRATORIO |
| CONT. ASP | : 5.5 (%) | PORCENTAJE DE VACIOS | : 7.0 % |
| ASFALTO | : PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLÁSTOMERO | | |
| DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA | : 2398 Kg/m ³ | | |

DATOS INICIALES DE LA PRUEBA

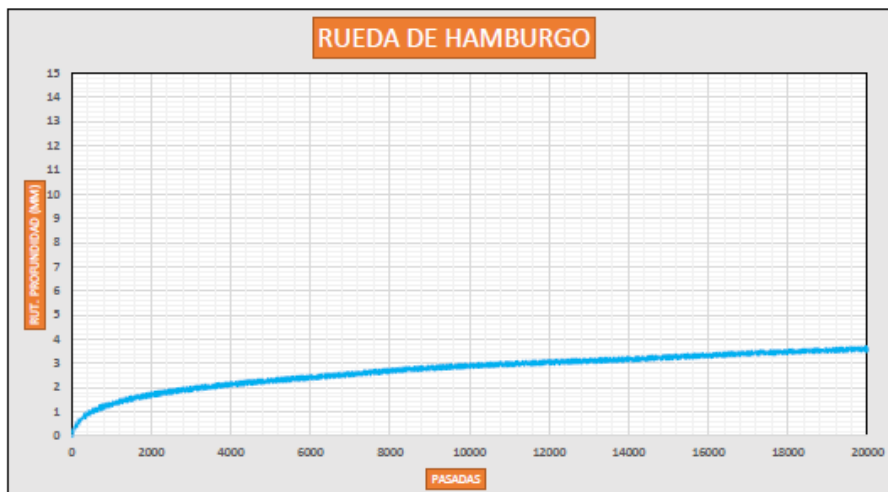
| | | | |
|----------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| PRUEBA | : S | TEMPERATURA DE ENSAYO | : 50 °C |
| TIPO DE MUESTRA | : Doble Núcleos | NÚMERO MAX. PASADAS | : 20000 pasadas |
| NOMBRE DE LA MUESTRA | : B | PROFUNDIDAD MÁXIMA | : 12.5 mm |
| DIÁMETRO | : 150.0 mm | VELOCIDAD DE LA RUEDA | : 52 pasadas / min |
| ESPESOR | : 60.0 mm | OPERADOR | : O.G |

RESULTADOS FINALES

| | | | |
|------------------------|----------------|---------|---------|
| PROFUNDIDAD FINAL RUT. | : 3.59 mm | | |
| TIPO DE MEDIO TÉRMICO | : AGUA | | |
| FEEDBACK UTILIZADO | : EN EL TANQUE | | |
| TEMPERATURA MÁXIMA | : 50.1 °C | | |
| TEMPERATURA MÍNIMA | : 50.0 °C | PASADAS | : 20000 |

OBSERVACIONES

* ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.



Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 25 de Enero del 2020



EXPEDIENTE R.H. / LMA
010-2020-LAB TDM ASFALTOS

REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS AASHTO T - 324

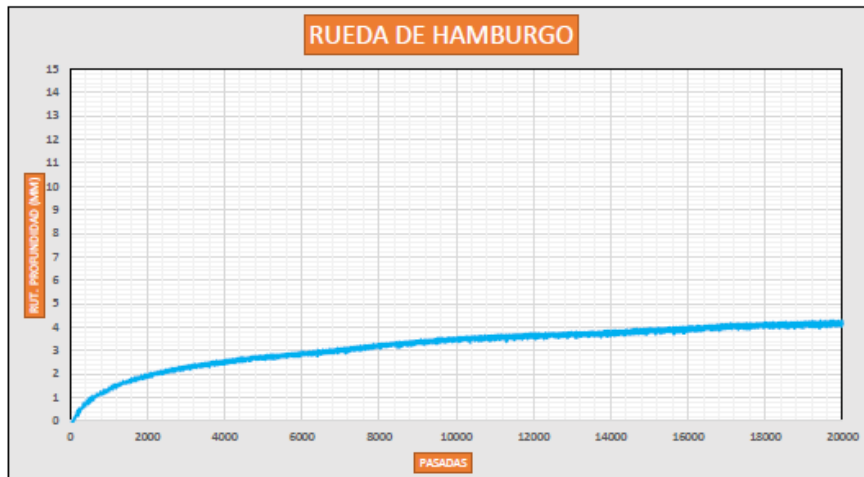
AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLÁSTOMERO

DETALLE DE LA MEZCLA
AGREGADO : CANT. CRUSHING
TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. GIRATORIO
CONT. ASF : 5.5 (%)
PORCENTAJE DE VACIOS : 7.7 %
ASFALTO : PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA : 2398 Kg/m³

DATOS INICIALES DE LA PRUEBA
PRUEBA : 10
TIPO DE MUESTRA : Doble Núcleos
NOMBRE DE LA MUESTRA : C
DIÁMETRO : 150.0 mm
ESPESOR : 60.0 mm
TEMPERATURA DE ENSAYO : 50 °C
NÚMERO MÁX. PASADAS : 20000 pasadas
PROFUNDIDAD MÁXIMA : 12.5 mm
VELOCIDAD DE LA RUEDA : 52 pasadas / mn
OPERADOR : O.G

RESULTADOS FINALES
PROFUNDIDAD FINAL RUT. : 3.94 mm
TIPO DE MEDIO TÉRMICO : AGUA
FEEDBACK UTILIZADO : EN EL TANQUE
TEMPERATURA MÁXIMA : 50.1 °C
TEMPERATURA MÍNIMA : 49.9 °C
PASADAS : 20000

OBSERVACIONES
* ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.



Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 25 de Enero del 2020

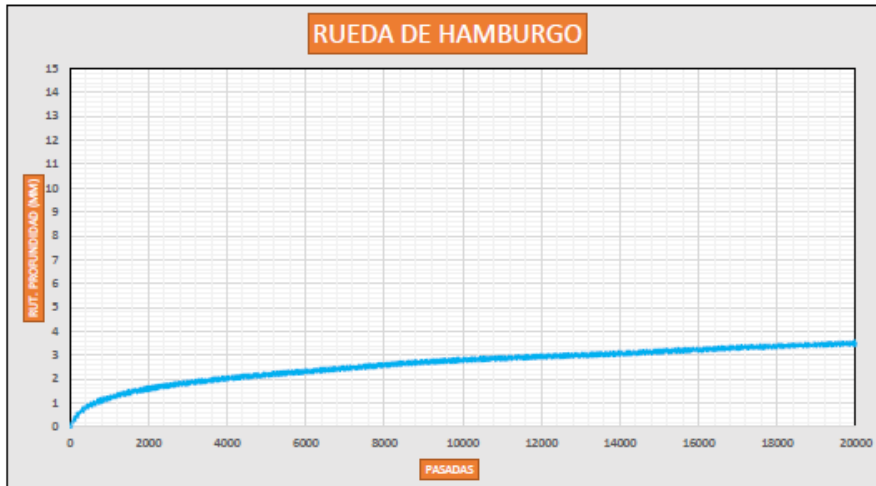


EXPEDIENTE R.H. / LMA
011-2020-LAB TDM ASFALTOS

REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS AASHTO T - 324

| | | | |
|-------------------------------------|---|-----------------------|----------------------|
| AUTORES | : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY | | |
| PROYECTO | : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG75-10E : MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO | | |
| REFERENCIA | : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 75-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLÁSTÓMERO | | |
| DETALLE DE LA MEZCLA | | | |
| AGREGADO | : CANT. CRUSHING | TIPO DE COMPACTACION | : COMPACT. GIRATORIO |
| CONT. ASF | : 5.5 (%) | PORCENTAJE DE VACIOS | : 7.4 % |
| ASFALTO | : PG 75-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLÁSTÓMERO | | |
| DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA | : 2398 Kg/m ³ | | |
| DATOS INICIALES DE LA PRUEBA | | | |
| PRUEBA | : 11 | TEMPERATURA DE ENSAYO | : 50 °C |
| TIPO DE MUESTRA | : Doble Núcleo | NÚMERO MÁX. PASADAS | : 20000 pasadas |
| NOMBRE DE LA MUESTRA | : D | PROFUNDIDAD MÁXIMA | : 12.5 mm |
| DIÁMETRO | : 150.0 mm | VELOCIDAD DE LA RUEDA | : 52 pasadas / min |
| ESPESOR | : 80.0 mm | OPERADOR | : O.G |
| RESULTADOS FINALES | | | |
| PROFUNDIDAD FINAL RUT. | : 3.45 mm | PASADAS | : 20000 |
| TIPO DE MEDIO TÉRMICO | : AGUA | | |
| FEEDBACK UTILIZADO | : EN EL TANQUE | | |
| TEMPERATURA MÁXIMA | : 50.1 °C | | |
| TEMPERATURA MÍNIMA | : 49.9 °C | | |

OBSERVACIONES
* ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.



Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 25 de Enero del 2020



EXPEDIENTE R.H. / LMA
012-2020-LAB TDM ASFALTOS

REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS AASHTO T - 324

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
REFERENCIA : MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLÁSTÓMERO

DETALLE DE LA MEZCLA

| | | | |
|-------------------------|--|----------------------|----------------------|
| AGREGADO | : CANT. CRUSHING | TIPO DE COMPACTACION | : COMPACT. GIRATORIO |
| CONT. ASF | : 5.5 (%) | PORCENTAJE DE VACIOS | : 6.8 % |
| ASFALTO | : PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO PLÁSTÓMERO | | |
| DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA | : 2398 Kg/m ³ | | |

DATOS INICIALES DE LA PRUEBA

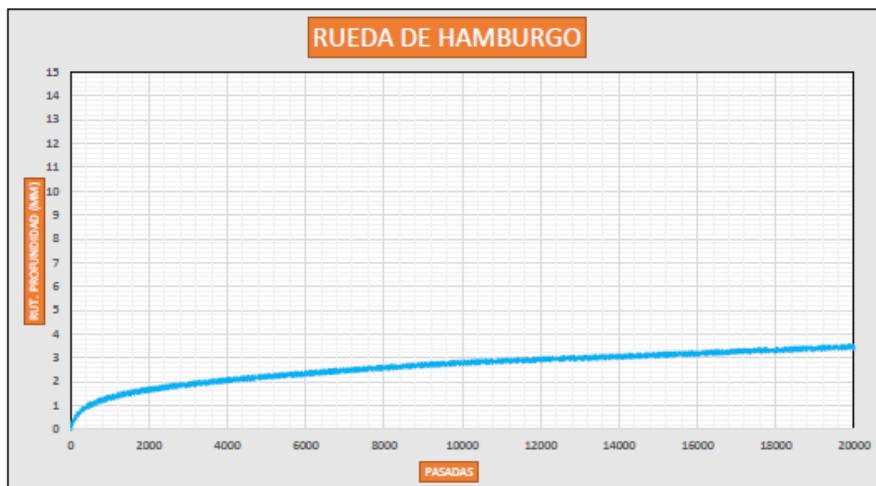
| | | | |
|----------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| PRUEBA | : 12 | TEMPERATURA DE ENSAYO | : 50 °C |
| TIPO DE MUESTRA | : Doble Núcleos | NÚMERO MÁX. PASADAS | : 20000 pasadas |
| NOMBRE DE LA MUESTRA | : E | PROFUNDIDAD MÁXIMA | : 12.5 mm |
| DIÁMETRO | : 150.0 mm | VELOCIDAD DE LA RUEDA | : 52 pasadas / min |
| ESPESOR | : 60.0 mm | OPERADOR | : O.G |

RESULTADOS FINALES

| | | | |
|------------------------|----------------|---------|---------|
| PROFUNDIDAD FINAL RUT. | : 3.45 mm | | |
| TIPO DE MEDIO TÉRMICO | : AGUA | | |
| FEEDBACK UTILIZADO | : EN EL TANQUE | | |
| TEMPERATURA MÁXIMA | : 50.1 °C | | |
| TEMPERATURA MÍNIMA | : 49.9 °C | PASADAS | : 20000 |

OBSERVACIONES

* ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.



Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 25 de Enero del 2020

Anexo 12: Resistencia a la fatiga de mezcla asfáltica en caliente con asfalto PG 76-10E modificado con polímero elastómero



EXPEDIENTE B.F.T. / LMA
002A-2020-LAB TDM ASFALTOS

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS SOMETIDAS A FLEXION REPETIDA FLEXION DE VIGA EN 4 PUNTOS AASHTO T - 321-14

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO Y CON POLIMERO PLASTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANT.CRUSHING TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. LINEAL
CONT. ASF : 5.5 (%) DENSIDAD MAXIMA TEORICA : 2397 Kg/m³
ASFALTO : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO PORCENTAJE DE VACIOS : 7.0 %

DIMENSIONES DE LA VIGA

ANCHO : 63 mm
ALTO : 50 mm
LARGO : 380 mm

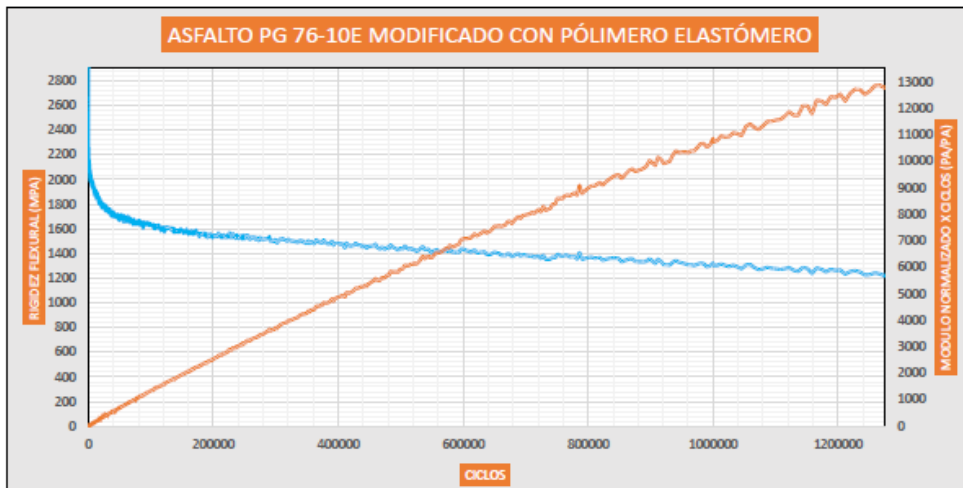
PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

MODO DE CONTROL : Strain (On-specimen LVDT) NUMERO DE CICLO AL CUAL SE CALCULA RIGIDEZ INICIAL : 50
FORMA DE ONDA : Sinusoidal COEFICIENTE DE POISSON ASUMIDO : 0.35
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 (msec) RIGIDEZ FINAL (% DE LA RIGIDEZ INICIAL) : 50
FRECUENCIA DE CARGA : 10 (Hz) MAXIMO NUMERO DE CICLOS DE PRUEBA : 10000000
ESFUERZO DE TENSION PICO : 750 (µε) TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 20°C : 2 hours

RESULTADOS FINALES

FECHA Y HORA DE INICIO : Saturday Jun 25 2020 at 6:19:08 AM CICLOS : 1274283 de 10000000
TIEMPO DE CARGA : 35:18:48 (hh:mm:ss)

| | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL |
|-----------------------------|---------|---------|---|---------|-------|---------------------------------------|---------|-------|
| CARGA APLICADA (kN) : | 0.8098 | 0.4005 | ESFUERZO DE TENSION (kPa) : | 1828 | 904 | TEMP. DEL NUCLEO (°C) : | 19.8 | 19.7 |
| CARGA MAXIMA (kN) : | 0.3717 | 0.1785 | DEFORMACION DE TENSION (µε) : | 751 | 746 | TEMP. DE LA SUPERFICIE (°C) : | 19.9 | 20.1 |
| CARGA MINIMA (kN) : | -0.4381 | -0.2220 | ANGULO DE FASE (deg) : | 36.2 | 46.8 | | | |
| DEFLEXION DE LA VIGA (mm) : | 0.4043 | 0.4016 | RIGIDEZ FLEXURAL (Mpa) : | 2433 | 1212 | RIGIDEZ FLEXURAL FINAL (Mpa) : | | 1217 |
| LVDT MAXIMO (mm) : | 0.0715 | 0.0707 | MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) : | 2586 | 1288 | MODULO NORMALIZADO X CICLOS (Pa/Pa) : | | 12693 |
| LVDT MINIMO (mm) : | -0.1307 | -0.1301 | ENERGIA DISIPADA (kJ/m ³) : | 0.546 | 0.325 | | | |



Guillermo Vera B.
Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte : Lima, 01 de Febrero del 2020



EXPEDIENTE B.F.T. / LMA
0028-2020-LAB TDM ASFALTOS

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS
SOMETIDAS A FLEXION REPETIDA
FLEXION DE VIGA EN 4 PUNTOS
AASHTO T - 321-14**

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
: MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO Y CON POLIMERO PLASTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANT.CRUSHING TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. LINEAL
CONT. ASF : 5.5 (%) DENSIDAD MAXIMA TEORICA : 2397 Kg/m3
ASFALTO : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO PORCENTAJE DE VACIOS : 7.0 %

DIMENSIONES DE LA VIGA

ANCHO : 63 mm
ALTO : 50 mm
LARGO : 380 mm

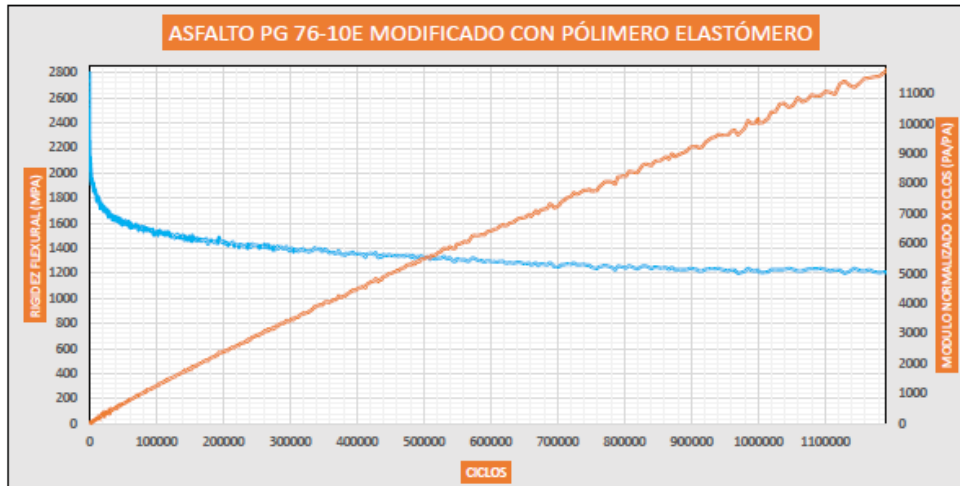
PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

MODO DE CONTROL : Strain (On-specimen LVDT) NUMERO DE CICLO AL CUAL SE CALCULA RIGIDEZ INICIAL : 50
FORMA DE ONDA : Sinusoidal COEFICIENTE DE POISSON ASUMIDO : 0.35
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 (msec) RIGIDEZ FINAL (% DE LA RIGIDEZ INICIAL) : 50
FRECUENCIA DE CARGA : 10 (Hz) MAXIMO NUMERO DE CICLOS DE PRUEBA : 1000000
ESFUERZO DE TENSION PICO : 750 ($\mu\epsilon$) TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 20°C : 2 hours

RESULTADOS FINALES

FECHA Y HORA DE INICIO : Monday Jun 27 2020 at 8:15:22 AM CICLOS : 1190278 de 10000000
TIEMPO DE CARGA : 33:00:27 (h:mm:ss)

| | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL |
|---------------------------|---------|---------|--|---------|-------|-------------------------------------|---------|----------|
| CARGA APLICADA (kN) | 0.8043 | 0.4015 | ESFUERZO DE TENSION (kPa) | 1815 | 906 | TEMP. DEL NUCLEO (°C) | 19.9 | 19.8 |
| CARGA MAXIMA (kN) | 0.3964 | 0.1781 | DEFORMACION DE TENSION ($\mu\epsilon$) | 751 | 749 | TEMP. DE LA SUPERFICIE (°C) | 20.0 | 20.1 |
| CARGA MINIMA (kN) | -0.4079 | -0.2165 | ANGULO DE FASE (deg) | 32.7 | 48 | | | |
| DEFLEXION DE LA VIGA (mm) | 0.4040 | 0.4047 | RIGIDEZ FLEXURAL (Mpa) | 2419 | 1209 | RIGIDEZ FLEXURAL FINAL (Mpa) | | 1209 |
| LVDT MAXIMO (mm) | 0.0787 | 0.0791 | MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) | 2570 | 1285 | MODULO NORMALIZADO X CICLOS (Pa/Fa) | | 11900.28 |
| LVDT MINIMO (mm) | -0.1233 | -0.1232 | ENERGIA DISIPADA (kJ/m3) | 0.550 | 0.328 | | | |



Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte : Lima, 01 de Febrero del 2020



**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS
SOMETIDAS A FLEXION REPETIDA
FLEXION DE VIGA EN 4 PUNTOS
AASHTO T - 321-14**

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
 PROYECTO : TESIS - EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
 : MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO Y CON POLIMERO PLASTOMERO
 REFERENCIA : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANT.CRUSHING
 CONT. ASF : 5.5 (%)
 ASFALTO : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO

TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. LINEAL
 DENSIDAD MAXIMA TEORICA : 2397 Kg/m3
 PORCENTAJE DE VACIOS : 7.0 %

DIMENSIONES DE LA VIGA

ANCHO : 63 mm
 ALTO : 50 mm
 LARGO : 380 mm

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

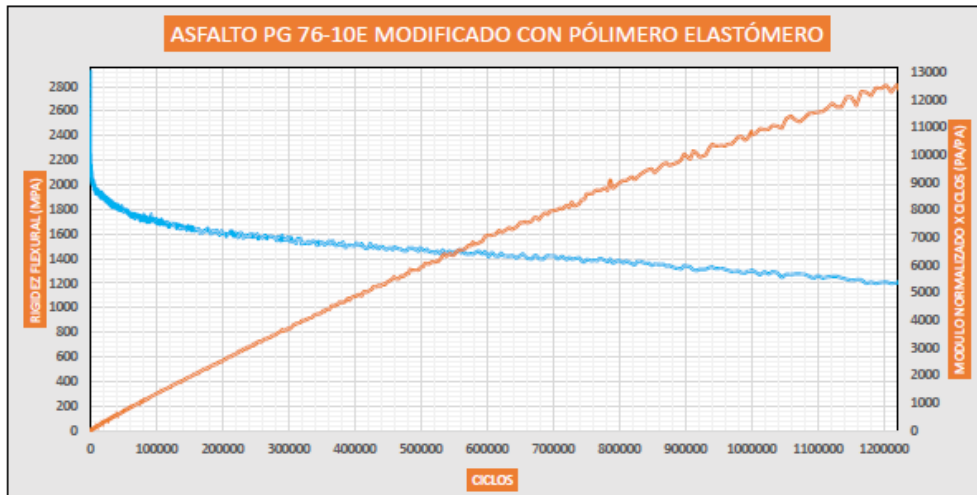
MODO DE CONTROL : Strain (On-specimen LVDT)
 FORMA DE ONDA : Sinusoidal
 ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 (msec)
 FRECUENCIA DE CARGA : 10 (Hz)
 ESFUERZO DE TENSION PICO : 750 (µε)

NUMERO DE CICLO AL CUAL SE CALCULA RIGIDEZ INICIAL : 50
 COEFICIENTE DE POISSON ASUMIDO : 0.4
 RIGIDEZ FINAL (% DE LA RIGIDEZ INICIAL) : 50
 MAXIMO NUMERO DE CICLOS DE PRUEBA : 10000000
 TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 20°C : 2 hours

RESULTADOS FINALES

FECHA Y HORA DE INICIO : Tuesday Jun 26 2020 at 17:58:28 PM
 TIEMPO DE CARGA : 33:48:30 (hh:mm:ss) CICLOS : 1220328 de 10000000

| | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL |
|---------------------------|---------|---------|-----------------------------|---------|-------|-------------------------------------|---------|-------|
| CARGA APLICADA (kN) | 0.7997 | 0.3951 | ESFUERZO DE TENSION (kPa) | 1805 | 892 | TEMP. DEL NUCLEO (°C) | 19.9 | 19.6 |
| CARGA MAXIMA (kN) | 0.4024 | 0.1648 | DEFORMACION DE TENSION (µε) | 750 | 748 | TEMP. DE LA SUPERFICIE (°C) | 19.6 | 19.7 |
| CARGA MINIMA (kN) | -0.3973 | -0.2303 | ANGULO DE FASE (deg) | 30.8 | 43.5 | | | |
| DEFLEXION DE LA VIGA (mm) | 0.4038 | 0.4029 | RIGIDEZ FLEXURAL (Mpa) | 2406 | 1191 | RIGIDEZ FLEXURAL FINAL (MPa) | | 1203 |
| LVDT MAXIMO (mm) | 0.1218 | 0.1207 | MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) | 2562 | 1269 | MODULO NORMALIZADO X CICLOS (Pa/Pa) | | 12146 |
| LVDT MINIMO (mm) | -0.0801 | -0.0808 | ENERGIA DISIPADA (kJ/m3) | 0.487 | 0.279 | | | |



Guillermo Vera B.
 Guillermo Vera B.
 Laboratorista

Wendy Herencia
 Wendy Herencia
 Jefe del Área Técnica



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS SOMETIDAS A FLEXION REPETIDA
FLEXION DE VIGA EN 4 PUNTOS
AASHTO T - 321-14

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG75-10E
: MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 75-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO

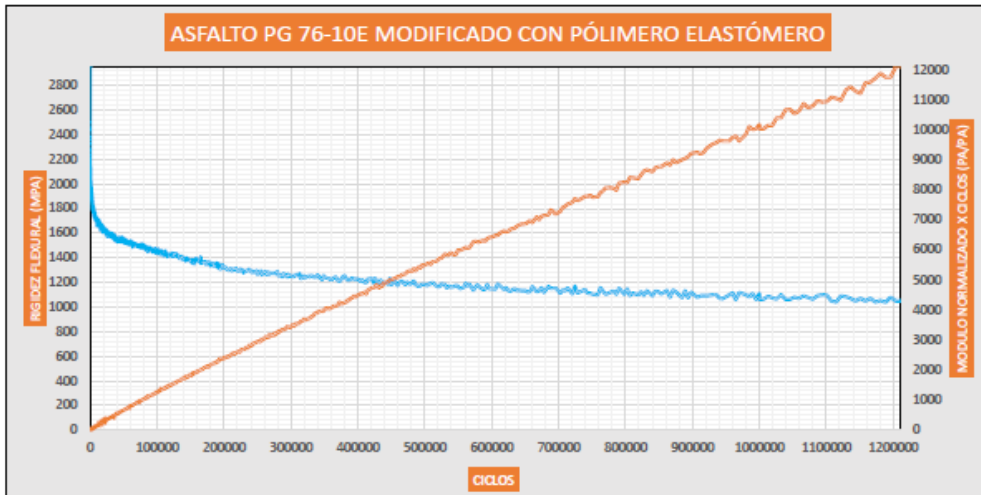
DETALLE DE LA MEZCLA
AGREGADO : CANT.CRUSHING TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. LINEAL
CONT. ASF : 5.5 (%) DENSIDAD MAXIMA TEORICA : 2397 Kg/m3
ASFALTO : ASFALTO PG 75-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO PORCENTAJE DE VACIOS : 7.0 %

DIMENSIONES DE LA VIGA
ANCHO : 63 mm
ALTO : 50 mm
LARGO : 380 mm

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA
MODO DE CONTROL : Strain (On-specimen LVDT) NUMERO DE CICLO AL CUAL SE CALCULA RIGIDEZ INICIAL : 50
FORMA DE ONDA : Sinusoidal COEFICIENTE DE POISSON ASUMIDO : 0.4
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 (msec) RIGIDEZ FINAL (% DE LA RIGIDEZ INICIAL) : 50
FRECUENCIA DE CARGA : 10 (Hz) MAXIMO NUMERO DE CICLOS DE PRUEBA : 1000000
ESFUERZO DE TENSION PICO : 750 (µE) TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 20°C : 2 hours

RESULTADOS FINALES

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|----------------|---------------------------------------|------|-------|
| FECHA Y HORA DE INICIO : | Thursday Jun 30 2020 at 8:07:14 AM | CICLOS : | 1209365 de 10000000 | | | | | |
| TIEMPO DE CARGA : | 33:30:53 (hh:mm:ss) | | | | | | | |
| | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL | | |
| CARGA APLICADA (kN) : | 0.6990 | 0.3470 | ESFUERZO DE TENSION (kPa) : | 1578 | 783 | TEMP. DEL NUCLEO (°C) : | 20.2 | 19.4 |
| CARGA MAXIMA (kN) : | 0.4175 | 0.1845 | DEFORMACION DE TENSION (µε) : | 749 | 747 | TEMP. DE LA SUPERFICIE (°C) : | 20.6 | 19.6 |
| CARGA MINIMA (kN) : | -0.2815 | -0.1625 | ANGULO DE FASE (deg) : | 25.2 | 30.9 | | | |
| DEFLEXION DE LA VIGA (mm) : | 0.4034 | 0.4023 | RIGIDEZ FLEXURAL (Mpa) : | 2106 | 1046 | RIGIDEZ FLEXURAL FINAL (MPa) : | | 1053 |
| LVDT MAXIMO (mm) : | 0.1088 | 0.1073 | MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) : | 2242 | 1116 | MODULO NORMALIZADO X CICLOS (Pa/Pa) : | | 12085 |
| LVDT MINIMO (mm) : | -0.0929 | -0.0939 | ENERGIA DISIPADA (kJ/m3) : | 0.422 | 0.244 | | | |



Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica

Fecha de reporte : Lima, 01 de Febrero del 2020



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS SOMETIDAS A FLEXION REPETIDA
FLEXION DE VIGA EN 4 PUNTOS
AASHTO T - 321-14

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
 PROYECTO : TESIS - EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
 : MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO Y CON POLIMERO PLASTOMERO
 REFERENCIA : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO

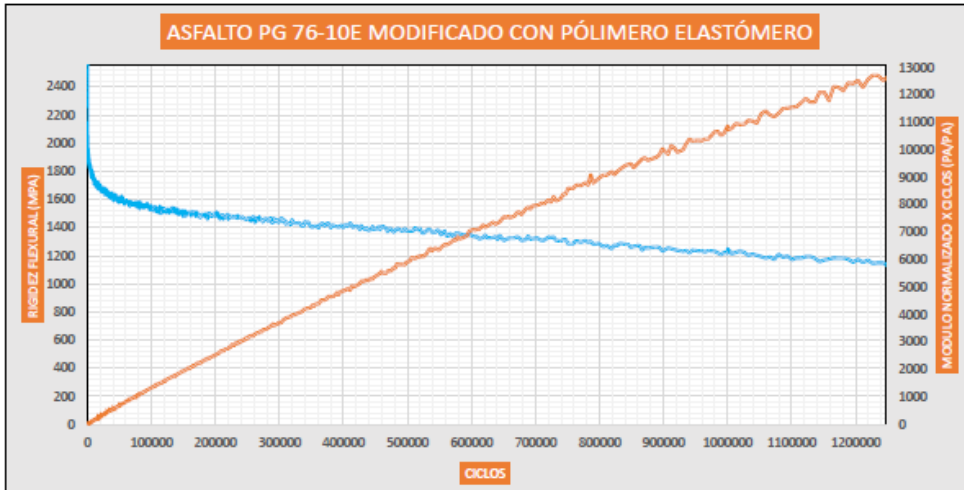
DETALLE DE LA MEZCLA
 AGREGADO : CANT.CRUSHING TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. LINEAL
 CONT. ASF : 5.5 (%) DENSIDAD MAXIMA TEORICA : 2397 Kg/m3
 ASFALTO : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO PORCENTAJE DE VACIOS : 7.0 %

DIMENSIONES DE LA VIGA
 ANCHO : 63 mm
 ALTO : 50 mm
 LARGO : 380 mm

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA
 MODO DE CONTROL : Strain (On-specimen LVDT) NUMERO DE CICLO AL CUAL SE CALCULA RIGIDEZ INICIAL : 50
 FORMA DE ONDA : Sinusoidal COEFICIENTE DE POISSON ASUMIDO : 0.35
 ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 (msec) RIGIDEZ FINAL (% DE LA RIGIDEZ INICIAL) : 50
 FRECUENCIA DE CARGA : 10 (Hz) MAXIMO NUMERO DE CICLOS DE PRUEBA : 10000000
 ESFUERZO DE TENSION PICO : 750 (µε) TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 20°C : 2 hours

RESULTADOS FINALES
 FECHA Y HORA DE INICIO : Friday Jun 31 2020 at 06:15:00 PM CICLOS : 1246664 de 10000000
 TIEMPO DE CARGA : 34:30:26 (hh:mm:ss)

| | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL |
|---------------------------|---------|---------|-----------------------------|---------|-------|-------------------------------------|---------|---------|
| CARGA APLICADA (kN) | 0.7558 | 0.3754 | ESFUERZO DE TENSION (kPa) | 1706 | 847 | TEMP. DEL NUCLEO (°C) | 19.8 | 19.8 |
| CARGA MAXIMA (kN) | 0.3387 | 0.1653 | DEFORMACION DE TENSION (µε) | 752 | 750 | TEMP. DE LA SUPERFICIE (°C) | 20.1 | 20.2 |
| CARGA MINIMA (kN) | -0.4170 | -0.2101 | ANGULO DE FASE (deg) | 35.9 | 45.9 | | | |
| DEFLEXION DE LA VIGA (mm) | 0.4048 | 0.4035 | RIGIDEZ FLEXURAL (Mpa) | 2268 | 1130 | RIGIDEZ FLEXURAL FINAL (MPa) | | 1134 |
| LVDT MAXIMO (mm) | 0.0987 | 0.0990 | MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) | 2411 | 1201 | MODULO NORMALIZADO X CICLOS (Pa/Pa) | | 12460.0 |
| LVDT MINIMO (mm) | -0.1037 | -0.1028 | ENERGIA DISIPADA (kJ/m3) | 0.531 | 0.309 | | | |



Guillermo Vera B.
 Guillermo Vera B.
 Laboratorista

Wendy Herencia
 Wendy Herencia
 Jefe del Área Técnica

Anexo 13: Resistencia a la fatiga de mezcla asfáltica en caliente con asfalto PG 76-10E modificado con polímero plastómero



EXPEDIENTE B.F.T. / LMA
001A-2020-LAB TDM ASFALTOS

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS SOMETIDAS A FLEXION REPETIDA FLEXION DE VIGA EN 4 PUNTOS AASHTO T - 321-14

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
: MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO Y CON POLIMERO PLASTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO PLASTOMERO

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANT.CRUSHING TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. LINEAL
CONT. ASF : 5.5% DENSIDAD MAXIMA TEORICA : 2398 Kg/m3
ASFALTO : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO PLASTOMERO PORCENTAJE DE VACIOS : 6.9 %

DIMENSIONES DE LA VIGA

ANCHO : 63 mm
ALTO : 50 mm
LARGO : 380 mm

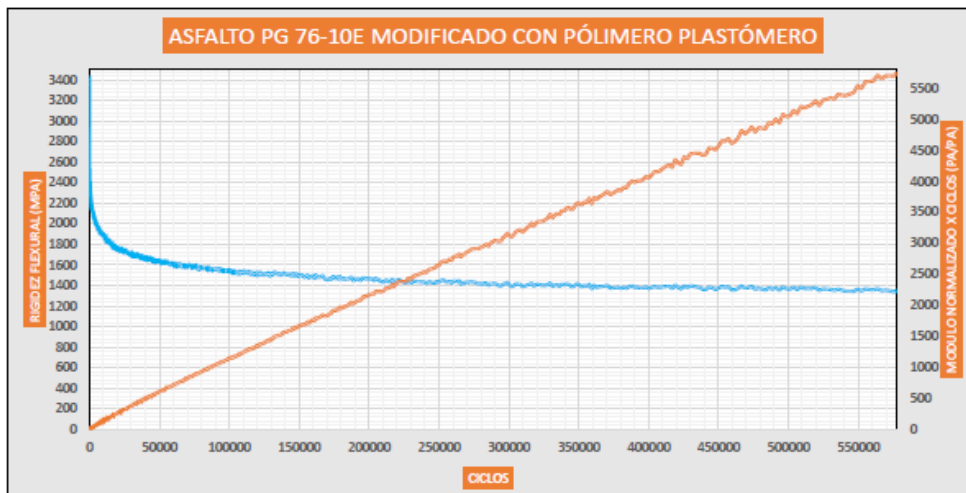
PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

MODO DE CONTROL : Strain (On-specimen LVDT) NUMERO DE CICLO AL CUAL SE CALCULA RIGIDEZ INICIAL : 50
FORMA DE ONDA : Sinusoidal COEFICIENTE DE POISSON ASUMIDO : 0.4
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 (msec) RIGIDEZ FINAL (% DE LA RIGIDEZ INICIAL) : 50
FRECUENCIA DE CARGA : 10 (Hz) MAXIMO NUMERO DE CICLOS DE PRUEBA : 1000000
ESFUERZO DE TENSION RICO : 750 (µε) TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 20°C : 2 hours

RESULTADOS FINALES

FECHA Y HORA DE INICIO : Monday Jun 20 2020 at 11:46:03 AM CICLOS : 577579 de 1000000
TIEMPO DE CARGA : 16:02:37 (hh:mm:ss)

| | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL |
|---------------------------|---------|---------|-----------------------------|---------|-------|-------------------------------------|---------|--------|
| CARGA APLICADA (kN) | 0.9032 | 0.4463 | ESFUERZO DE TENSION (kPa) | 2039 | 1007 | TEMP. DEL NUCLEO (°C) | 24.9 | 25.0 |
| CARGA MAXIMA (kN) | 0.5191 | 0.2010 | DEFORMACION DE TENSION (µε) | 754 | 748 | TEMP. DE LA SUPERFICIE (°C) | 25.2 | 25.4 |
| CARGA MINIMA (kN) | -0.3841 | -0.2454 | ANGULO DE FASE (deg) | 29.3 | 45.1 | | | |
| DEFLEXION DE LA VIGA (mm) | 0.4058 | 0.4025 | RIGIDEZ FLEXURAL (Mpa) | 2704 | 1347 | RIGIDEZ FLEXURAL FINAL (MPa) | | 1352 |
| LVDT MAXIMO (mm) | 0.0919 | 0.0900 | MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) | 2880 | 1435 | MODULO NORMALIZADO X CICLOS (Pa/Pa) | | 5754.8 |
| LVDT MINIMO (mm) | -0.1110 | -0.1113 | ENERGIA DISIPADA (kJ/m3) | 0.582 | 0.354 | | | |



Guillermo Vera B.
Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica

Fecha de reporte : Lima, 27 de Enero del 2020



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS SOMETIDAS A FLEXION REPETIDA
FLEXION DE VIGA EN 4 PUNTOS
AASHTO T - 321-14

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
 PROYECTO : TESIS - EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
 : MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO Y CON POLIMERO PLASTOMERO
 REFERENCIA : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO PLASTOMERO

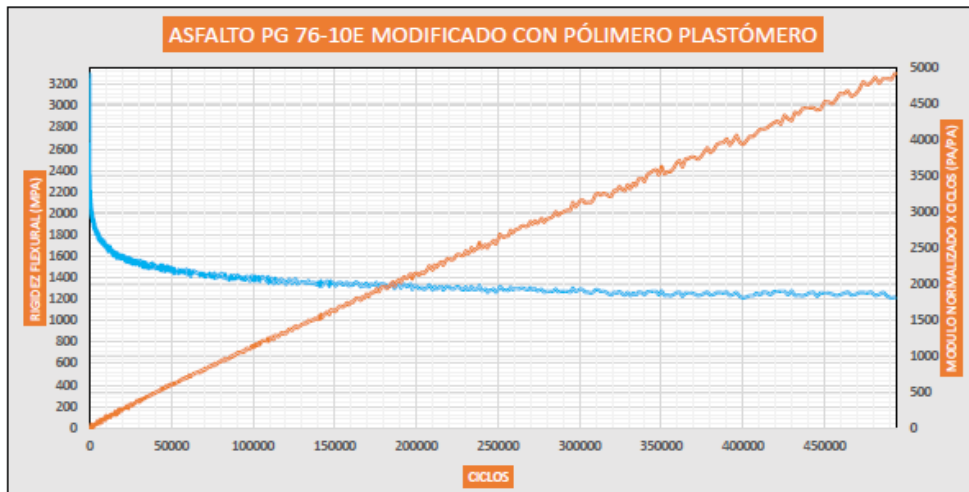
DETALLE DE LA MEZCLA
 AGREGADO : CANT.CRUSHING TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. LINEAL
 CONT. ASF : 5.5% DENSIDAD MAXIMA TEORICA : 2398 Kg/m3
 ASFALTO : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO PLASTOMERO PORCENTAJE DE VACIOS : 6.9 %

DIMENSIONES DE LA VIGA
 ANCHO : 63 mm
 ALTO : 50 mm
 LARGO : 380 mm

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA
 MODO DE CONTROL : Strain (On-specimen LVDT) NUMERO DE CICLO AL CUAL SE CALCULA RIGIDEZ INICIAL : 50
 FORMA DE ONDA : Sinusoidal COEFICIENTE DE POISSON ASUMIDO : 0.4
 ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 (msec) RIGIDEZ FINAL (% DE LA RIGIDEZ INICIAL) : 50
 FRECUENCIA DE CARGA : 10 (Hz) MAXIMO NUMERO DE CICLOS DE PRUEBA : 10000000
 ESFUERZO DE TENSION PICO : 750 (µt) TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 20°C : 2 hours

RESULTADOS FINALES

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|----------------|---------------------------------------|------|--------|
| FECHA Y HORA DE INICIO : | Tuesday Jun 21 2020 at 8:33:12 AM | CICLOS : | 490245 de 10000000 | | | | | |
| TIEMPO DE CARGA : | 13:36:46 (hh:mm:ss) | | | | | | | |
| | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL | | |
| CARGA APLICADA (kN) : | 0.8208 | 0.4092 | ESFUERZO DE TENSION (kPa) : | 1853 | 924 | TEMP. DEL NUCLEO (°C) : | 25 | 25.0 |
| CARGA MAXIMA (kN) : | 0.4495 | 0.1872 | DEFORMACION DE TENSION (µs) : | 754 | 749 | TEMP. DE LA SUPERFICIE (°C) : | 25.3 | 25.5 |
| CARGA MINIMA (kN) : | -0.3712 | -0.2220 | ANGULO DE FASE (deg) : | 28.7 | 40.8 | | | |
| DEFLEXION DE LA VIGA (mm) : | 0.4057 | 0.4030 | RIGIDEZ FLEXURAL (Mpa) : | 2458 | 1234 | RIGIDEZ FLEXURAL FINAL (Mpa) : | | 1229 |
| LVDT MAXIMO (mm) : | 0.1707 | 0.1699 | MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) : | 2618 | 1314 | MODULO NORMALIZADO X CICLOS (Pa/Pa) : | | 4892.7 |
| LVDT MINIMO (mm) : | -0.0321 | -0.0316 | ENERGIA DISIPADA (kJ/m3) : | 0.515 | 0.320 | | | |



Guillermo Vera B.
Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herenda
Wendy Herenda
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte : Lima, 27 de Enero del 2020



**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS
SOMETIDAS A FLEXION REPETIDA
FLEXION DE VIGA EN 4 PUNTOS
AASHTO T - 321-14**

AUTORES : GOOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
PROYECTO : TESIS - EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG75-10E
MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO Y CON POLIMERO PLASTOMERO
REFERENCIA : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 75-10E MODIFICADO CON POLIMERO PLASTOMERO

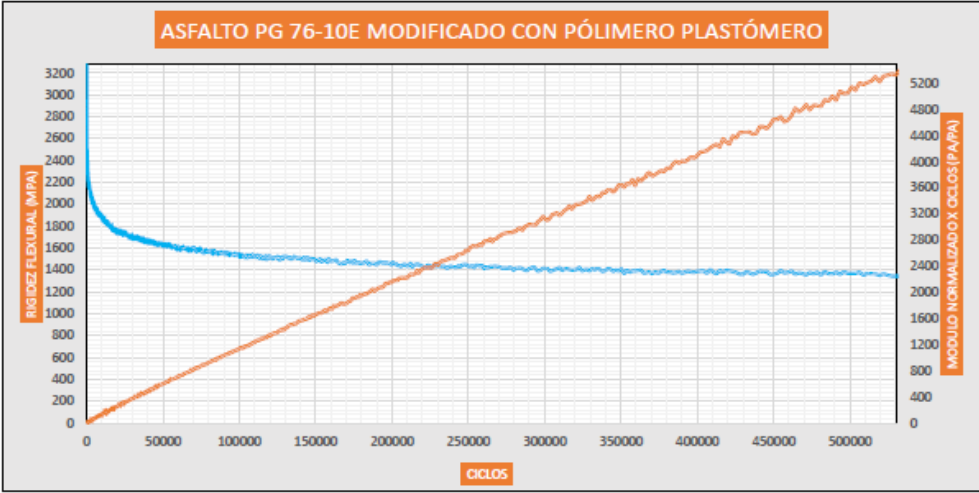
DETALLE DE LA MEZCLA
AGREGADO : CANT. CRUSHING TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. LINEAL
CONT. ASF : 5.5% DENSIDAD MAXIMA TEORICA : 2398 Kg/m3
ASFALTO : ASFALTO PG 75-10E MODIFICADO CON POLIMERO PLASTOMERO PORCENTAJE DE VACIOS : 6.9 %

DIMENSIONES DE LA VIGA
ANCHO : 63.5 mm
ALTO : 50.5 mm
LARGO : 380 mm

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA
MODO DE CONTROL : Strain (On-specimen LVDT) NUMERO DE CICLO AL CUAL SE CALCULA RIGIDEZ INICIAL : 50
FORMA DE ONDA : Sinusoidal COEFICIENTE DE POISSON ASUMIDO : 0.4
ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 (msec) RIGIDEZ FINAL (% DE LA RIGIDEZ INICIAL) : 50
FRECUENCIA DE CARGA : 10 (Hz) MAXIMO NUMERO DE CICLOS DE PRUEBA : 1000000
DEFORMACION DE TENSION PICO : 750 (µε) TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 20°C : 2 hours

RESULTADOS FINALES
FECHA Y HORA DE INICIO : Wednesday Jun 22 2020 at 8:50:20 AM CICLOS : 530541 de 10000000
TIEMPO DE CARGA : 14:42:20 (hh:mm:ss)

| | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL |
|-----------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|-------|---------------------------------------|---------|--------|
| CARGA APLICADA (kN) : | 0.9224 | 0.4532 | ESFUERZO DE TENSION (kPa) : | 2025 | 995 | TEMP. DEL NUCLEO (°C) : | 20 | 19.6 |
| CARGA MAXIMA (kN) : | 0.4738 | 0.2078 | DEFORMACION DE TENSION (µε) : | 755 | 748 | TEMP. DE LA SUPERFICIE (°C) : | 20.1 | 20.1 |
| CARGA MINIMA (kN) : | -0.4466 | -0.2454 | ANGULO DE FASE (deg) : | 31.6 | 40.5 | | | |
| DEFLEXION DE LA VIGA (mm) : | 0.4022 | 0.3965 | RIGIDEZ FLEXURAL (Mpa) : | 2683 | 1330 | RIGIDEZ FLEXURAL FINAL (Mpa) : | | 1342 |
| LVDT MAXIMO (mm) : | 0.1085 | 0.1084 | MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) : | 2861 | 1419 | MODULO NORMALIZADO X CICLOS (Pa/Pa) : | | 5293.7 |
| LVDT MINIMO (mm) : | -0.0926 | -0.0909 | ENERGIA DISIPADA (kJ/m3) : | 0.604 | 0.371 | | | |



Guillermo Vera B.
Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wenoy Herencia
Wenoy Herencia
Jefe del Area Técnica

Fecha de reporte : Lima, 27 de Enero del 2020



**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS
SOMETIDAS A FLEXION REPETIDA
FLEXION DE VIGA EN 4 PUNTOS
AASHTO T - 321-14**

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
 PROYECTO : TESIS - EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
 : MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO Y CON POLIMERO PLASTOMERO
 REFERENCIA : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO PLASTOMERO

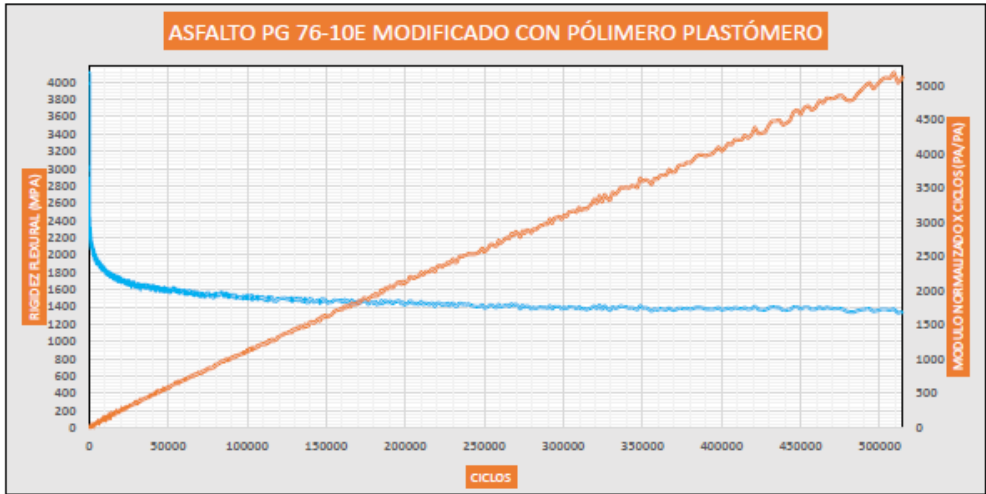
DETALLE DE LA MEZCLA
 AGREGADO : CANT. CRUSHING TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. LINEAL
 FILLER (%) : 5.5% DENSIDAD MAXIMA TEORICA : 2398 Kg/m3
 ASFALTO : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO PLASTOMERO PORCENTAJE DE VACIOS : 6.9 %

DIMENSIONES DE LA VIGA
 ANCHO : 63 mm
 ALTO : 50 mm
 LARGO : 380 mm

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA
 MODO DE CONTROL : Strain (On-specimen LVDT) NUMERO DE CICLO AL CUAL SE CALCULA RIGIDEZ INICIAL : 50
 FORMA DE ONDA : Sinusoidal COEFICIENTE DE POISSON ASUMIDO : 0.4
 ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 (msec) RIGIDEZ FINAL (% DE LA RIGIDEZ INICIAL) : 50
 FRECUENCIA DE CARGA : 10 (Hz) MAXIMO NUMERO DE CICLOS DE PRUEBA : 10000000
 ESFUERZO DE TENSION PICO : 750 (JE) TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 20°C : 2 hours

RESULTADOS FINALES
 FECHA Y HORA DE INICIO : Thursday Jun 23 2020 at 8:40:09 AM CICLOS : 505126 de 10000000
 TIEMPO DE CARGA : 14:00:10 (hh:mm:ss)

| | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL |
|-----------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|-------|---------------------------------------|---------|--------|
| CARGA APLICADA (kN) : | 0.9036 | 0.4445 | ESFUERZO DE TENSION (kPa) : | 2040 | 1003 | TEMP. DEL NUCLEO (°C) : | 25.0 | 25.0 |
| CARGA MAXIMA (kN) : | 0.4623 | 0.1978 | DEFORMACION DE TENSION (µε) : | 756 | 746 | TEMP. DE LA SUPERFICIE (°C) : | 25.3 | 25.5 |
| CARGA MINIMA (kN) : | -0.4413 | -0.2467 | ANGULO DE FASE (deg) : | 31.0 | 45.5 | | | |
| DEFLEXION DE LA VIGA (mm) : | 0.4070 | 0.4013 | RIGIDEZ FLEXURAL (Mpa) : | 2698 | 1346 | RIGIDEZ FLEXURAL FINAL (MPa) : | | 1349 |
| LVDT MAXIMO (mm) : | 0.0958 | 0.0947 | MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) : | 2873 | 1433 | MODULO NORMALIZADO X CICLOS (Pa/Pa) : | | 5045.5 |
| LVDT MINIMO (mm) : | -0.1076 | -0.1059 | ENERGIA DISIPADA (kJ/m3) : | 0.561 | 0.347 | | | |



Guillermo Vera B.
 Guillermo Vera B.
 Laboratorista

Wendy Herencia
 Wendy Herencia
 Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte : Lima, 27 de Enero del 2020



**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS
SOMETIDAS A FLEXION REPETIDA
FLEXION DE VIGA EN 4 PUNTOS
AASHTO T - 321-14**

AUTORES : GOODY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISEP KATHERINE KELLY
 PROYECTO : TESIS - EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
 : MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO Y CON POLIMERO PLASTOMERO
 REFERENCIA : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO PLASTOMERO

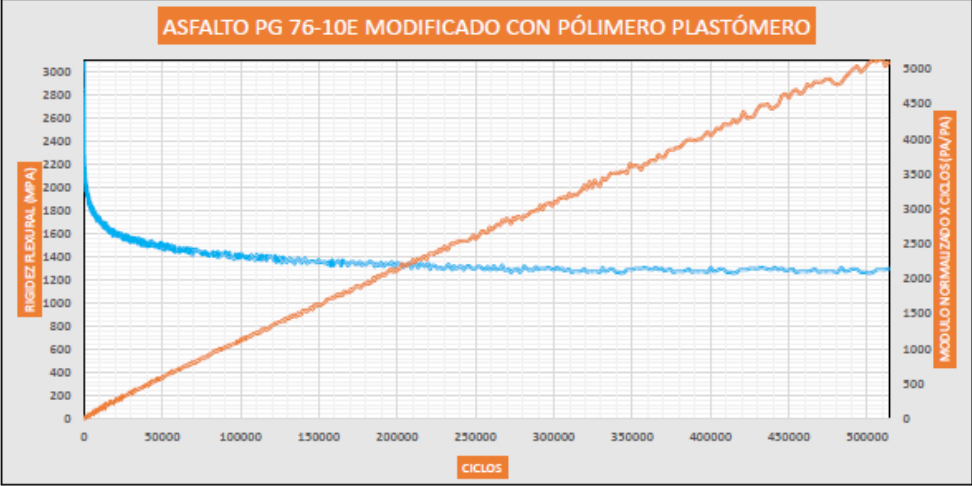
DETALLE DE LA MEZCLA
 AGREGADO : CANT.CRUSHING TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. LINEAL
 CONT. ASF : 5.5% DENSIDAD MAXIMA TEORICA : 2398 Kg/m3
 ASFALTO : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO PLASTOMERO PORCENTAJE DE VACIOS : 6.9 %

DIMENSIONES DE LA VIGA
 ANCHO : 63 mm
 ALTO : 50 mm
 LARGO : 380 mm

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA
 MODO DE CONTROL : Strain (On-specimen LVDT) NUMERO DE CICLO AL CUAL SE CALCULA RIGIDEZ INICIAL : 50
 FORMA DE ONDA : Sinusoidal COEFICIENTE DE POISSON ASUMIDO : 0.4
 ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 (msec) RIGIDEZ FINAL (% DE LA RIGIDEZ INICIAL) : 50
 FRECUENCIA DE CARGA : 10 (Hz) MAXIMO NUMERO DE CICLOS DE PRUEBA : 10000000
 ESFUERZO DE TENSION PICO : 750 (psi) TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 20°C : 2 hours

RESULTADOS FINALES
 FECHA Y HORA DE INICIO : Friday Jun 24 2020 at 8:10:06 AM CICLOS : 514620 de 10000000
 TIEMPO DE CARGA : 14:16:25 (hh:mm:ss)

| | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL | | INICIAL | FINAL |
|-----------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|-------|---------------------------------------|---------|--------|
| CARGA APLICADA (kN) : | 0.8638 | 0.4294 | ESFUERZO DE TENSION (kPa) : | 1950 | 969 | TEMP. DEL NUCLEO (°C) : | 19.6 | 20.0 |
| CARGA MAXIMA (kN) : | 0.4660 | 0.1881 | DEFORMACION DE TENSION (µε) : | 752 | 748 | TEMP. DE LA SUPERFICIE (°C) : | 19.8 | 20.2 |
| CARGA MINIMA (kN) : | -0.3978 | -0.2412 | ANGULO DE FASE (deg) : | 28.8 | 40.2 | | | |
| DEFLEXION DE LA VIGA (mm) : | 0.4048 | 0.4026 | RIGIDEZ FLEXURAL (Mpa) : | 2593 | 1296 | RIGIDEZ FLEXURAL FINAL (Mpa) : | | 1296 |
| LVDT MAXIMO (mm) : | 0.2401 | 0.2392 | MÓDULO DE ELASTICIDAD (Mpa) : | 2761 | 1380 | MÓDULO NORMALIZADO X CICLOS (Pa/Pa) : | | 5126.2 |
| LVDT MINIMO (mm) : | 0.0377 | 0.0379 | ENERGIA DISIPADA (kJ/m3) : | 0.484 | 0.297 | | | |



Guillermo Vera B.
 Guillermo Vera B.
 Laboratorista

Wendy Herencia
 Wendy Herencia
 Jefe del Área Técnica

Anexo 14: Modulo resiliente de mezcla asfáltica en caliente con asfalto PG76-10E modificado con polímero elastómero



EXPEDIENTE M.R. / LMA
001A-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSIÓN INDIRECTA
AASHTO TP-31

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
 PROYECTO : TESIS - EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
 : MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO Y CON POLIMERO PLASTOMERO
 REFERENCIA : MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO : CANT.CRUSHING TIPO DE COMPACTACION : COMPACT. GIRATORIO
 CONT. ASF : 5.5 (%) DENSIDAD MÁXIMA TEORICA : 2397 Kg/m3
 ASFALTO : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN

DIÁMETRO : 100 mm AREA TRANSVERSAL : 7854 mm2
 ALTO : 61.5 mm

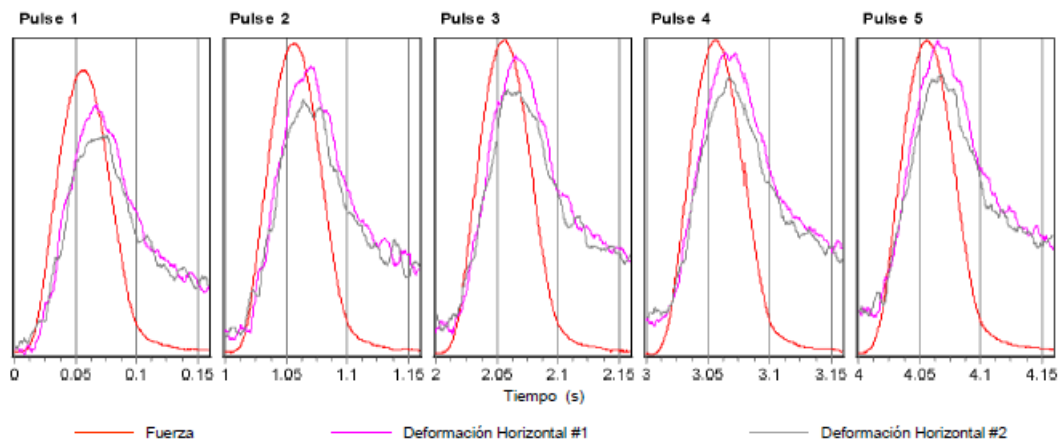
PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA

TEMPERATURA A ALCANZAR : 20 (°C) NUMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
 FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
 ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 (ms) CARGA CICLICA : 1500 (N)
 PERIODO DE DESCANSO : 900 (ms) COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
 PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 (ms) TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 20°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES

PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
 TEMPERATURA DEL NÚCLEO : 20.2 (°C)
 TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 20 (°C)

| RESULTADOS DEL ENSAYO | PULSO 1 | PULSO 2 | PULSO 3 | PULSO 4 | PULSO 5 | MEDIA | DESV. STAND. | % CV |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|-------|--------------|-------|
| MODULO RESILIENTE (Mpa) | 3797 | 3748 | 3663 | 3666 | 3720 | 3719 | 50.70 | 1.36 |
| FUERZA DE CARGA PICO (N) | 1355 | 1486 | 1506 | 1506 | 1504 | 1472 | 58.54 | 3.98 |
| FUERZA DE ASENTAMIENTO | 26 | 24 | 19 | 17 | 20 | 21 | 3.21 | 15.22 |
| DEFORMACION TOTAL RECUPERABLE | 3.60 | 4.00 | 4.15 | 4.15 | 4.08 | 3.99 | 0.20 | 5.10 |
| DEFORMACION HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (µm) | 1.92 | 2.20 | 2.24 | 2.17 | 2.18 | 2.14 | 0.11 | 5.34 |
| DEFORMACION HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (µm) | 1.68 | 1.80 | 1.91 | 1.98 | 1.90 | 1.85 | 0.10 | 5.53 |



Guillermo Vera B.
Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte : Lima, 02 de Febrero del 2020

Anexo 15: Modulo resiliente de mezcla asfáltica en caliente con asfalto PG76-10E modificado con polímero plástomero



EXPEDIENTE M.R. / LMA
001B-2020-LAB TDM ASFALTOS

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR EL MODULO RESILIENTE DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS POR TENSIÓN INDIRECTA

AASHTO TP-31

AUTORES : GODOY TARRILLO OMAR HONORATO Y DE LA CRUZ QUISPE KATHERINE KELLY
 PROYECTO : TESIS - EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG76-10E
 : MODIFICADO CON POLIMERO ELASTOMERO Y CON POLIMERO PLÁSTOMERO
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO PLÁSTOMERO

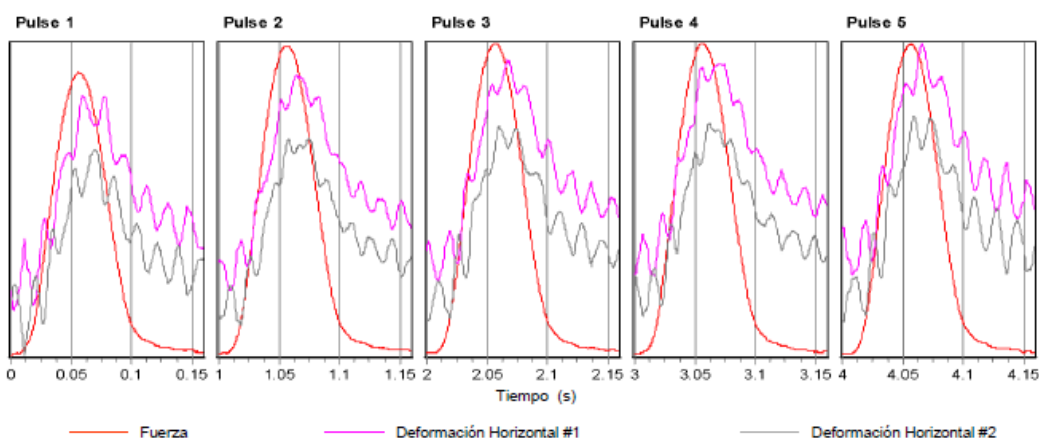
DETALLE DE LA MEZCLA
 AGREGADO : CANT. CRUSHING TIPO DE COMPACTACIÓN : COMPACT. GIRATORIO
 CONT. ASF : 5.5 (%) DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA : 2398 Kg/m³
 ASFALTO : ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLIMERO PLÁSTOMERO

DIMENSIONES DEL ESPECIMEN
 DIÁMETRO : 100 mm AREA TRANSVERSAL : 7854 mm²
 ALTO : 61.6 mm

PARAMETROS INICIALES DE LA PRUEBA
 TEMPERATURA A ALCANZAR : 20 (°C) NUMERO DE PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
 FORMA DE ONDA : SINUSOIDAL CARGA DE CONTACTO : 22 (N)
 ANCHO DE PULSO DE LA CARGA : 100 (ms) CARGA CICLICA : 1500 (N)
 PERIODO DE DESCANSO : 900 (ms) COEFICIENTE DE POISSON ESTIMADO : 0.35
 PERIODO DE REPETICIÓN DE PULSO : 1000 (ms) TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO A 20°C : 4 horas

RESULTADOS FINALES
 PULSOS DE ACONDICIONAMIENTO : 5
 TEMPERATURA DEL NÚCLEO : 19.7 (°C)
 TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE : 19.8 (°C)

| RESULTADOS DEL ENSAYO | PULSO 1 | PULSO 2 | PULSO 3 | PULSO 4 | PULSO 5 | MEDIA | DESV. STAND. | % CV |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|-------|--------------|-------|
| MÓDULO RESILIENTE (Mpa) | 3757 | 3642 | 3656 | 3522 | 3635 | 3642 | 74.71 | 2.05 |
| FUERZA DE CARGA PICO (N) | 1369 | 1489 | 1496 | 1500 | 1500 | 1471 | 50.94 | 3.46 |
| FUERZA DE ASENTAMIENTO | 15 | 22 | 27 | 23 | 22 | 22 | 3.62 | 16.77 |
| DEFORMACIÓN TOTAL RECUPERABLE | 3.67 | 4.11 | 4.12 | 4.29 | 4.15 | 4.07 | 0.21 | 5.15 |
| DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #1 (µm) | 1.77 | 2.03 | 2.54 | 1.99 | 2.35 | 2.14 | 0.27 | 12.82 |
| DEFORMACIÓN HORIZONTAL RECUPERABLE #2 (µm) | 1.90 | 2.09 | 1.58 | 2.29 | 1.81 | 1.93 | 0.24 | 12.51 |

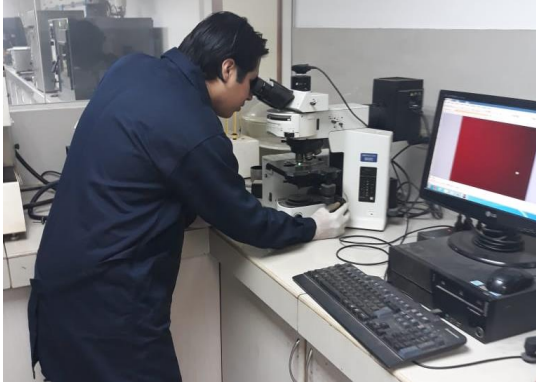


Guillermo Vera B.
 Guillermo Vera B.
 Laboratorista

Wendy Herencia
 Wendy Herencia
 Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte : Lima, 02 de Febrero del 2020

Anexo 166: Otros anexos



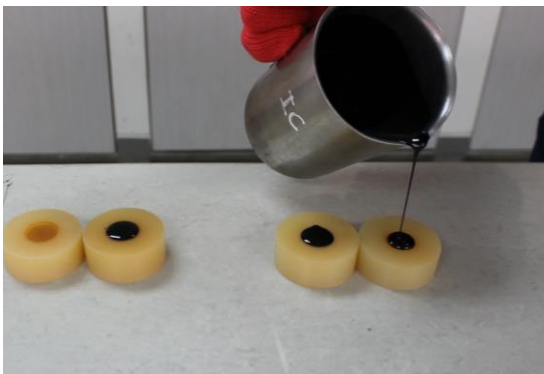
Evaluación de dispersión de polímero



Evaluación de Viscosidad Brookfield



Envejecimiento de asfaltos en horno RTFOT

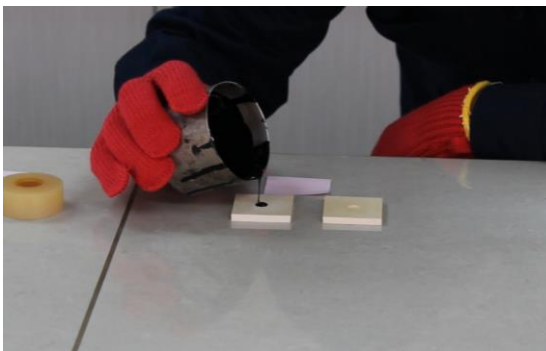


Evaluación del grado desempeño alto





Envejecimiento de asfaltos en horno PAV



Evaluación de la rigidez del asfalto a temperatura intermedia



Evaluación del grado de desempeño bajo



Análisis granulométrico de agregados



Ensayo de equivalente de arena



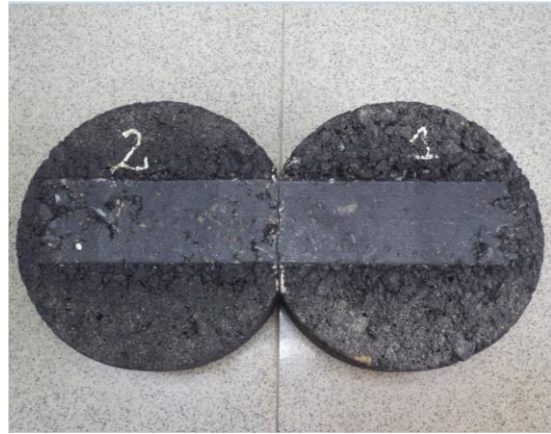
Ensayo de Azul de metileno



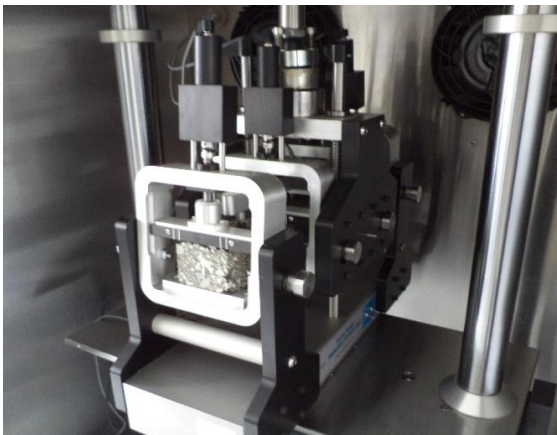
Elaboración de mezclas asfálticas en mezclador automático



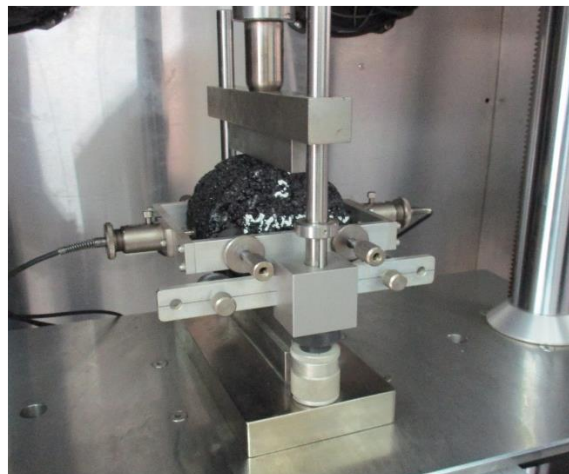
Elaboración de especímenes para ensayo de Rueda de Hamburgo



Ensayo de Rueda de Hamburgo



Ensayo de vida a fatiga



Ensayo de Modulo Resiliente



Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo (Nosotros), KATHERINE KELLY DE LA CRUZ QUISPE, OMAR HONORATO GODOY TARRILLO estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS CON ASFALTO PG 76-10E MODIFICADO CON POLÍMERO ELASTÓMERO Y CON POLÍMERO PLÁSTOMERO", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

| Apellidos y Nombres del Autor | Firma |
|---|--|
| KATHERINE KELLY DE LA CRUZ QUISPE DNI: 76128705 ORCID 0000-0002-5650-4000 | Firmado digitalmente por: KDELACRUZQ el 28 Jul 2020 12:06:08 |
| OMAR HONORATO GODOY TARRILLO DNI: 45769372 ORCID 0000-0003-2597-9748 | Firmado digitalmente por: OGODOYT el 03 Ago 2020 20:38:44 |