

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el  
comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Gustavo Alonso Talledo Baila**

**ASESOR**

**Joaquin Hernan Rojas Oblitas**

<https://orcid.org/0000-0002-6521-0215>

**Chiclayo, 2024**

**Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado  
en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para  
pavimentos**

PRESENTADA POR  
**Gustavo Alonso Talledo Baila**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

**Angel Alberto Lorren Palomino**  
PRESIDENTE

**Segundo Guillermo Carranza Cieza**  
SECRETARIO

**Joaquin Hernan Rojas Oblitas**  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios por mostrarme la luz en cada momento de dificultad y porque cuando se cerraron varias puertas siempre me dio grandes bendiciones y oportunidades, a mis padres Alonso y Rosa, por enseñarme desde pequeño que siempre vale la pena intentar y que se lucha hasta el final, a mi hermano Álvaro, que me motivó día a día a ser un ejemplo para él y a Lizbeth, por ser mi cómplice en todo, mi complemento perfecto y quien saca lo mejor de mí.

## **Agradecimientos**

A Dios por ser mi guía en cada día de mi vida.

A mis padres por su confianza y apoyo, por darme los recursos necesarios para hacer posible esta tesis.

A mi hermano por apoyarme en el laboratorio.

A Lizbeth por todas las amanecidas en las que nos hemos acompañado durante este proceso.

A todas las personas que hicieron posible que hoy este finalizando esta etapa.

## TESIS\_TALLEDO BAILA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

6%

2

[repositorio.ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

3

[repositorio.urp.edu.pe](https://repositorio.urp.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

4

[creativecommons.org](https://creativecommons.org)

Fuente de Internet

1%

5

[tesis.usat.edu.pe](https://tesis.usat.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

6

[portal.mtc.gob.pe](https://portal.mtc.gob.pe)

Fuente de Internet

1%

7

[repositorio.continental.edu.pe](https://repositorio.continental.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

8

Gang Huang, Tianhong Yang, Zhaoyi He, Le Yu, Haixin Xiao. "Polyurethane as a modifier for road asphalt: A literature review", Construction and Building Materials, 2022

Publicación

1%

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>12</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>44</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>54</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>69</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>72</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>73</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>76</b>

## Resumen

La baja resistencia y las fallas estructurales tempranas en carreteras asfálticas son problemas comunes en la ingeniería de pavimentos. La causa principal de estos problemas es la deformación constante de las capas que lo componen provocada por el aumento de operación de las cargas del tráfico. La modificación de los ligantes asfálticos es una aplicación empleada desde hace algunos años para mejorar las propiedades del cemento asfáltico y prolongar la vida útil de los pavimentos asfálticos. Los modificadores deben tener características especiales, como en el caso de los elastómeros, que son polímeros con propiedades elásticas y que se pueden manejar a altas temperaturas. En la presente investigación, se analizaron las propiedades básicas del ligante modificado con el elastómero Poliuretano Termoplástico (TPU) en 5, 10 y 15% de adición en peso de asfalto. Asimismo, se empleó el método Marshall para evaluar las propiedades mecánicas y el comportamiento elástico de las mezclas bituminosas modificadas para tránsito liviano, mediano y pesado. Se logró determinar que el punto de inflamación y la recuperación elástica torsional del ligante modificado tuvieron un comportamiento positivo incremental con el aumento de contenido de TPU, mientras que otras propiedades como la solubilidad y la ductilidad no sufrieron variaciones significativas. Por otro lado, la propiedad de penetración disminuía con el contenido del polímero, mejorando su consistencia. Además, se descubrió que las mezclas asfálticas tendrán una mejor capacidad para resistir las deformaciones y un comportamiento mejorado a la fatiga, aunque este último no tan notable.

## Abstract

Low strength and early structural failures in asphalt roads are common problems in pavement engineering. The main cause of these problems is the constant deformation of the layers that compose it caused by the increase in the operation of traffic loads. The modification of asphalt binders is an application that has been used for some years to improve the properties of asphalt cement and extend the useful life of asphalt pavements. Modifiers must have special characteristics, as in the case of elastomers, which are polymers with elastic properties and can be handled at high temperatures. In the present research, the basic properties of the binder modified with the elastomer Thermoplastic Polyurethane (TPU) were analyzed in 5, 10 and 15% addition by weight of asphalt. In addition, the Marshall method was used to evaluate the mechanical properties and elastic behavior of bituminous mixtures modified for light, medium and heavy traffic. It was determined that the flash point and torsional elastic recovery of the modified binder had an incremental positive behavior with the increase in TPU content, while other properties such as solubility and ductility did not undergo significant variations. On the other hand, the penetration property decreased with the content of the polymer, improving its consistency. In addition, it was found that asphalt mixtures will have a better ability to resist deformations and improved fatigue behavior, although the latter is not as noticeable.

**Keywords:** Modified Asphalt, Thermoplastic Polyurethane, Modified Asphalt Mix, Wet Process, Marshall Design

## Introducción

La evolución del flujo vehicular, los efectos de las cargas de tráfico y factores ambientales como el cambio de temperatura, hacen más frecuente el surgimiento de fallas en pavimentos y generan un daño prematuro de la estructura. En efecto, esto impide que alcance el periodo de vida útil para el cual fue diseñado y, por tanto, afecta directamente a los usuarios de la infraestructura vial.

La temperatura del suelo es capaz de afectar el intercambio de calor entre este y la estructura del pavimento [1]. Por ende, constituye uno de los factores determinantes en el comportamiento tanto funcional como estructural. Esto pues, debido a que en regiones cálidas se pueden generar surcos y otras fallas a causa de las altas temperaturas durante las estaciones de verano; mientras que, en regiones frías la temperatura durante la noche es demasiado baja y en el día se puede evidenciar un gran aumento de esta. Por ello, al estar sometida la estructura a estas variaciones bruscas, se espera un deterioro temprano de los pavimentos, lo cual implica mayores costos de mantenimiento. Por ejemplo, en China, entre los años 2016 y 2020, se estima que se destinó un aproximado de 0,36 billones de RMB al mantenimiento de carreteras (cerca de 225 mil millones de soles); señalando como principales causales del deterioro la carga de tráfico y temperatura [1].

En el entorno nacional, conforme con [2], en el presente año el MTC destinó una cifra superior a los 253 millones de soles a las municipalidades con objeto de la realización del mantenimiento de la red vial vecinal, así como también para aspectos administrativos relacionados con la infraestructura vial. Así pues, es preciso acotar que, de todo ese monto, alrededor de 93.7 millones de soles son para el mantenimiento periódico de 1,863 km de carretera de la red vecinal; es decir, un aproximado de 50 mil soles por km y, aun así, no se alcanza a cubrir el total.

Ahora bien, a diciembre de 2021, se cuenta con un total de 30069.15 km de vías pavimentadas y representa solo el 17.38% de la red vial en conjunto, constituida por una extensión de 173057.80 km [3]. Teniendo en cuenta que la brecha por cubrir es significativa y que, además, del total del alcance de la red pavimentada que recibió mantenimiento rutinario y periódico en el año 2021 fue de 10,775 km y 307 km, respectivamente [3]; es posible deducir que el progreso, tiempo y los costos de estos tipos de procedimientos conllevan a un problema muy serio.

Según [4], la tendencia en los últimos años, sin considerar datos durante la pandemia de COVID-19, indica un aumento en el índice del flujo vehicular a nivel nacional. Como muestra

de ello, en cuanto al índice nacional promedio en las unidades de peaje, que comprende tanto vehículos ligeros como pesados, hasta diciembre del año 2019 se produjo un aumento de 4.12% respecto al del 2018. Por el contrario, durante el año 2020 y parte del 2021, se observó una disminución por lo ya explicado, hasta que en el presente año se evidenció nuevamente la constante de años atrás, pues el índice en el mes de agosto aumentó en 7.20% respecto al mes análogo del año anterior. Por consiguiente, esta situación demuestra el impulso creciente de las cargas de tráfico.

En Chiclayo, de acuerdo con [5], al evaluar el estado actual de las vías que conforman el casco central del distrito se determinó que el mantenimiento periódico a corto y largo plazo es necesario, puesto que el índice de condición de pavimento es de tipo regular. Además, se llegó a la conclusión de que la carpeta de rodadura no cumple con los parámetros establecidos en el diseño de pavimentos en servicio. Asimismo, con respecto a los pavimentos flexibles, los cuales de acuerdo con el inventario vial realizado representan el 31.00% del total, es posible apreciar que los daños predominantes en la capa superior de la estructura están dados por grietas transversales y longitudinales.

En conclusión, es preocupante actualmente la no idoneidad de los diseños convencionales de mezclas asfálticas para resistir los efectos combinados de las cargas de tráfico y factores climáticos, lo que conlleva al rápido deterioro de los pavimentos flexibles. Por consiguiente, surge la necesidad de buscar nuevos materiales para modificar el asfalto y mejorar tanto sus propiedades físico-mecánicas como el comportamiento de la mezcla bituminosa. Por ello, desde hace algún tiempo se viene evaluando y aplicando la modificación de asfaltos por medio de polímeros, obteniéndose resultados favorables. No obstante, en nuestro país aún quedan muchos compuestos por investigar, siendo el caso de los elastómeros como por ejemplo el poliuretano termoplástico (TPU).

Frente a esta realidad problemática y luego de realizar una revisión sistemática de los métodos de modificación de mezclas asfálticas y nuevas alternativas, me planteo la siguiente interrogante: ¿cómo influye la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos?

A través de esta investigación se pretende demostrar que la adición de poliuretano termoplástico granulado produciría una mejora en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos.

Por tanto, el objetivo general de esta tesis consistió en evaluar la influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos.

Los objetivos específicos que se ha considerado son:

- Medir la ductilidad del asfalto convencional y del asfalto modificado con poliuretano termoplástico granulado en diferentes proporciones en peso de asfalto.
- Medir la recuperación elástica de un asfalto convencional y de asfaltos modificados con poliuretano termoplástico granulado en diferentes proporciones en peso de asfalto.
- Determinar la estabilidad Marshall de una mezcla asfáltica en caliente convencional y mezclas asfálticas en caliente con cemento asfáltico modificado con poliuretano termoplástico granulado en diferentes proporciones en peso de asfalto.
- Comparar los valores de fluencia de una mezcla asfáltica en caliente convencional con los de mezclas asfálticas en caliente con cemento asfáltico modificado con poliuretano termoplástico granulado en diferentes proporciones en peso de asfalto.
- Estimar la relación entre el costo unitario de producción de mezcla asfáltica modificada con elastómero termoplástico de poliuretano y de mezcla asfáltica convencional.

En el **aspecto social**, el presente proyecto de investigación resultaría beneficioso para los usuarios de la infraestructura vial, puesto que con el mejoramiento de la carpeta de rodadura de la estructura del pavimento mediante la modificación del asfalto se pretende mejorar la transitabilidad de los vehículos y disminuir los tiempos de viaje. Además, el asfalto PEN 60/70 que se estudiará y al cual se realizará la adición, de acuerdo con [6] se emplea en zonas cuya temperatura media anual se encuentra en 15°C a más, característica predominante de lugares con una altura inferior a 2000 m.s.n.m. Así pues, se podría considerar, en caso de ser favorable, los resultados de la investigación para la construcción de pavimentos flexibles en estas regiones teniendo en cuenta que aún falta pavimentar 142988.65 km de la red vial nacional [3].

En el **aspecto económico**, si la hipótesis es confirmada, entonces por medio de esta investigación demostraría que es factible modificar el asfalto con poliuretano termoplástico en forma de granos debido a que mejorará sus propiedades y el comportamiento de la mezcla asfáltica, lo cual se traduciría en un mejor desempeño de la estructura del pavimento frente a cargas de tráfico y exposición ambiental, logrando así un impacto positivo económicamente al

evitar el rápido deterioro, reducir la cantidad de fallas y la cantidad de mantenimientos del pavimento en comparación con uno convencional. De esta manera, los costos que implica la adición del elastómero en estudio se podrán compensar con los costos de mantenimiento del pavimento, los cuales serán mucho menores.

En el **aspecto ambiental**, la presente investigación surge también a partir de la necesidad de buscar un nuevo material que permita reducir el uso del asfalto, el cual representa un foco de contaminación, puesto que se ha demostrado que al calentarse libera gases que afectan la calidad del aire. Así pues, con la adición de poliuretano termoplástico se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos flexibles y evitar así mantenimientos prematuros a la estructura que solo generan contaminación constante. En el 2020, Khare et al. [7] concluyeron en su investigación que el asfalto en condiciones de aplicación a elevadas temperaturas (140°C) en la construcción de pavimentos emite aproximadamente 30gr de compuestos orgánicos semivolátiles por cada kg del ligante y que durante las primeras cinco horas ya alcanzaba el 14% de emisiones. Además, se llegó a determinar que, a una temperatura de 60°C, estas emisiones aún eran significativas.

En el **aspecto cognitivo**, la investigación que realizaré aportará conocimientos sobre la utilización del elastómero termoplástico en estudio en la modificación de asfaltos. En estos últimos años se han venido analizando diferentes polímeros, tanto termo-endurecibles como termoplásticos. Sin embargo, en nuestro país aún falta llevar a cabo ensayos para analizar el comportamiento de mezclas asfálticas con adición de poliuretano termoplástico en asfaltos con diferentes grados de penetración, por lo que mi trabajo constituye una base para otras investigaciones.

## Revisión de literatura

Se tomaron en cuenta las siguientes investigaciones en referencia al tema:

**Z. Zhang et al., “EFFECTS OF POLYURETHANE THERMOPLASTIC ELASTOMER ON PROPERTIES OF ASPHALT BINDER AND ASPHALT MIXTURE”, Journal Of Materials In Civil Engineering, vol. 33, N° 3, 11, marzo 2021.**

Esta investigación [8] fue realizada para medir la influencia de poliuretano termoplástico (TPU) sobre el aglutinante y la mezcla asfáltica, llegando a concluir que con 11% de adición es posible obtener resultados eficientes en cuanto a propiedades a baja y alta temperatura.

Esto se explica debido a que mientras se aumentaba el contenido del elastómero en estudio se evidenciaba una reducción de valores en la penetración del asfalto a 25°C, así como también un aumento en el punto de reblandecimiento y la ductilidad a 5°C, la cual fue, aproximadamente, de 10cm, 16cm, 66cm y 94cm para 5%, 7%, 9% y 11% de adición de TPU, respectivamente. Del mismo modo, las propiedades mecánicas mejoraron con la adición; no obstante, en un rango entre 11 y 15% los cambios en las dichas propiedades eran despreciables.

**Z. Li, F. Yang, J. Yuan, L. Cong y M. Yu, “STUDY ON PREPARATION AND PAVEMENT PERFORMANCE OF POLYURETHANE MODIFIED ASPHALT BASED ON IN-SITU SYNTHESIS METHOD”, Construction And Building Materials, vol. 309, ISSN 0950-0618, 11, noviembre 2021.**

En el 2021, tal como se detalla en [9], se realizó una síntesis in situ de poliuretano (PU) con la cual se modificó el asfalto empleado en un pavimento y cuyo análisis de comportamiento exhibió que existe una proporcionalidad inversa entre el porcentaje de PU y la penetración, obteniendo valores de 55.2mm, 52.7mm, 51.6mm, 48.4mm y 46.1mm con 2%, 3%, 4%, 5% y 6% de PU, en el orden dado. Por otra parte, la ductilidad del ligante aumenta a medida que el porcentaje de PU es mayor, pues con los mismos porcentajes de PU en peso mostrados anteriormente se obtuvo una ductilidad de 8.5cm, 9.2cm, 11.5cm, 10.1cm y 13.4cm, correspondientemente.

En lo que concierne a las propiedades a alta temperatura, la recuperación elástica (0.1 KPa) del ligante asfáltico con 2% de PU es ligeramente superior al convencional PEN 60/70 (alrededor de 3%), con 3% de PU se supera el 20% de recuperación elástica; con 4% de PU fue apenas inferior a 45%; con 5% de PU supera de modo relevante al modificado con SBS y llega hasta el 65% aproximadamente y, por último, con 6% de PU alcanza valores superiores a 70%

en esta propiedad. Asimismo, respecto a las propiedades a baja temperatura, la rigidez a fluencia para porcentajes de PU mayores a 4%, disminuye.

**T. Huang et al. “STUDY ON THE COMPATIBILITY BETWEEN POLYURETHANE AND ASPHALT BASED ON EXPERIMENT AND MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION”, *Case Studies In Construction Materials*, vol. 17, E01424, 15, agosto 2022.**

Como sostiene Huang et al. [10], durante su experimento llevado a cabo en China por la Universidad de Changán se logró el objetivo de evaluar la compatibilidad entre el asfalto PEN 60/80 y aditivos de poliuretano, a través del cual se concluyó que a una temperatura de 135° C se alcanza la compatibilidad máxima entre estos, obteniendo propiedades físicas óptimas. Del mismo modo, se demostró, luego de analizar proporciones de 5%, 10%, 15% y 20% en peso, que la más significativa densidad de energía cohesiva y la cual se recomienda es con 15% en peso de adición de poliuretano.

**Z. Hong, K. Yan, M. Wang, J. Yuan, D. Ge y J. Liu, “THE LABORATORY PERFORMANCE OF ASPHALT MIXTURE WITH THERMOPLASTIC POLYURETHANE (TPU) AND AMORPHOUS POLY ALPHA OLEFIN (APAO) COMPOUND MODIFIED ASPHALT BINDER”, *Construction And Building Materials*, vol. 349, ISSN 0950-0618, 13, setiembre 2022.**

De acuerdo con [11], se adicionó poliuretano termoplástico (TPU) y polialfaolefina amorfa (APAO) al ligante, para luego evaluar el comportamiento a través de ensayos como penetración, viscosidad, temperatura de Anillo y Bola, y ductilidad en el ligante; y ensayo de estabilidad Marshall y prueba de envejecimiento a la mezcla, entre los más resaltantes. Así pues, se presentaron mejores resultados con 2% TPU + 6% APAO en el ligante, logrando una mayor viscosidad y una reducción de la penetración en un 52.3% respecto al asfalto convencional PEN 60/80 con 68.3 mm y 45.7% con relación al asfalto con 2% de TPU; un aumento en un 40.3% el punto de reblandecimiento; y una ductilidad de 124 cm con la modificación al 2% de TPU en el ligante, similar al convencional. Además, se determinó que la estabilidad Marshall con la combinación más eficaz antedicha se elevó en un 37% frente a la mezcla asfáltica convencional (9.2 kN); el módulo Marshall aumentó 59.2% en comparación con la mezcla modificada con 2% de TPU que alcanzó 2.45 kN/mm; y demostró buena resistencia al envejecimiento a largo

plazo. Asimismo, la mezcla asfáltica modificada con TPU mejoró el comportamiento a baja temperatura.

**X. Jin, N. Guo, Z. You, L. Wang, Y. Wen y Y. Tan, “RHEOLOGICAL PROPERTIES AND MICRO-CHARACTERISTICS OF POLYURETHANE COMPOSITE MODIFIED ASPHALT”, *Construction and Building Materials*, vol. 234, ISSN 0950-0618, febrero 2020.**

En otra investigación [12] se evaluaron los efectos sobre el asfalto al adicionar poliuretano (PU) y roca asfáltica (RA). Así pues, considerando solo las adiciones con diferentes porcentajes de poliuretano y 0% de RA, se precisa que al añadir 5% del primero se alcanzó una ductilidad ligeramente inferior a 125 mm, un índice de penetración debajo de 0.50 y el grado de desempeño (PG) se ubicó en un intervalo de 58-24. Del mismo modo, con una adición de solo 10% de PU la ductilidad fue aproximadamente de 210 mm, el índice de penetración alrededor de 0.70 y un PG que va de 58 a 28. Además, se llegó a la conclusión de que el poliuretano puede mejorar el desempeño de la mezcla asfáltica a baja temperatura.

**B. Bazmara, M. Tahersima y A. Behravan, “INFLUENCE OF THERMOPLASTIC POLYURETHANE AND SYNTHESIZED POLYURETHANE ADDITIVE IN PERFORMANCE OF ASPHALT PAVEMENTS”, *Construction and Building Materials*, vol. 166, ISSN 0950-0618, marzo 2018.**

En Irán, Behrokh et al. [13] concluyeron que la adición de poliuretano produce una mejora en la estabilidad, la cual aumenta al igual que la consistencia ante factores que aceleran el rápido deterioro. Además, se observó que en cuanto mayor era el porcentaje de adición, mayor era la resistencia; sin embargo, cuando se sobrepasa el 5% se presenta una disminución de la sensibilidad a la temperatura. Por otro lado, con respecto a las propiedades elásticas y de rigidez del ligante asfáltico, se alcanzan resultados eficaces para porcentajes mayores a 3% de adición. Es necesario precisar que la penetración del asfalto para proporciones de 0%, 3%, 5% y 7% de poliuretano termoplástico indican valores aproximados de 90 mm, 70 mm, 55 mm y 45 mm, respectivamente; entre tanto, el punto de reblandecimiento aumenta desde alrededor de 45 que corresponde al asfalto convencional, hasta 55 que representa la adición de 7% de TPU.

**C L. Zhang, H. Wang, C. Zhang y S. Wang, “LABORATORY TESTING AND FIELD APPLICATION OF DEVULCANIZED RUBBER/SBS COMPOSITE MODIFIED ASPHALT”, *Case Stud. Construction Mater.*, vol. 19, diciembre de 2023.**

Tal como se menciona en [14], se llevó a cabo una investigación en China con un asfalto de alta consistencia (70#), donde se realizó la adición de 2 y 4% del polímero SBS en peso del ligante, en combinación con caucho desvulcanizado no tan significativamente y con micronanoescamas. Dentro de los ensayos realizados, se pudo determinar que la ductilidad a bajas temperaturas (5° C) fue de 18 cm cuando solo se adicionó 2% de SBS y de 37 cm con 4% del mismo contenido del polímero.

Del mismo modo, al realizar el diseño de la mezcla asfáltica, se determinó que la capacidad de resistencia a la deformación fue de 11.2 kN, y 12.17 kN, para los mismos contenidos de adición, respectivamente.

## **Bases teóricas**

### **Pavimento**

El pavimento, como se precisa en [15], constituye una estructura conformada por diversas capas que se apoyan sobre la subrasante de diseño. Su función es resistir las cargas y realizar una repartición de los esfuerzos generados por el flujo vehicular durante el periodo de vida útil para el cual se diseñó. Asimismo, su característica de funcionalidad permite el mejoramiento de las condiciones del tránsito y con ello la seguridad para los usuarios.

Respecto a las características que debe reunir la estructura, Montejo [16] explica que el pavimento debe ser durable y mostrar resistencia frente a las cargas reiteradas de tránsito, así como también ante factores de intemperismo y al desgaste que será generado por las llantas. Del mismo modo, la textura de la superficie debe estar en concordancia con la velocidad de diseño debido a su alto dominio sobre la seguridad vial; la regularidad transversal y longitudinal de la misma debe garantizar el confort, incluso el color influye en el manejo de los reflejos en los usuarios, por lo que debe ser el adecuado. Además, para su construcción se recomienda la existencia de una relación calidad-costos favorable.

### **Pavimento Flexible**

Según [15], es una estructura en la que la capa de rodadura está conformada por materiales bituminosos y se apoya sobre dos capas granulares no rígidas, las cuales se denominan base y subbase, aunque es posible omitir una de estas en función de lo estipulado en el proyecto.

La designación de flexible está dada a causa del comportamiento elástico que presenta; es decir, cuando la carga se desplaza a lo largo de la superficie, el pavimento se deforma y, cuando la carga cesa, se recupera.

### **Materiales asfálticos**

De acuerdo con [20], el asfalto se puede presentar en estado líquido, sólido o semisólido, y su característica objetiva más resaltante es el color oscuro. El proceso que da lugar a este material, en el caso de que su obtención sea de carácter industrial, es la destilación del petróleo crudo; es decir, constituye un residuo de dicho tratamiento. Por otra parte, Montejo [16] explica que el asfalto se clasifica como natural cuando resulta de la interacción del petróleo crudo que asciende por medio de aberturas hasta la superficie de la Tierra de forma natural, debido a que, por efectos de la acción del sol y el viento, se produce la separación entre aceites ligeros y gases, originando el residuo en mención y que, generalmente, contiene una gran cantidad de arcilla.

Según [16], dentro de los diversos ligantes asfálticos encontramos: Asfaltos de penetración, asfaltos líquidos y emulsiones asfálticas.

## **Mezclas bituminosas**

Las mezclas bituminosas, también denominadas concreto asfáltico y cuya utilización corresponde a la carpeta de rodadura que se ubica en la parte superior de los pavimentos flexibles, son aquellas que resultan de la unión entre materiales ligantes (cemento asfáltico) y agregados pétreos que presentan una granulometría bien gradada, como se manifiesta en [16]. Su uso se remonta al inicio del siglo y tiene diversas aplicaciones, incluso en otras infraestructuras además de las carreteras y aeropistas.

### **Mezcla asfáltica en caliente**

Es una combinación uniforme de agregados revestidos con cemento asfáltico. Su denominación “en caliente” está dada por el calentamiento previo al mezclado que se le debe realizar tanto al asfalto como a los agregados con el objetivo de que estos últimos se sequen y que el ligante tenga una fluidez adecuada para garantizar la trabajabilidad y el mezclado [16].

### **Componentes de la mezcla asfáltica**

Las mezclas asfálticas, en conformidad con [18], están compuestas por agregados minerales, que resultan de la trituración de rocas; el relleno constituido por el filler; asfalto y, en casos especiales, se les suele añadir aditivos, también denominados modificadores. La interacción entre estos agregados genera fricción, lo que posibilita el desarrollo de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, en conjunto con la cohesión, para la cual influyen las propiedades del ligante asfáltico, que a su vez son las que determinan una mejor compactación en base a sus propiedades reológicas, y la mezcla fina.

#### **a) Cemento asfáltico**

Constituye un ligante denso conseguido por destilación al vapor del residuo. Su calidad está estrictamente relacionada con las propiedades del petróleo crudo a través del cual se obtuvo. Además, Menéndez [18] expresa que existe un sistema de clasificación del cemento asfáltico, que ha sido cambiante, basado en ensayos de penetración a una temperatura de 25° C. Sin embargo, esto no representa un indicador del todo completo, puesto que el pavimento no va a estar expuesto a una misma temperatura durante su vida útil. Debido a ello, se realizan otros ensayos, tales como la estimación de la viscosidad absoluta a una temperatura de 60° C y la cinemática a 135° C. Actualmente, en Estados Unidos se emplea el Método Superpave, que brinda además un intervalo que considera un mínimo y máximo de temperatura del asfalto.

La elección del cemento asfáltico a emplear para el diseño del pavimento se basa en las características del lugar; de acuerdo con la temperatura media anual, tal como se muestra:

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

**TABLA 1:** Selección del tipo de asfalto en base a la temperatura [6]

La denominación de estos asfaltos se basa en el grado de penetración o rangos de consistencia. Así, la penetración del asfalto 60-70 se encuentra en un intervalo de 60 y 70 décimas de milímetros [16].

Además, en [16] se detalla que este componente de las mezclas asfálticas debe ser homogéneo, sin agua e incapaz de generar espuma cuando es sometido a la temperatura de 175°C.

El MTC pone a consideración también que el cemento asfáltico puede ser modificado mediante adiciones de diversas condiciones; sin embargo, ha de asegurar la calidad del resultado final mediante ensayos.

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
<b>Pruebas sobre el Material Bituminoso</b>											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de inflamación	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99.0		99.0		99.0		99.0		99.0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) <sup>1</sup>	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) <sup>2</sup>											
Solvente Nafta - Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta - Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano - Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
<b>Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5h</b>											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1.0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm <sup>3</sup>	MTC E 306			50		75		100		100	

(1), (2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.

(3) Si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 °C es mínimo 100 cm a la velocidad de 5 cm/min.

**TABLA 2:** Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración [6]

Características	Grado de Viscosidad				
	AC-2,5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises	250±50	500± 100	1.000±200	2.000±400	4.000±80
Viscosidad Cinemática, 135°C St mínimo	80	110	150	210	300
Penetración 25°C, 100gr, 5 s mínimo	200	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C mínimo	163	177	219	232	232
Solubilidad en tricloroetileno, % masa, mínimo	99	99	99	99	99
<b>Pruebas sobre el residuo del ensayo de película fina</b>					
> Viscosidad Absoluta 60°C, Poises máximo	1.250	2.500	5.000	10.000	20.000
> Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm, mínimo	100	100	50	20	10
Ensayo de la Mancha (Oliensies) <sup>1</sup>					
So veinte Nafta - Estándar	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Nafta - Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Heptano - Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

(1) Porcentajes de solvente a usar, se determinara si el resultado del ensayo indica positivo.

**TABLA 3:** Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad [6]

#### b) Agregados Pétreos

En la carpeta de rodadura constituida por la mezcla asfáltica, tienen la función de brindar soporte frente a las cargas generadas por los vehículos, para luego transmitir las, en menor intensidad, hacia las demás capas del pavimento. Por tanto, el comportamiento de las mezclas y los daños durante la vida útil, tales como ahuellamiento y fatiga, van a depender en gran medida los agregados, como se explica en [19].

De acuerdo con el análisis granulométrico, Menéndez [18] menciona que los agregados se separan en función de la malla N° 4: aquellos que tenga mayor tamaño que las aberturas de dicha malla, se denominan agregados gruesos. Estos, según [16], provienen de la trituración de rocas o gravas, o de un conjunto de ambas; y será un material libre de polvo, tierra y demás partículas que dificulten su adhesión íntegra con el ligante; no existirá demasía de partículas llanas y oblongas en cuanto a forma ni flexibles o disgregadas, respecto a propiedades mecánicas; es decir, deben ser resistentes y durables.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción*	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

\* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores solo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica

La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y el 50% tiene dos caras fracturadas

**TABLA 4:** Requerimientos para los agregados gruesos [6]

Los agregados no retenidos por la malla N°4 son nombrados finos o arena. De acuerdo con Montejo [16], estas partículas deben estar exentas de materiales que imposibiliten la adherencia del asfalto, con textura rugosa y lados angulosos.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

\* \* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores solo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica

**TABLA 5:** Requerimientos para los agregados finos [6]

- **Gradación para MAC:**

Los agregados que se emplearán para la mezcla asfáltica en caliente deberán ser gradados de acuerdo con los requerimientos establecidos por el MTC, los cuales hacen que se ajusten a ciertos husos granulométricos [6].

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

**TABLA 6:** Gradación para MAC [6]

**c) Filler**

Cuando el material no retenido en la malla N° 200 es insuficiente (no cumple con las especificaciones técnicas), entonces se opta por añadir filler para complementar, siendo frecuentemente cal hidratada, cuyos requisitos se detallan en la norma AASHTO-M303; o cemento o polvo de otros materiales, en cuyos casos se regirán a la norma ASTM D-242, tal como se menciona en [6].

**Mezclas de agregados**

El diseño de la mezcla asfáltica se desarrollará teniendo en cuenta las condiciones del proyecto y las características que este exija con respecto a la calidad y al tipo [6]. En base a ello, el MTC plantea lo siguiente:

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall MTC E 504</b>			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8- 16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	<u>Ver tabla 423-10</u>		
<b>Inmersión - Compresión (MTC E 518)</b>			
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.

**TABLA 7:** Requisitos para mezcla de concreto bituminoso [6]

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %
	Marshall
2,36 mm (N.º 8)	21
4,75 mm (N.º 4)	18
9,50 mm (3/8")	16
12,5 mm (1/2")	15
19,0 mm (3/4")	14
25,0 mm ( 1")	13
37,5 mm (1 1/2")	12
50,0 mm (2")	11.5

Nota: Los valores de esta tabla serán seleccionados de acuerdo al tamaño máximo de las mezclas que se dan en la Subsección 423.02(c). Las tolerancias serán definidas puntualmente en función de las propiedades de los agregados.

**TABLA 8:** Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA) [6]

### Asfaltos modificados

Existen limitaciones respecto a algunas propiedades de las mezclas asfálticas, las cuales se evidencian cuando son sometidas, por ejemplo, a cargas elevadas producto de un alto volumen de tráfico, bajo la exposición a factores ambientales y durante el tráfico canalizado [18].

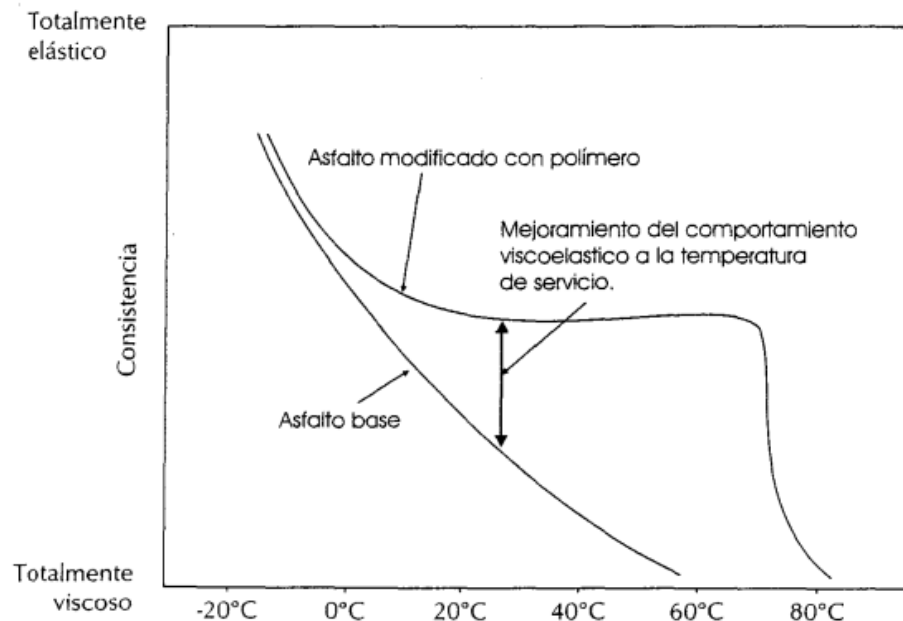
Es necesario tener en cuenta que no es algo reciente, pues se viene adicionando polímeros al asfalto incluso por más de 60 años [18]. Asimismo, se detalla que con el surgimiento de la clasificación según el grado de desempeño del asfalto se priorizó más este tipo de pruebas.

#### a) Objetivo de la modificación

Montejo [16] explica que la modificación del asfalto permite la manipulación de sus características mecánicas, siempre en la búsqueda de la uniformidad de estas frente a un extenso intervalo de temperaturas y que con ello se transforme en un fluido viscoso, puesto que, el asfalto convencional muestra una variación constante en función de la temperatura en servicio.

Entre otras características importantes a considerar en el asfalto para un mejor comportamiento de las mezclas frente a altas cargas de tráfico y cuando se expone elevadas temperaturas, se encuentra el aumento de la recuperación elástica; así como su rigidez mientras se encuentra operando ante el efecto de temperaturas bajas. Además, como Menéndez [18] manifiesta, es posible mejorar la susceptibilidad térmica, resistir los efectos de la humedad y evitar las fisuras por fatiga.

Con la adición de polímeros al cemento asfáltico se pretende mejorar, para un amplio rango de temperaturas, la consistencia, como se muestra:



**FIGURA 1:** Asfalto convencional vs Asfalto con incorporación de polímeros [16]

## Polímeros

Un polímero es una macromolécula que se forma a partir de la repetición de pequeñas unidades moleculares que se juntan entre sí por enlaces covalentes, a través de un proceso químico que se denomina reacción de polimerización [20].

Las unidades simples que se combinan generalmente son equivalentes a monómeros y sus reacciones van a estar determinadas en función de los tipos de moléculas involucradas. En consecuencia, si existe un solo tipo se conoce como homopolimerización; en cambio, cuando se trata de dos o más tipos de moléculas en la cadena repetitiva está referido a la copolimerización [21].

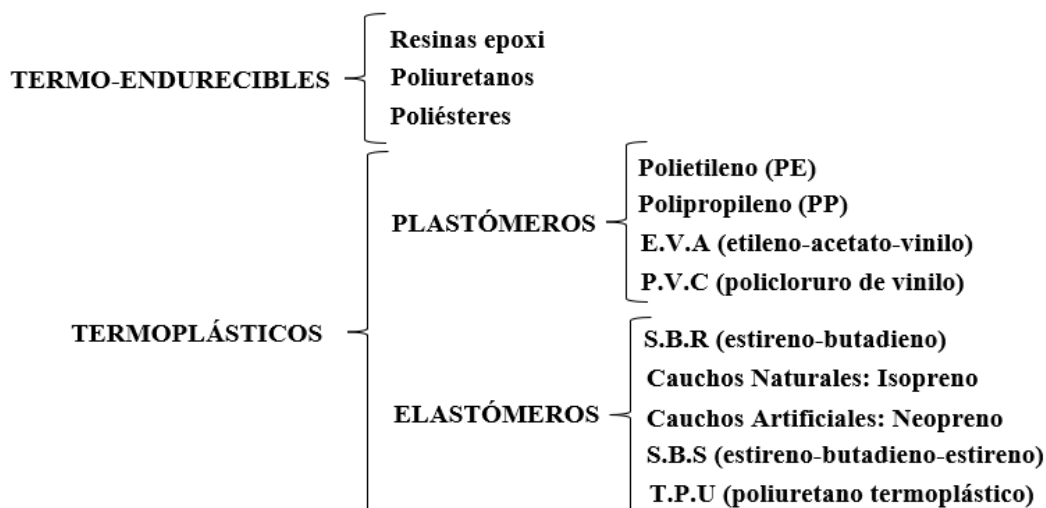
## Clasificación de polímeros

Debido a que existe una gran cantidad de polímeros, resulta complicado detallar todos. Por ello, de acuerdo con sus características factibles para el uso vial como se explica en [16], es posible clasificarlos de la siguiente manera:

- a) **Termo-Endurecibles:** Son del tipo de polímeros que no pueden ser recuperados debido a que poseen una composición reticulada entre base y enderezador, generada mediante una reacción química.

b) **Termoplásticos:** Polímeros que por lo general muestran repetición lineal o con cadenas ramificadas. Pueden ser reblandecidos cuando son sometidos a la acción del calor e incluso son capaces de fluir. Se muestran dos grupos:

- **Plastómeros:** Su característica principal es que tienen poca recuperación elástica cuando están bajo sollicitaciones. Es decir, superan rápidamente el esfuerzo de fluencia al ser estirados y, de esta manera, al sufrir deformaciones no regresan a su longitud inicial.
- **Elastómeros:** Polímeros con buenas propiedades elásticas, la cuales vienen dadas por su composición reticulada incompleta como resultado del proceso de vulcanización.

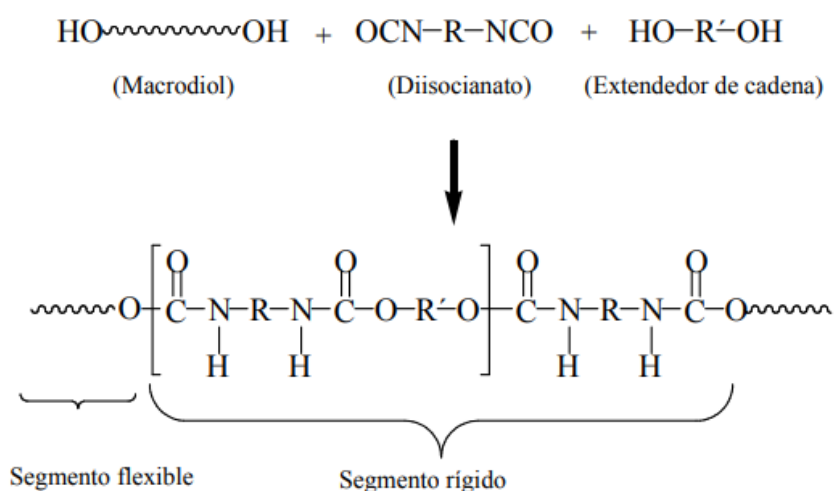


**TABLA 9:** Clasificación de Polímeros [16]

### **Poliuretano termoplástico (TPU)**

Forma parte de la familia de los elastómeros; es decir, son polímeros que presentan una estructura de cadena lineal. Según [22], es el resultado de la interacción de tres elementos: diisocianatos; dioles de cadena lineal, uno que posee elevado peso molecular, pudiendo ser también considerado como polioliol de cadena larga y, el otro diol, que trabaja como extendedor de cadena y muestra un peso molecular bajo.

En la estructura interna del poliuretano termoplástico se diferencian dos segmentos que le otorgan la denominación de copolímero en bloque [22]. El primero es flexible y está constituido por el primer componente polioliol mencionado anteriormente; entre tanto, el segmento rígido lo conforman el diol de bajo peso molecular y el diisocianato, como se muestra:

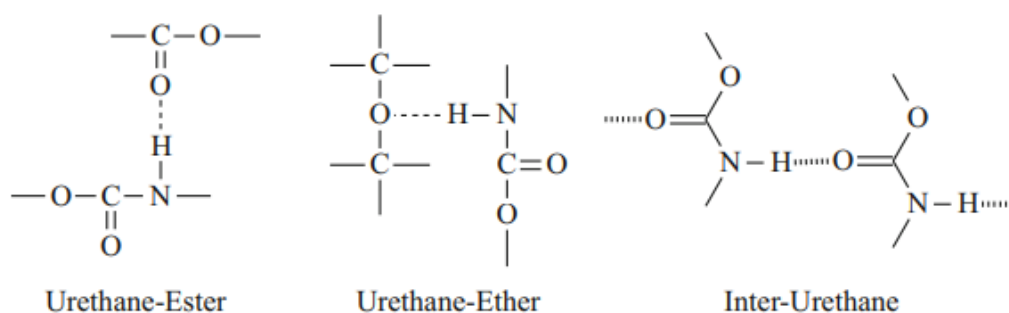


**FIGURA 2:** Reacciones que forman los poliuretanos termoplásticos [22]

Además, como se explica en [23], el segmento flexible y rígido del elastómero se juntan mediante enlaces covalentes y de hidrógeno. Asimismo, se dice que los grupos uretanos se distinguen por su facultad de agruparse de forma autónoma generando enlaces de hidrógeno, paralelos o no, de carácter lineal; los cuales permiten una mejor homogeneidad de las cadenas de polímeros.

En términos generales, para los poliuretanos se necesita un desempeño elastomérico en el cual la red sea significativamente flexible [23]. En consecuencia, se requiere que las interacciones entre moléculas sean en un menor grado, así como deben existir entrecruzamientos que anulen el resbalamiento de las cadenas entre sí. Sin embargo, en el caso de los poliuretanos termoplásticos (TPU), la condición para que mantengan sus características naturales auténticas es el poseer una estructura entrecruzada reversible, por lo que se pueden tratar térmicamente [24].

Se presentan dos alternativas para la producción del poliuretano termoplástico (TPU) y se basan en el tipo de familia de los polioles para la reacción, pudiendo ser a base de poliéster o de poliéter, variando las propiedades finales del material.



**FIGURA 3:** Interacciones de puentes de hidrógeno en poliuretanos [23]

## Ensayos de laboratorio

En concordancia con lo estipulado en [25], se muestra una breve descripción de los siguientes ensayos:

### a) Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos – MTC E 204

Sirve para determinar la gradación que existe en una mezcla de agregados. Para ello, se emplean un conjunto de tamices de diferentes aberturas cuadradas ya definidas dispuestas en orden de mayor a menor, a través de las cuales las partículas de agregados gruesos y finos van a ser distribuidas.

#### Equipos de laboratorio

- Balanza con sensibilidad mínima de 0.1% del peso de la muestra.
- Tamices.
- Estufa con la capacidad de sostener una temperatura uniforme de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### Procedimiento

- Elegir los tamices que aseguren los requisitos de las especificaciones del material que se ensayará, de mayor a menos abertura.
- Demarcar el material que se introduce en un tamiz de tal manera que en el proceso de tamizado se logre contener todas las partículas.
- Estimar el peso retenido de agregados en cada tamiz
- El resultado será validado si el peso total del material después del tamizado no difiere en más de 0.3% del peso original ensayado, respecto a este último.

### b) Resistencia al desgaste en máquina de los Ángeles - MTC E 207

Se emplea para evaluar la resistencia a la degradación de los agregados luego de ser sometidos a cargas abrasivas y de impacto cuando son introducidos a la máquina de los Ángeles.

#### Equipos de laboratorio

- Balanza con capacidad de estimar el peso con aproximación de 1g.
- Estufa capaz de sostener la temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Tamices.
- Máquina de los Ángeles: Compuesta por un cilindro de acero hueco.
- Carga abrasiva: esferas de acero que rotan en el tambor.

#### Procedimiento

- La muestra de agregados es colocada en la máquina de los Ángeles junto con las esferas de acero.

- El equipo rotará a una velocidad constante entre 30 y 33 rpm, con un total de 500 vueltas.
- Una vez finalizado el proceso de abrasión, el material ensayado es colocado en la malla número 10. Se verificará que el material retenido esté libre de polvo, pudiendo ser lavado o no dependiendo de ello, se seca a una temperatura entre 105 a 110°C y se procede a pesar.



**FIGURA 4: Resistencia al desgaste en máquina de los Ángeles**

**Fuente:** Propia, 2023

### c) **Porcentaje de caras fracturadas - MTC E 210**

A través de este ensayo se establece el porcentaje de agregados gruesos que tienen una, dos o más caras fracturadas, con respecto al material total.

#### **Equipos de laboratorio**

- Balanza de capacidad 5000 g y aproximación de 1 g.
- Tamices.
- Cuarteador, para obtener muestras representativas.
- Espátula.

#### **Procedimiento**

- Ampliar el área de la muestra para inspeccionar cada partícula. Lávese el agregado si es necesario para facilitar la inspección y detección de partículas fracturadas.
- Usar una espátula para separar las partículas redondeadas de las que tengan una o más caras fracturadas. Cuando los elementos redondeados presenten una fractura mínima no se clasificará como "partícula fracturada". Además, si se observa una fractura del 25 % o más de la superficie, entonces se considera fracturada.

- Pese las partículas fracturadas en los dos contenedores. Al finalizar con las partículas con una sola cara fracturada es necesario considerar la suma de ambos contenedores.

**d) Determinación de partículas chatas y alargadas - MTC E 221**

Consiste en determinar los índices de aplanamiento y alargamiento de los agregados pétreos que serán utilizados en el proyecto.

**Equipos de laboratorio**

- Calibradores metálicos
- Tamices.
- Balanza con sensibilidad mínima de 0.1% del peso de la muestra.
- Espátula, cuarteador de agregados, bandeja y similares.

**Procedimiento**

- Cada partícula se pasa por un calibrador de aplanamiento, donde la abertura va de acuerdo con la fracción de material a ensayar.
- Se pesa el material clasificado por las ranuras correspondientes ( $P_i$ ).
- El material alargado se obtiene pasando las partículas por el calibrador de alargamiento.
- Se pesa la muestra seleccionada que se retuvo entre barras específicas clasificadas ( $P_{ai}$ ).

**e) Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles - MTC E 219**

La finalidad es medir la cantidad de cloruros y sulfatos solubles presentes en los agregados pétreos que se utilizarán en el diseño .

**Equipos de laboratorio**

- Balanza con sensibilidad de 0.01 g.
- Mecheros
- Matraces aforados.
- Vasos de precipitado
- Pipetas
- Solución de Nitrato de Plata
- Solución de Cloruro de Bario
- Agua destilada

- Estufa
- Tubos de ensayo

### Procedimiento

- Secar la muestra en horno a 110 +/- 5°C y anotar su masa (A).
- El agregado se dispone en un vaso precipitado y se le añade agua destilada de tal manera que el nivel queda por encima 3 cm desde la parte superior de la muestra y se calienta hasta que ebulle.
- Agitar durante 1 minuto y repetir ciclos hasta completar cuatro agitaciones durante 10 minutos. Se debe dejar la muestra por lo menos 10 minutos en proceso de decantación o hasta que el fluido se muestre transparente. Después de ello, transferir a otros vasos para detectar las sales solubles.
- Una vez que los líquidos se han enfriado, se vacían en un matraz aforado, se mezclan con agua destilada y se determina la capacidad (B).
- Tomar una parte del volumen de la mezcla homogénea entre 50 a 100 ml, disponerla en un matraz aforado y anotar el volumen (C). Posteriormente, cristalizar la alícuota en un horno a 100 +/- 5°C y anotar su masa (D).

$$\% \text{ Sales Solubles} = \frac{1}{\frac{C \times A}{D \times B}} \times 100$$



**FIGURA 5: Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles**

Fuente: Propia, 2023

#### f) **Peso específico y absorción de agregados gruesos - MTC E 206**

El fin de este ensayo es determinar el peso específico seco, saturado con superficie seca, aparente y la absorción luego de 24 horas del agregado grueso.

#### **Equipos de laboratorio**

- Balanza con sensibilidad de 0.5 g.
- Cesta con malla de alambre

- Depósito de agua.
- Tamices
- Estufa con capacidad de sostener la temperatura en  $100 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

### Procedimiento

- Pesarse 5 kg de material y secar la muestra a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Luego, dejar a temperatura ambiente.
- Sumergir la muestra en el agua durante  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ .
- Retirar la muestra del agua y esparcirla en diferentes fracciones sobre un paño grande y absorbente hasta que desaparezca el agua visible. Se registra el peso.
- La muestra saturada con superficie seca se introduce en la cesta y se estima su peso en agua.
- Secar el material a una temperatura entre  $100 \text{ }^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C}$  y dejar temperatura ambiente durante 1 a 3h.



**FIGURA 6:** Peso específico y absorción de agregados gruesos

**Fuente:** Propia, 2023

### g) Método de Ensayo para el valor de equivalente de arena de Agregado Fino - MTC E 114

La finalidad es estimar el porcentaje de la muestra que proporcionalmente contiene polvo fino nocivo.

### **Equipos de laboratorio**

- Cilindro graduado de plástico.
- Tampón macizo de ajuste para el cilindro.
- Tubo con un extremo cerrado constituyendo una arista.
- Tubo flexible con pinza que favorezca la detención del paso la solución en su interior.
- Dos botellas con capacidad de 1 galón.
- Dispositivo para tomar lecturas.
- Recipiente metálico.
- Embudo.
- Cronometro.
- Agitador de operación manual.

### **Procedimiento**

- Llenar los cilindros graduados hasta  $4 \pm 0, 1''$  de la solución cloruro de calcio.
- Introducir con embudo la muestra de agregado en el cilindro y eliminar las burbujas de aire del fondo mediante golpes suaves. Se debe dejar la muestra en reposo remojándose un lapso de  $10 \pm 1$  minutos, para luego tapar el cilindro con el tapón, darle vuelta y agitarlo en posición horizontal durante 90 ciclos en un tiempo aproximado de 30 segundos.
- El cilindro será colocado en posición vertical sobre una base firme y el tapón será desplazado.
- Lavar el material presente en las paredes del cilindro por medio del tubo irrigador, el cual llegará hasta el fondo pasando por la muestra y generando una presión mientras la solución fluye a través de este. A su vez, esto origina que el material fino se coloque por encima de las partículas gruesas de arena.
- El cilindro en conjunto con la muestra dentro deberá permanecer en reposo para que se sedimente por  $20 \text{ min} \pm 15\text{s}$  desde que se retira el tubo irrigador.
- Se registra el nivel superior de la suspensión arcillosa.
- Equivalente de arena (EA)= (Lectura de arena/Lectura de arcilla) x100



**FIGURA 7:** Método de Ensayo para el valor de equivalente de arena de Agregado Fino  
**Fuente:** Propia, 2023

#### **h) Gravedad específica y absorción de agregados finos - MTC E 205**

La finalidad del ensayo es determinar el porcentaje de absorción bajo la sumersión en agua por el lapso de un día, peso específico seco, saturado superficialmente seco y aparente del agregado fino para determinar el volumen que ocupa dentro de la mezcla asfáltica.

##### **Equipos de laboratorio**

- Balanza con sensibilidad de 0.01 g.
- Estufa de  $110 \pm 5$  °C
- Frasco de 500 cm<sup>3</sup>
- Molde en forma de cono
- Varilla de apisonado

##### **Procedimiento**

- Colocar 500 g de la muestra en el frasco y llenar 500 cm<sup>3</sup> con agua destilada a una temperatura constante de  $23 \pm 2$  °C.
- Se deberán eliminar las burbujas de aire contenidas en el frasco mediante agitación y rotación de este.

- Estimar el peso del material más el agua y el frasco luego de ser llenado hasta la capacidad calibrada.
- Retirar la muestra del frasco y llevar a la estufa para el secado correspondiente.
- Determinar el peso del material luego de ser enfriada a temperatura ambiente durante un tiempo media a una hora y media.



**FIGURA 8:** Gravedad específica y absorción de agregados finos  
**Fuente:** Propia, 2023

**i) Determinación del Índice de Plasticidad (I.P.) – MTC E 111**

Mediante este ensayo se haya el índice de plasticidad y el límite plástico. Es un ensayo correspondiente a suelos y se utiliza en el diseño de mezclas asfálticas puesto que los agregados finos no deben presentar plasticidad.

**Equipos:**

- Espátula
- Recipiente de 115 mm de diámetro.
- Balanza con aproximación a 0.01 g
- Horno o estufa con capacidad de  $110 \pm 5$  °C
- Tamiz N° 40
- Agua destilada.
- Superficie de rodadura.

**Procedimiento**

- Mezclar la muestra de agregado seleccionada con agua destilada (15 a 20 ml) en el recipiente, hasta lograr una masa uniforme, para posteriormente trabajarla con la espátula. Durante el proceso se añadirá agua entre 1 a 3 ml en incrementos.
- Cuando la mezcla sea homogénea se proporcionarán un 35 golpes aproximando de la cazuela de bronce para lograr el cierre.
- colóquese una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa la base, y comprímase hacia abajo.
- Comprimir una parte de la muestra que se colocará sobre la cazuela, teniendo en consideración que no se deben inclinar las burbujas de aire.
- Por medio de la espátula se nivelará la muestra y se emparejará hasta que se logre obtener 1 cm de profundidad donde se tiene el mayor espesor.
- La velocidad de los golpes a través de la manija será de 1.9 a 2.1 golpes/seg, siguiéndose ese proceso hasta que las dos mitades de la masa entren en contacto con el fondo.
- Extraer una porción de la muestra del mismo ancho de la espátula, incluyendo la que estuvo en contacto y colocar en un recipiente idóneo.

**j) Azul de metileno – AASTHO TP 57**

Se realiza para estimar, a través del reactivo azul de metileno, la cantidad de componentes que pueden contaminar la mezcla asfáltica, tales como arcilla o materiales orgánicos, y que se encuentran presentes en los agregados finos.

**Materiales de laboratorio**

- Bureta o jeringa.
- Agitador magnético

- Varilla de vidrio
- Cronómetro
- Platón y tamiz N° 200
- Matraz volumétrico (1000 ml)
- Papel filtro
- Vasos precipitados (500 ml).
- Azul de Metileno
- Agua destilada
- Horno con capacidad de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$

### Procedimiento

- Pesar 10 gramos de muestra de agregado fino que pasa la malla n° 200 y colocarlos en un beaker.
- Verter agua destilada al recipiente y mezclar con la muestra mediante agitación.
- Añadir con la jeringa la solución de azul de metileno en dosificaciones de 0.5 ml en cada una y mezclar mediante agitación durante 60 segundos.
- Extraer mediante la varilla agitadora una gota de la mezcla y echar sobre el papel filtro. Este proceso se repetirá hasta que se observe en el papel que alrededor de la gota se ha constituido un anillo bien definido de color azul.
- Se repite nuevamente todo el proceso a modo de verificación y se estiman los cálculos luego de ello.



**FIGURA 9:** Ensayo Azul de metileno  
**Fuente:** Propia, 2023

**k) Solubilidad de materiales asfálticos en tricloroetileno - MTC E 302**

El ensayo determina el grado de solubilidad en tricloroetileno de materiales asfálticos que tengan o no poco material mineral

**Equipos y materiales de laboratorio**

- Balanza Analítica
- Estufa
- Crisol Gooch vidriado interior y exteriormente.
- Almohadillas de fibra de vidrio
- Frasco de vidrio
- Tubo filtrante
- Adaptador de caucho para el tubo.

**Procedimiento**

- Se coloca una capa de fibra de vidrio y el crisol gooch en un horno durante 15 minutos. Se dejará enfriar y se determina el peso lo más próximo en 1 mg. Luego se coloca en u frasco Erlenmeyer 2 gr de la muestra.
- Se procede a verter 100 ml de tricloroetileno agitándose para de esta forma desaparecer grumos. Se cubrirá el recipiente durante 15 minutos aproximadamente.
- Luego de mojar el tricloroetileno con el filtro de vidrio, coloque el crisol gooch que hayas preparado y pesado previamente en el tubo de filtración
- Una vez drenada la solución a mediante le filtro. Se lava el recipiente agregando el solvente. Luego se transferirá el material que no es soluble al crisol.
- Se procede a retirar el crisol, se lavará para que quede limpia de cualquier impureza no deseada, se llevara el crisol al horno hasta que tricloroetileno se haya esfumado totalmente. Se lleva a un horno el crisol, una vez frio el crisol se determina el peso de este que este próximo a 1 mg. Se repetirá secando y se pesará el peso constante.



**FIGURA 10:** Solubilidad de materiales asfálticos en tricloroetileno

**Fuente:** Propia, 2023

### 1) Método de Ensayo de Penetración - MTC E 304

Se muestra la consistencia del cemento asfáltico, en lo cual mientras mayor sea se obtendrá una consistencia aún más suave

#### Equipos y materiales de laboratorio

- Aparato de penetración.
- Aguja de Penetración.
- Recipiente cilíndrico, de metal o vidrio.
- Plato de Transferencia.
- Baño de agua.
- Dispositivo de tiempo.
- Termómetros de líquido

#### Procedimiento

- Se verifica si hay agua u otros materiales extraños Se debe usar una aguja larga si la penetración supera los 350, de lo contrario, se debe usar una aguja corta. La limpieza de la aguja es con tolueno u otro solvente apropiado. Luego se insertará la aguja en el penetrómetro.
- Se introduce la muestra de forma directa al parante sumergido del Penetrómetro. Se emplea el indicador de nivel para asegurar la nivelación correcta. Se apunta la lectura al día. Se posicionará la aguja rozando con la muestra.
- Se deben realizar tres mediciones en diferentes lugares de la superficie de la muestra, se empleará una distancia de al menos 10 mm del borde y separadas entre sí.
- Se usa una aguja que se encuentre limpia o esterilizada para muestra , si la penetración es mayor que 200, se usara 3 agujas en la muestra hasta que las tres determinaciones concluyan.
- Para cada determinación, se debe utilizar una aguja limpia. Si en caso la penetración supere los 200, se deben emplear tres agujas y mantenerlas en la muestra hasta que se realicen las tres determinaciones.



**FIGURA 11:** Ensayo de Penetración  
**Fuente:** Propia, 2023

#### m) Ductilidad de materiales bituminosos - MTC E 306

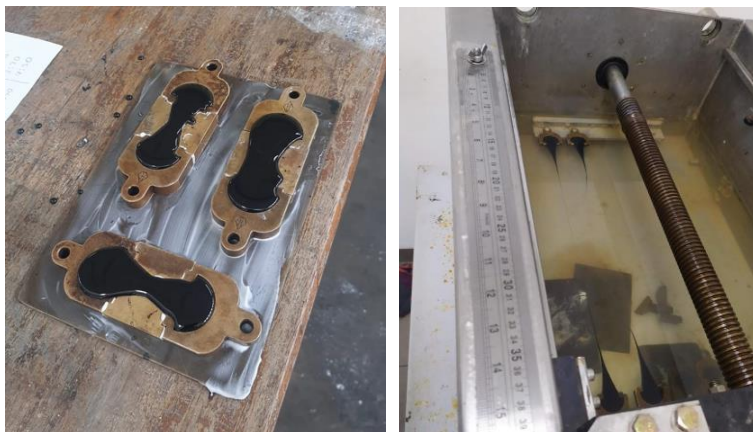
El proceso implica aplicar una fuerza de tracción y una muestra de materiales asfálticos a través de un ductilómetro.

##### Equipos y materiales de laboratorio

- Molde
- Placa
- Baño de agua.
- Ductilómetro
- Termómetro

##### Procedimiento

- Procede a ensamblarse el molde y la placa de bronce. En donde se cubre por completo la superficie de los lados y de la plancha.
- Luego se llevará la muestra a una temperatura caliente cuidadosamente. Se colará la muestra ya derretida a través de un tamiz N°50. Después, se vacía la muestra en un molde, se procede dejar la muestra con el molde a una temperatura ambiente durante media hora aproximadamente
- El coloca en un molde junto con la muestra y con una plancha de bronce y, se sumerge por hora y media aproximadamente en un baño de agua a una temperatura ya especificada. Se procede a extraer la briqueta del molde. Por último, se lleva a cabo el ensayo de la briqueta.



**FIGURA 12:** Ductilidad de materiales bituminosos  
**Fuente:** Propia, 2023

**n) Punto de inflamación mediante la copa abierta TAG - MTC E 312**

Mediante este ensayo se determina el punto intervalo en el cual ocurrirá la inflamación del ligante asfáltico.

**Materiales y equipos:**

- Probador de Inflamación
- Termómetros.
- Protector
- Reactivos

**Procedimiento**

- Se induce la copa de vidrio a un baño metálico, se procede a asegurar el termómetro para que se mantenga firme en posición vertical, entre la copa y el centro de esta (línea). El termómetro estará a 6.4 mm encima del fondo del interior que presenta la copa.
- El recipiente se llena con agua o agua -Glicol, la cual estará a una temperatura como mínima de 16.5 ° C debajo del material a ensayar.
- La copa tendrá un nivelador de dispositivo metálico, que se encontrará al borde. Luego se le agregará el material a utilizar hasta tocar el dispositivo metálico.
- Se procede a encenderse la llama, donde se ajustará esta al tamaño de la esfera o el agujero del dispositivo.
- Se induce calor para que la temperatura incremente.
- La temperatura será registrada usando el termómetro al momento que la llama cause un relámpago dentro de la copa.



**FIGURA 13:** Punto de inflamación mediante la copa abierta TAG

**Fuente:** Propia, 2023

#### o) Recuperación elástica por torsión- MTC E 320

##### **Materiales y equipos:**

- Cápsulas
- Varillas de vidrio.
- Espátulas
- Termómetro.
- Cronómetro.
- Estufa.
- Aparato de torsión.

##### **Procedimiento**

- Se toman todas las medidas necesarias para garantizar que la muestra tomada sea homogénea y no presenten contaminación.
- Se elige una cantidad de muestra para calentarla, luego agitarla para obtener una consistencia que permita ser vertida.
- Se ajusta el cilindro del aparato de torsión donde la base del fondo quede centrada con el fondo del recipiente. Además, se procede a enfriar la muestra durante 60min.
- Se introdujo un pasador en la parte del alojamiento que tiene el cilindro y se le hace girar 180° en sentido horario por un laxo de 3 o 5 segundos.



**FIGURA 14:** Recuperación elástica por torsión

**Fuente:** Propia, 2023

**p) Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall - MTC E 504**

Se utiliza para la definición del óptimo contenido del ligante asfáltico. Por lo cual se trabaja con diferentes porcentajes según criterio de experiencia, la cual tendrá una variación de 0.50 % en cada diseño.

**Equipos y materiales**

**Para los especímenes:**

- Moldes cilíndricos
- Molde de ensamblado para especímenes
- Placas de base
- Collarines de extensión
- Extractor de especímenes
- Martillos de compactación
- Pedestal de compactación.
- Sostén de molde para espécimen.
- Hornos
- Equipo misceláneo
- Guantes
- Crayones
- Cucharón
- Cuchara

**Para los ensayos de ductilidad**

- Cabezal de ruptura
- Máquina de cara a compresión
- Dispositivo de medida de carga.
- Medidor de flujo
- Baño de agua
- Horno
- Baño de aire
- Termómetros.

## **Procedimiento**

### **Para especímenes de ensayos**

- Los agregados son llevados el horno para su secado lo cual estará de 105 °C a 110 °C.
- Los materiales por usar de un pavimento se calentarán en depósitos lo cual estarán a 3°C de la temperatura. Se calentará el tiempo suficiente lo cual por experiencia de compactación se encuentran entre 120 °C a 135 °C.

### **Para la preparación de la mezcla**

- Se prepararán moldes para tres muestras, luego se utilizará el material de agregado requerido para las muestras compactadas de 63.5 mm  $\pm$  2,5 mm de altura. Después serán puestas a contenedores metálicos en horno a 8 °C a 11 °C.
- En algunos casos ciertos materiales bituminosos o producidos en planta requieren de ciertas técnicas para su curado.

### **Para la compactación de especímenes**

- Se realiza una limpieza al molde y a la cara del martillo de compactación, los cuales serán llevados a una temperatura entre 90 y 150 grados centígrados.
- Se usa papel no absorbente en la base del molde previamente antes de introducir la muestra. Luego se le aplicara el número que se requiere de golpes según el tipo de tráfico a trabajar.
- En el proceso del compactado manualmente el martillo tendrá que colocarse perpendicular a la base.

### **Para la estabilidad de flujo**

- Utilizará 3 muestras como mínimo lo cual tendrán la misma calidad de agregado, el mismo tipo y filler, el mismo ligante, su grado y cantidad.
- Después de compactarlos se dejará que las muestras se enfríen a temperatura ambiente. Se dejarán 24 horas de reposo después de la compactación.
- Se emergerán las muestras al agua durante 30 min, luego se llevarán las muestras a la temperatura especificada.
- Se hará limpiezas y lubricación de las guías para que se pueda deslizar sin problemas<sup>3</sup>

- Remover un espécimen del agua, horno o baño de aire y colocarlo en el segmento inferior del cabezal. Colocar el segmento superior sobre el espécimen y colocar el conjunto completo en la máquina de carga.
- El segmento superior se colocará sobre las muestras. El tiempo de estas no deben pasar de 30 segundos. Después se le aplicara una carga constante. Luego se procede a registrar datos en las cual se recomienda dos personas para la realización de este ensayo.

## Materiales y métodos

Dentro de los materiales encontramos a:

### Poliuretano Termoplástico

El elastómero termoplástico de poliuretano (TPU) será obtenido de la empresa proveedora IDC COMPONENTES S.A.C. que se encuentra en el distrito de Ate, en la ciudad de Lima, la cual se comprometió a vender cierta cantidad de kilogramos del material en mención que tienen en stock durante el desarrollo de sus actividades. A continuación, se detallan las especificaciones técnicas del producto requerido para la investigación:

Propiedad	Método	Unidad	Valor
Densidad	ISO 2781	gr/cm <sup>3</sup>	1.20
Dureza, Shore A	ISO7619-1	A	84
Resistencia a la tracción	ISO 22654	MPa	58.2
Alargamiento a la rotura	ISO 22655	%	570
Módulo 100%	ISO 22656	MPa	5.2
Módulo 300%	ISO 22657	MPa	14.8
Resistencia al desgarro (ángulo)	ISO 34-1	N/mm	83
Deformación permanente a 23°C	ISO 815-1	%	22
Resistencia a la abrasión	ISO 4649	mm	35
Punto de reblandecimiento Vicat	ISO306	°C	90

**TABLA 10:** Propiedades físicas típicas de TPU. Elaboración propia

### Asfalto

El cemento asfáltico que se empleó fue el PEN 60/70.

### Agregados

Los agregados se obtuvieron de la cantera Pátapo La Victoria y Tres Tomas Ferreñafe, que se ubican en el departamento de Lambayeque.

### Filler

El filler como mejorador de adherencia a considerar para el desarrollo de esta investigación fue en Cemento Portland tipo I.

Dentro de las características de esta investigación se tiene:

### Tipo de investigación

#### a) Según el fin perseguido

La presente investigación es de tipo aplicada en vista de que se busca mejorar las propiedades referidas al comportamiento elástico de las mezclas asfálticas para cambiar la realidad problemática del rápido deterioro de los pavimentos de asfalto.

### b) Según la metodología de estudio

De acuerdo con la metodología empleada, la investigación se distingue por ser de tipo experimental debido a que se evaluará la influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en las propiedades del asfalto y la mezcla asfáltica.

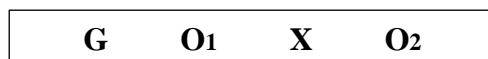
### c) Según el tipo de datos analizados

La investigación es cuantitativa dado que se analizarán los resultados, producto de la medición de las variables a través de indicadores, los cuales en el presente proyecto corresponden a los ensayos al asfalto y mezclas asfálticas.

### Nivel de investigación

El nivel de la presente investigación será explicativo en vista de que se pretende establecer una correlación entre la variable independiente y dependiente. Esto debido a que se busca evaluar la influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado sobre el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos con diferentes tipos de tráfico.

### Diseño de Investigación



**G:** Grupo de briquetas de mezclas asfálticas

**O:** Medición de los valores (propiedades definidas: asfalto y mezclas asfálticas)

**X:** Condición experimental

Se analiza la variación de la ductilidad y recuperación elástica del asfalto modificado, así como la estabilidad y fluencia de la mezcla con dichos ligantes, para analizar la influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos.

### Población y muestra

#### Población

En esta investigación la población estará conformada por 144 briquetas de mezclas asfálticas que estarán dadas de acuerdo a las proporciones que se detallan: el grupo control que corresponde a MAC convencional con contenidos de ligante de 4.5%, 5%, 5.5% y 6% en peso, para las cuales se realizarán un total de 36 briquetas que se analizarán para tráfico ligero, medio y pesado; mientras que, el grupo experimental constituido por MAC modificadas, para las cuales se trabajará con tres diferentes porcentajes de poliuretano termoplástico (5%, 10% y 15%) en proporción en peso de asfalto para los diferentes porcentajes de ligante considerado en el grupo control y para los tres tipos de tráfico por analizar, llegando a ser 108 briquetas.

Además, se considerarán 24 especímenes de cemento asfáltico para los ensayos de ductilidad y de recuperación elástica por torsión. El grupo control en cada ensayo lo componen 3 muestras; entre tanto, para el grupo experimental se requieren 3 muestras por cada porcentaje de adición de poliuretano termoplástico.

La población para tráfico ligero, medio y pesado será:

GRUPO CONTROL	Contenido del ligante	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%	TOTAL
	N° BRIQUETAS	3	3	3	3	12

**TABLA 11:** Grupo control

GRUPO EXPERIMENTAL	Contenido del ligante	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%	TOTAL
	Con 5% de TPU	3	3	3	3	12
	Con 10% de TPU	3	3	3	3	12
	Con 15% de TPU	3	3	3	3	12
	N° BRIQUETAS	9	9	9	9	36

**TABLA 12:** Grupo experimental

Además, los ensayos correspondientes al cemento asfáltico convencional y modificado:

	MATERIAL	DUCTILIDAD	RECUPERACIÓN ELÁSTICA
GRUPO CONTROL	Asfalto PEN 60/70	3	3
GRUPO EXPERIMENTAL	Asfalto con 5% de TPU	3	3
	Asfalto con 10% de TPU	3	3
	Asfalto con 15% de TPU	3	3

**TABLA 13:** Grupo experimental y control

### Muestra

De acuerdo con el muestreo realizado de carácter no probabilístico, se considera que la muestra será toda la población conformada por las briquetas de mezclas asfálticas.

### Rango de aplicación

El rango de aplicación de 5% representa el mínimo porcentaje considerado en la investigación [8], el 15% está dado por el valor recomendado en [10] que indica la mejor cohesión entre el poliuretano y el asfalto. Se optó por el 10% por ser un promedio de los porcentajes anteriores descritos.

### Variabes

#### Variable independiente

Adición de Poliuretano termoplástico granulado.

#### Variable dependiente

Comportamiento elástico de mezclas asfálticas

### Tabla de operacionalización de variables

VARIABLE	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	RANGO DE APLICACIÓN	MÉTODO DE MEDICIÓN
<b>Variable Independiente:</b> Adición de Poliuretano Termoplástico granulado	Cantidad de poliuretano termoplástico	% en peso de asfalto	5%, 10% y 15%	-

VARIABLE	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN
<b>Variable Dependiente:</b> Comportamiento elástico de mezclas asfálticas	Ductilidad	cm	Ductilidad de materiales bituminosos - MTC E 306 / Norma INV E-702-13
	Recuperación elástica por torsión	%	Recuperación elástica por torsión de asfaltos modificados - MTC E 320
	Estabilidad Marshall	Kg	Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall - MTC E 504
	Fluencia	mm	Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall - MTC E 504

VARIABLES INTERVINIENTES	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR	MÉTODO DE MEDICIÓN
Penetración del asfalto	mm	60 - 70	Metodo de Ensayo de Penetracion - MTC E 304 / ASTM D5
Punto de inflamación	°C	232 min.	Punto de inflamación mediante la copa abierta TAG - MTC E 312
Solubilidad en Tricloro-Etileno del asfalto	%	99 min.	Solubilidad de materiales asfálticos en tricloroetileno - MTC E 302
Tamaño de granos de poliuretano termoplástico	mm	< Malla N° 10	Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos - MTC E 204
Tamaño de agregados pétreos y filler	mm	-	Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos - MTC E 204
Abrasión de agregados	%	40 máx.	Resistencia al desgaste en máquina de los Ángeles - MTC E 207
Caras fracturadas de agregados gruesos	%	85/50	Porcentaje de caras fracturadas - MTC E 210
Partículas chatas y alargadas	%	10 máx.	ASTM 4791
Sales solubles totales de agregados	%	0.5 máx.	Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles - MTC E 219
Absorción de agregados gruesos	%	1 máx.	Peso específico y absorción de agregados gruesos MTC E 206
Durabilidad de agregados (al sulfato de magnesio)	%	18 máx.	Durabilidad al Sulfato de Sodio y Sulfato de Magnesio - MTC E 209
Equivalente de arena de agregados finos	Adimensional	60	Método de Ensayo para el valor de equivalente de arena de Agregado Fino - MTC E 114
Angularidad del agregado fino	Adimensional	30	Angularidad del agregado fino - MTC E 222
Índice de plasticidad (Malla n° 40)	%	NP	Determinación de límite plástico de los suelos e índice de plasticidad - MTC E 111
Índice de plasticidad (Malla n° 200)	%	4 máx	Determinación de límite plástico de los suelos e índice de plasticidad - MTC E 111
Absorción de agregados finos	%	0.5 máx.	Gravedad específica y absorción de agregados finos - MTC E 205

**TABLA 14:** Operacionalización de variables

Los métodos que se utilizaron fueron:

a) **Modificación del cemento asfáltico con TPU**

- **Preparación de la muestra:** El asfalto utilizado permanece en estado sólido a temperatura ambiente. Por ello, la muestra seleccionada tuvo que ser introducida en un horno y se mantuvo a una temperatura de 175°C durante 10 minutos, aproximadamente, hasta que se obtuvo el grado de fluidez adecuado.



**FIGURA 15:** Calentamiento del cemento asfáltico.

**Fuente:** Propia, 2023

La muestra de asfalto PEN 60/70 considerada para cada experimentación con diferentes porcentajes de adición fue de 5500 gr. En base a ello, se procedió a pesar el material elastómero de acuerdo con el rango de aplicación definido. Así pues, las muestras del polímero fueron:

PORCENTAJE TPU (%)	PESO (gr.)
5.00	275.00
10.00	550.00
15.00	825.00



**FIGURA 16:** Porcentaje de adición de TPU en peso de asfalto.

**Fuente:** Propia, 2023

- **Modificación del cemento asfáltico:** La mezcla Asfalto - Polímero se realizó en un molino coloidal de laboratorio. Con este equipo, la muestra de asfalto PEN 60/70 se

mantuvo a una temperatura de 175°C y luego se fue añadiendo lentamente el porcentaje de TPU en peso de asfalto hasta que se pueda evidenciar una mezcla homogénea.



**FIGURA 17:** Colocación de TPU en el molino coloidal

**Fuente:** Propia, 2023

Dentro del equipo, se mezclaron los materiales a 3500 rpm durante 40 minutos. En este tiempo, los materiales hicieron su recorrido sobre la superficie encerrada por un rotor cónico ranurado en su periferia y un estator de la misma forma interior ranurado que se mantiene fijo. Es necesario precisar, que el molino permitió regular, a través de un dispositivo de ajuste y sin afectar su funcionamiento, la finura del polímero para que la mezcla con el cemento asfáltico sea completamente homogénea.



**FIGURA 18:** Verificando una mezcla homogénea entre cemento asfáltico y TPU (sin trazas).

**Fuente:** Propia, 2023

**b) Determinación de las propiedades del cemento asfáltico**

Parte de los objetivos de investigación es evaluar las propiedades más representativas del cemento asfáltico modificado y compararlas con el cemento asfáltico convencional PEN 60/70.

**c) Diseño de Mezcla Asfáltica**

Se empleó el método Marshall para realizar el diseño de mezcla asfáltica en laboratorio con el cemento asfáltico modificado con polímero TPU.

Una vez ejecutada la modificación, es necesario realizar ensayos para verificar la calidad de los agregados de acuerdo con [6] y clasificar la mezcla asfáltica según sus características. Así pues, se realizó el ensayo de análisis granulométrico de varias mezclas de agregados gruesos y finos con distintos porcentajes para establecer con que especificaciones de MAC cumple y así determinar la fórmula de trabajo.

- **Realización de ensayos de calidad de agregados:** Con los procedimientos descritos anteriormente se llevaron a cabo los ensayos con agregados gruesos y finos, a fin de garantizar que se encuentren dentro de los parámetros.
- **Elaboración de briquetas:** Teniendo en cuenta la fórmula de trabajo obtenida del MAC, se procedió a elaborar las 144 briquetas de mezcla asfáltica.



**FIGURA 18:** Elaboración de briquetas.

**Fuente:** Propia, 2023

- **Determinación del contenido óptimo de asfalto:** Se determina el peso unitario y peso específico aparente de cada briqueta antes de proceder con el ensayo de estabilidad y el flujo mediante la prensa Marshall. Luego de la realización del ensayo, de cada 3 briquetas de igual porcentaje de asfalto ensayada se selecciona 1, con la cual se procedió a realizar el ensayo Rice para calcular el peso específico teórico máximo a un total de 48 briquetas.



**FIGURA 20:** Briquetas de mezcla asfáltica

**Fuente:** Propia, 2023

El óptimo contenido de cemento asfáltico se obtiene del peso unitario, vacíos al aire y Estabilidad.



**FIGURA 21:** Ensayo de peso unitario y peso específico aparente de las briquetas.

**Fuente:** Propia, 2023



**FIGURA 22:** Determinación de estabilidad y flujo mediante ensayo Marshall.

**Fuente:** Propia, 2023



**FIGURA 23:** Realización del ensayo Rice.

**Fuente:** Propia, 2023

**Estrategia de análisis de datos**

Los resultados de cada ensayo se analizaron mediante hojas de cálculo funcionales.

**Aspectos Éticos**

Durante el desarrollo del proyecto que comprende el proceso de investigación se ha cumplido con las especificaciones esenciales de la honestidad y el respeto a los derechos de autor a través de las citas y referencias de acuerdo con las normas IEEE. Del mismo modo, se verificó, mediante el empleo del software Turnitin, que el porcentaje de similitud sea menor de 25%.

## Resultados y discusión

### Resultados

#### A) Ensayos en agregados

##### a) Ensayo de Absorción de agregado grueso

Se obtuvo que la absorción del agregado grueso es de 0.87%.

Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire	4193.00 gr
Peso de la muestra seca en el aire	4157.00 gr
<b>Absorción (%)</b>	<b>0.87 %</b>

##### b) Ensayo de abrasión los Ángeles

El resultado del ensayo de abrasión del agregado grueso tomó un valor de 20.40%.

<b>Peso retenido en la malla 1"</b>	0.00 gr
<b>Peso retenido en la malla 3/4"</b>	0.00 gr
<b>Peso retenido en la malla 1/2"</b>	2500.00 gr
<b>Peso retenido en la malla N° 4</b>	2500.00 gr

Resultados luego de colocar los agregados en la máquina de los Ángeles:

<b>Peso retenido en la malla N° 10</b>	3980.00 gr
<b>Peso que pasa la malla N° 10</b>	1020.00 gr

<b>% Desgaste</b>	<b>20.40 %</b>
-------------------	----------------

##### c) Ensayo de Sales Solubles Totales

En ensayo de sales solubles totales de agregados, se obtuvo que para el agregado grueso el porcentaje de sales es de 0.45% y para el agregado fino de 0.48%.

DATOS	UNIDAD	MUESTRA (A.Fino)
Recipiente N°		2
Volumen recipiente + Solución	ml	50.00
Peso del recipiente + Solución	gr.	110.22
Peso del recipiente	gr.	53.55
Peso del recipiente + Muestra seca	gr.	53.82
Muestra seca	gr.	0.27
Peso del agua evaporada	gr.	56.40
Porcentaje de Sales Solubles Totales	%	0.48

DATOS	UNIDAD	MUESTRA (A.Grueso)
Recipiente N°		1
Volumen recipiente + Solución	ml	50.00
Peso del recipiente + Solución	gr.	108.14
Peso del recipiente	gr.	54.54
Peso del recipiente + Muestra seca	gr.	54.78
Muestra seca	gr.	0.24
Peso del agua evaporada	gr.	53.36
Porcentaje de Sales Solubles Totales	%	0.45

**d) Ensayo de Equivalente de arena**

En el ensayo de equivalente de arena del agregado fino se obtuvo un promedio de 61%, a partir de las siguientes muestras:

Altura de arena (cm)	3.60	3.40	3.50
Altura de arcilla (cm)	5.90	5.75	5.70
Equivalente de arena (%)	61.02	59.13	61.40

**e) Ensayo de Absorción de agregado fino**

Se determinó que la absorción del agregado fino es de 0.37%.

Peso muestra	500.00 gr.
Peso tara	73.67 gr.
Peso tara + Muestra seca	571.85 gr.
% Absorción	0.37 %

**f) Ensayo de Índice de Plasticidad (malla n° 40)**

Se pudo evidenciar, empleando la malla n° 40, que el agregado fino no presenta plasticidad.

**g) Ensayo de Índice de Plasticidad (malla n° 200)**

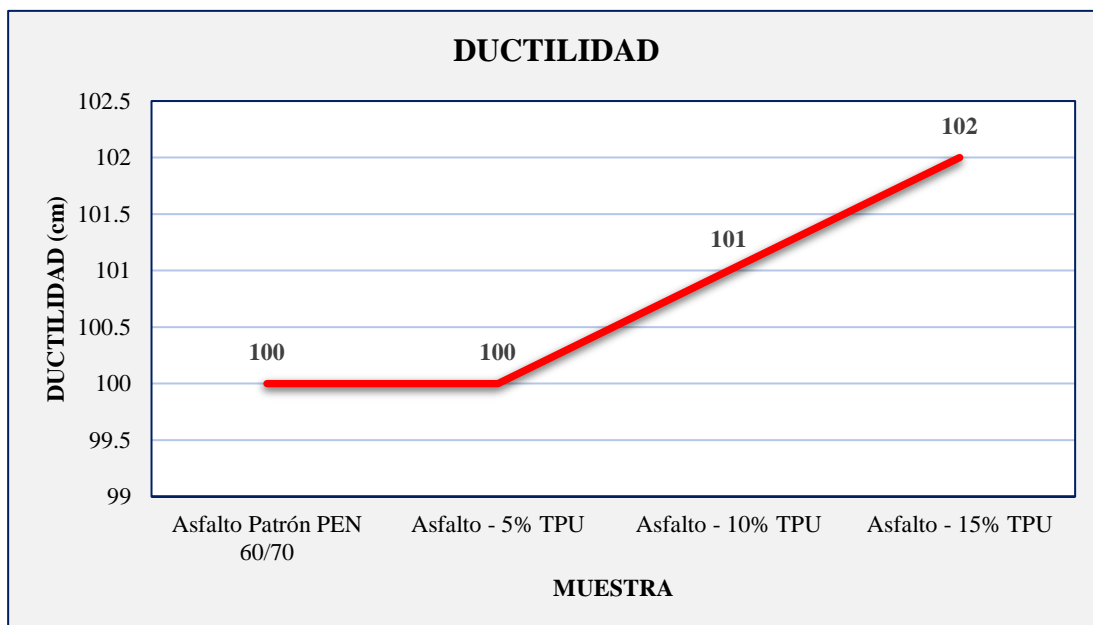
Fue posible apreciar, mediante el uso de la malla n° 200, que el agregado fino no presenta plasticidad.

**B) Ensayos en cemento asfáltico**

**a) Ensayo de Ductilidad**

Los resultados del ensayo de ductilidad del asfalto modificado con poliuretano termoplástico (TPU) muestran un ligero aumento respecto al asfalto patrón PEN 60/70, obteniéndose los siguientes valores:

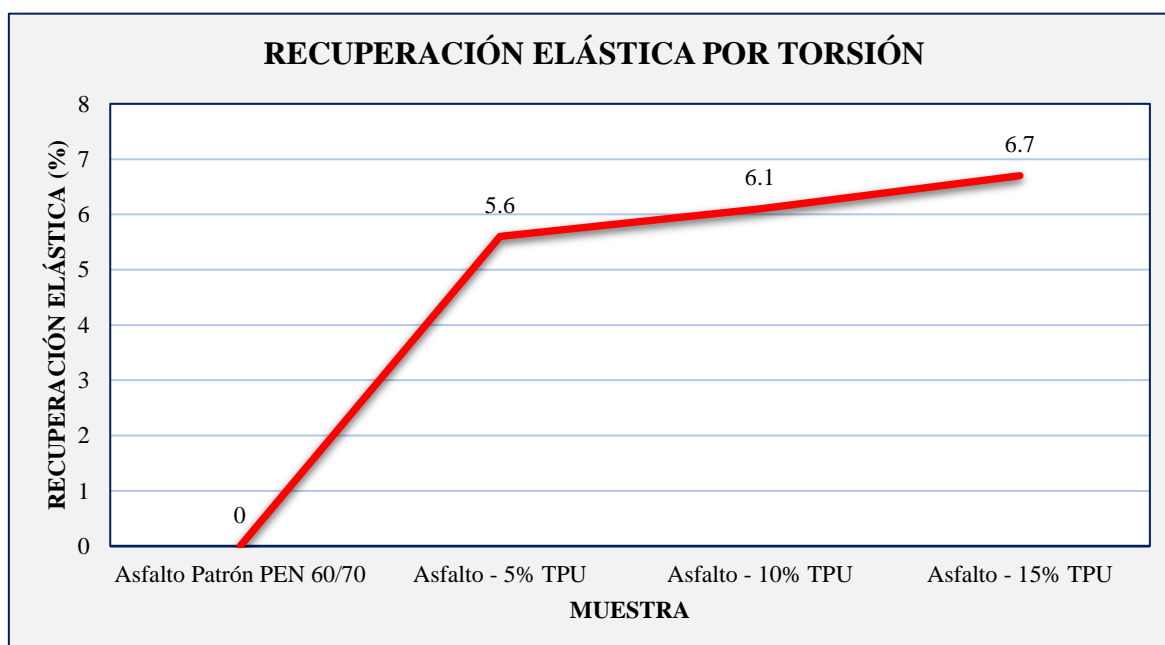
MUESTRA	DUCTILIDAD (cm)
Asfalto Patrón PEN 60/70	100
Asfalto - 5% TPU	100
Asfalto - 10% TPU	101
Asfalto - 15% TPU	102



### b) Ensayo de Recuperación elástica por torsión

La recuperación elástica del asfalto PEN 60/70 sin la adición del polímero fue nula; mientras que la del asfalto modificado evidenció resultados con tendencia creciente a medida que se aumentaba el porcentaje de TPU, tal como se sigue en los siguientes valores:

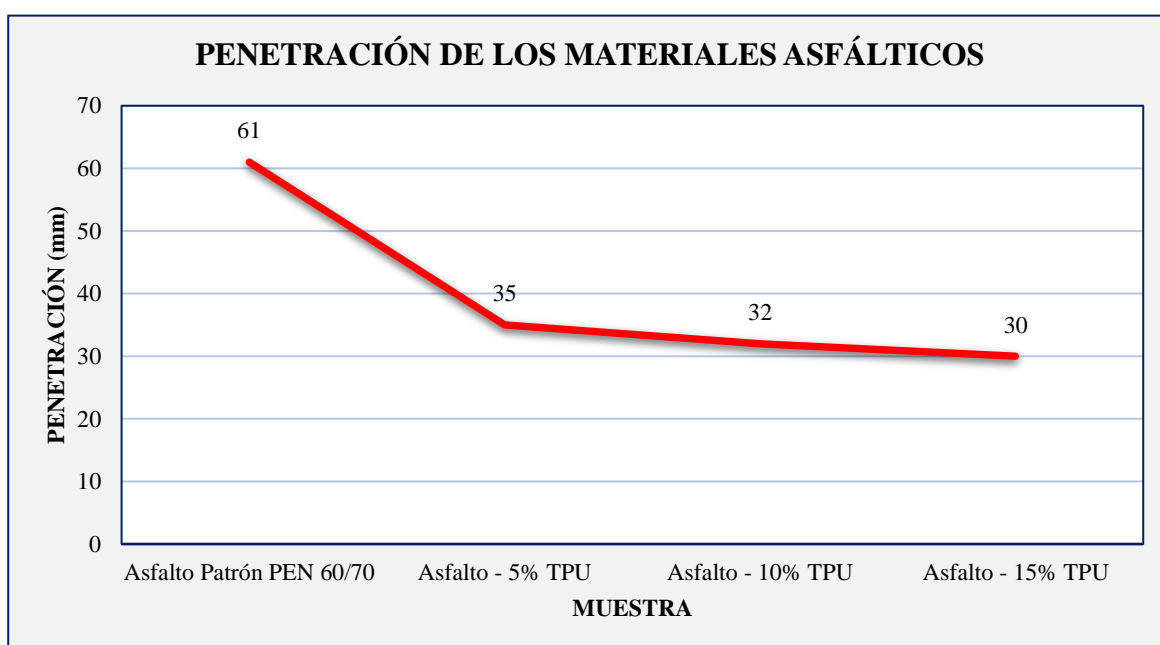
MUESTRA	RECUPERACIÓN ELÁSTICA POR TORSIÓN (%)
Asfalto Patrón PEN 60/70	0
Asfalto - 5% TPU	5.6
Asfalto - 10% TPU	6.1
Asfalto - 15% TPU	6.7



### c) Ensayo de Penetración

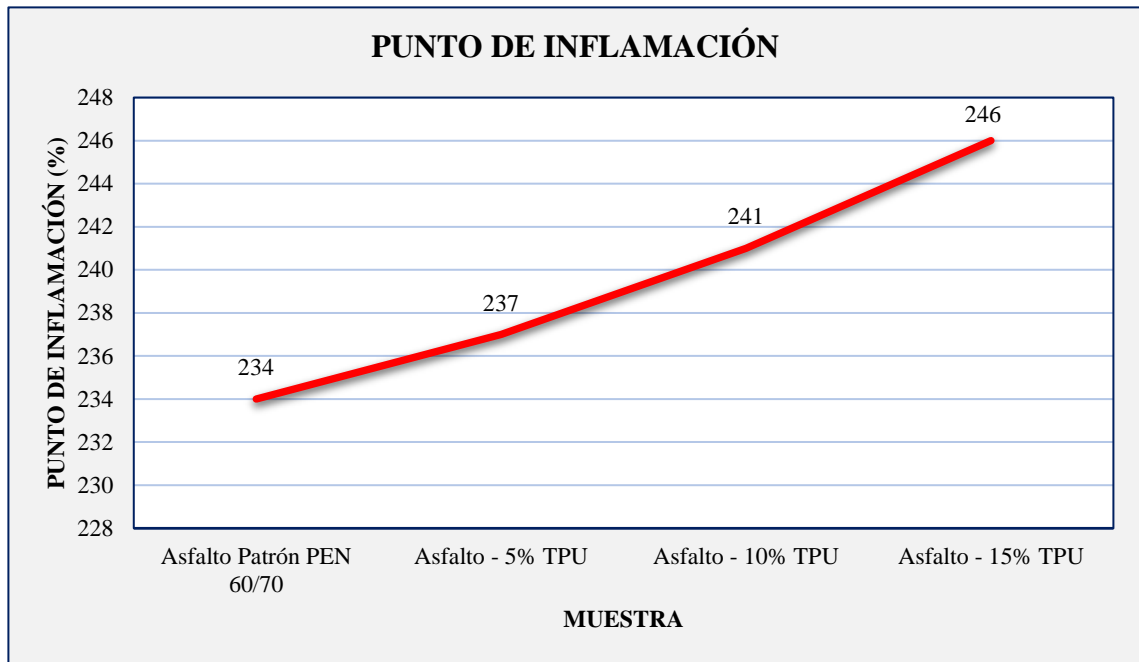
El resultado del ensayo de penetración del asfalto sin modificar fue de 61 mm; mientras tanto, los valores del asfalto modificado con TPU demuestran una relación inversamente proporcional, puesto que se muestra una tendencia decreciente a medida que se aumentaba el porcentaje del polímero, de la siguiente manera:

MUESTRA	ENSAYO DE PENETRACIÓN (mm)
Asfalto Patrón PEN 60/70	61
Asfalto - 5% TPU	35
Asfalto - 10% TPU	32
Asfalto - 15% TPU	30



PEN 60/70 y el asfalto modificado con diferentes porcentajes de TPU, siguiendo una tendencia creciente tal como se muestra:

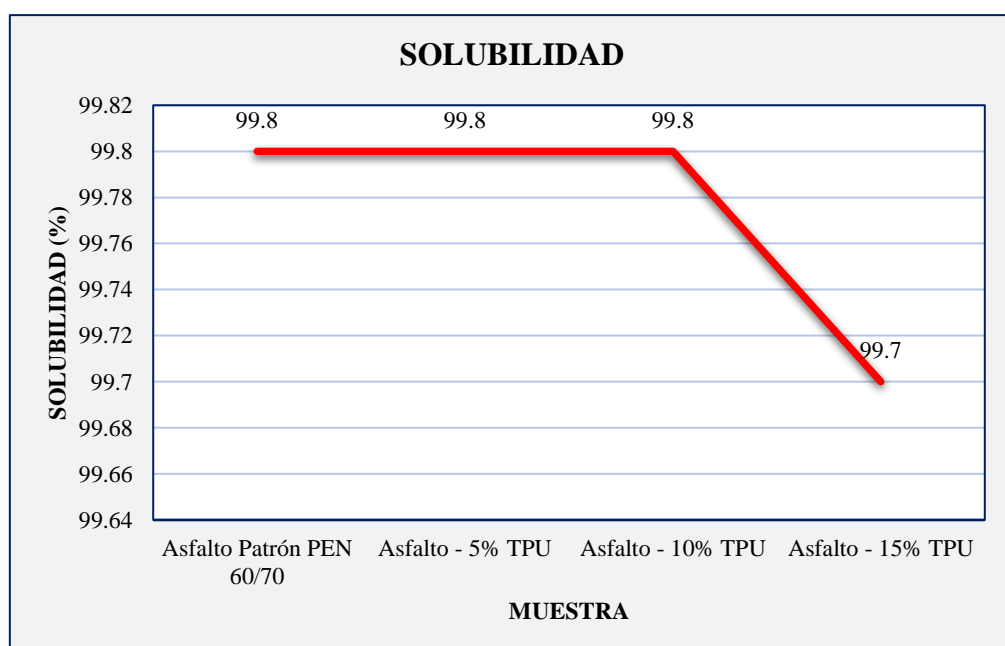
MUESTRA	PUNTO DE INFLAMACIÓN (%)
Asfalto Patrón PEN 60/70	234
Asfalto - 5% TPU	237
Asfalto - 10% TPU	241
Asfalto - 15% TPU	246



**e) Ensayo de Solubilidad en Tricloroetileno**

La solubilidad del asfalto modificado con 5% y 10% de TPU fue el mismo valor del asfalto convencional PEN 60/70 con 99.80%; en tanto, para el asfalto modificado con 15% de TPU se observó una disminución de 0.10% respecto a los primeros resultados mencionados.

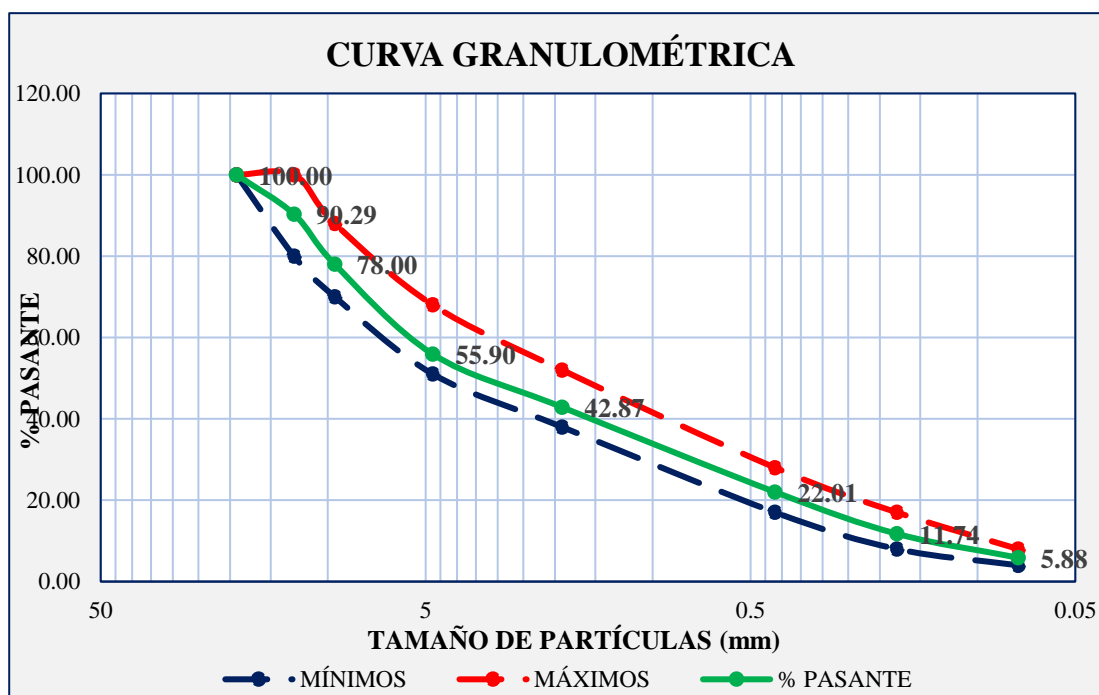
MUESTRA	SOLUBILIDAD (%)
Asfalto Patrón PEN 60/70	99.8
Asfalto - 5% TPU	99.8
Asfalto - 10% TPU	99.8
Asfalto - 15% TPU	99.7



### Diseño de Mezcla asfáltica

De acuerdo con el análisis granulométrico de la combinación de agregado grueso y fino para la mezcla asfáltica, luego de la preparación de diferentes mezclas de prueba y realización de ajustes propios, se logró encontrar una gradación correspondiente a los parámetros de MAC 2, según lo establecido en [6].

TAMIZ	ABERTURA TAMIZ (mm)	% PASANTE	MAC 2	
1"	25.400	100.00		
3/4"	19.100	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.700	90.29	80.00	100.00
3/8"	9.520	78.00	70.00	88.00
1/4"	6.350	66.99		
Nº 4	4.750	55.90	51.00	68.00
Nº 8	2.360	46.86		
Nº 10	1.900	42.87	38.00	52.00
Nº 16	1.190	35.32		
Nº 30	0.600	26.78		
Nº 40	0.420	22.01	17.00	28.00
Nº 50	0.300	16.85		
Nº 80	0.177	11.74	8.00	17.00
Nº 100	0.150	10.05		
Nº 200	0.075	5.88	4.00	8.00
FONDO		0.00		



En vista de los resultados obtenidos dentro de los parámetros, la fórmula de trabajo quedó de la siguiente manera:

#### FÓRMULA DE TRABAJO

Contenido de asfalto y asfalto modificado	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%
Porcentaje de agregado grueso	47.50%	47.50%	47.50%	47.50%
Porcentaje de agregado fino	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%
Porcentaje de filler	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
<b>TOTAL</b>	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

### C) Ensayo Marshall

#### a) Mezcla asfáltica con asfalto Patrón

El óptimo contenido de asfalto de la mezcla convencional se presenta a continuación:

Tipo de Tránsito	Liviano	Mediano	Pesado
Óptimo contenido C.A. (%)	5.8	5.4	5.5
Peso unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.246	2.23	2.242
Vacios (%)	4	3.2	3.05
Vacios del agregado mineral (%)	21.6	21.7	21.31
Vacios llenados de C.A. (%)	79	86	85.31
Flujo (mm)	4.5	3.9	3.47
Estabilidad (kg)	1460	1450	1369
Relación Polvo-Asfalto	0.98	0.91	0.94

Respecto a los valores de estabilidad, en todos los casos de óptimo contenido de cemento asfáltico convencional PEN 60/70 cumple con la normatividad peruana al superar los valores mínimos de 461.93 kg, 554.73 kg y 831.07 kg establecidos para tránsito liviano, mediano y pesado, en el mismo orden.

Para la mezcla C, se determinó que el caso más favorable es con 5.80% de asfalto porque alcanza una estabilidad de 1460 kg y un flujo de 4.50 mm. Mientras que, para la mezcla B el óptimo contenido de asfalto fue de 5.40% con una estabilidad de 1450 kg y un flujo de 3.90 mm. Por otro lado, en el caso de la mezcla A la estabilidad fue de 1369 kg y el flujo de 3.47 mm para un porcentaje de 5.50%.

#### b) Mezcla asfáltica con cemento asfáltico modificado con 5% TPU

El óptimo contenido de asfalto con 5% TPU se presenta a continuación:

<b>Tipo de Tránsito</b>	<b>Liviano</b>	<b>Mediano</b>	<b>Pesado</b>
Óptimo contenido C.A. (%)	5.8	5.7	5.2
Peso unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.25	2.27	2.27
Vacios (%)	4	3.4	4
Vacios del agregado mineral (%)	21.2	20.4	20.2
Vacios llenados de C.A. (%)	77	83	80
Flujo (mm)	4.45	3.51	4.06
Estabilidad (kg)	1725	2030	2350
Relación Polvo-Asfalto	0.98	0.97	0.88

La mezcla asfáltica con cemento asfáltico modificado con 5% de poliuretano termoplástico presenta una mejora significativa en las propiedades de estabilidad y flujo con respecto a la mezcla asfáltica convencional, en especial en las condiciones de alto tránsito que supera en un 71.66% la capacidad de resistir la carga máxima.

Para la mezcla C, se determinó que el caso más favorable es con 5.80% de contenido de asfalto en la mezcla porque alcanza una estabilidad de 1725 kg y el flujo de 4.45 mm. Mientras que, para la mezcla B el óptimo contenido de asfalto fue de 5.70% con una estabilidad de 2030 kg y un flujo de 3.51 mm. Por otro lado, en el caso de la mezcla A la estabilidad fue de 2350 kg y el flujo de 4.06 mm para un porcentaje de 5.20%.

### c) Mezcla asfáltica con cemento asfáltico modificado con 10% TPU

El óptimo contenido de asfalto con 10% TPU se presenta a continuación:

<b>Tipo de Tránsito</b>	<b>Liviano</b>	<b>Mediano</b>	<b>Pesado</b>
Óptimo contenido C.A. (%)	5.3	5.2	5.4
Peso unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.242	2.265	2.74
Vacios (%)	3	4	3.3
Vacios del agregado mineral (%)	21.2	20.4	20.2
Vacios llenados de C.A. (%)	86	80	84
Flujo (mm)	4.29	4.14	3.68
Estabilidad (kg)	1760	2080	2450
Relación Polvo-Asfalto	0.9	0.88	0.92

La mezcla asfáltica con cemento asfáltico modificado con 10% de adición de poliuretano termoplástico presenta una mejora significativa y con un menor porcentaje de ligante, en las propiedades de estabilidad y flujo con respecto a la mezcla asfáltica convencional: en las condiciones de alto tránsito que supera en 78.96% la capacidad de

resistir la carga máxima, en la mezcla B la supera en un 43.45% y en la mezcla C en un 20.55%.

**d) Mezcla asfáltica con cemento asfáltico modificado con 15% TPU**

El óptimo contenido de asfalto con 15% TPU se presenta a continuación:

<b>Tipo de Tránsito</b>	<b>Liviano</b>	<b>Mediano</b>	<b>Pesado</b>
Óptimo contenido C.A. (%)	5.5	5.2	5.4
Peso unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.21	2.241	2.23
Vacios (%)	3.2	2.15	3
Vacios del agregado mineral (%)	22.45	21.3	21.9
Vacios llenados de C.A. (%)	87	90	90
Flujo (mm)	4.72	3.3	3.68
Estabilidad (kg)	2000	2390	2570
Relación Polvo-Asfalto	0.94	0.88	0.92

La mezcla asfáltica con cemento asfáltico modificado con 15% de adición de poliuretano termoplástico presenta una mejora en las propiedades de estabilidad y flujo con respecto a la mezcla asfáltica convencional: en las condiciones de alto tránsito que supera en 87.73% la capacidad de resistir la carga máxima, en la mezcla B la supera en un 64.83% y en la mezcla C en un 36.99%.

Para la mezcla C, con un contenido óptimo de 5.50% la mezcla presenta una estabilidad de 2000 kg y el flujo de 4.72 mm. Asimismo, la mezcla B con 5.20% de cemento asfáltico modificado muestra una estabilidad de 2390 kg y un flujo de 3.30 mm. Por otro lado, en el caso de la mezcla A la estabilidad fue de 2570 kg y el flujo de 3.68 mm para un porcentaje de 5.40%.

**D) Costo unitario de producción de mezclas asfálticas convencionales y modificadas con TPU.**

Se determinó, tal como se esperaba, que todas las mezclas asfálticas con ligante modificado con Poliuretano Termoplástico (TPU) tienen un costo unitario por metro cubico mayor a las mezclas convencionales. A continuación, se muestra el análisis realizado para los tres tipos de tráfico de las mezclas patrón y, del mismo modo, para las mezclas con ligante modificado con 5% de TPU, que representa el más óptimo en esta investigación.

ASFALTO CONVENCIONAL - MEZCLA A					
Peso unitario de M.A.C		2242	kg/m <sup>3</sup>		
Rendimiento		340	m <sup>3</sup> /día	Costo por m <sup>3</sup>	624.27
INSUMOS	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					3.50
Operario	hh	2.75	0.0647	22.96	1.49
Peón	hh	3.00	0.0706	16.41	1.16
Oficial	hh	2.00	0.0471	18.16	0.85
<b>MATERIALES</b>					582.56
Asfalto PEN 60/70	gal	5.50%	31.9050	12.33	393.39
Piedra	m <sup>3</sup>	47.50%	0.7500	80.00	60.00
Arena	m <sup>3</sup>	50.00%	0.7473	60.00	44.84
Cemento (filler)	kg	2.50%	56.0500	0.67	37.59
Petróleo	gal		3.5820	13.05	46.75
<b>EQUIPO</b>					38.21
Herramientas manuales	%		5.0000	3.50	17.49
Planta de asfalto	hm	1.00	0.0235	470.80	11.08
Cargador frontal	hm	1.00	0.0235	150.20	3.53
Generador 400 kw	hm	1.00	0.0235	259.50	6.11

ASFALTO CONVENCIONAL - MEZCLA B					
Peso unitario de M.A.C		2230	kg		
Rendimiento		340	m <sup>3</sup> /día	Costo por m <sup>3</sup>	614.29
INSUMOS	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					3.50
Operario	hh	2.75	0.0647	22.96	1.49
Peón	hh	3.00	0.0706	16.41	1.16
Oficial	hh	2.00	0.0471	18.16	0.85
<b>MATERIALES</b>					572.58
Asfalto PEN 60/70	gal	5.40%	31.1573	12.33	384.17
Piedra	m <sup>3</sup>	47.50%	0.7460	80.00	59.68
Arena	m <sup>3</sup>	50.00%	0.7433	60.00	44.60
Cemento (filler)	kg	2.50%	55.7500	0.67	37.39
Petróleo	gal		3.5820	13.05	46.75
<b>EQUIPO</b>					38.21
Herramientas manuales	%		5.0000	3.50	17.49
Planta de asfalto	hm	1.00	0.0235	470.80	11.08
Cargador frontal	hm	1.00	0.0235	150.20	3.53
Generador 400 kw	hm	1.00	0.0235	259.50	6.11

ASFALTO CONVENCIONAL - MEZCLA C					
Peso unitario de M.A.C		2246	kg/m <sup>3</sup>		
Rendimiento		340	m <sup>3</sup> /día	Costo por m <sup>3</sup>	646.72
INSUMOS	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					3.50
Operario	hh	2.75	0.0647	22.96	1.49
Peón	hh	3.00	0.0706	16.41	1.16
Oficial	hh	2.00	0.0471	18.16	0.85
<b>MATERIALES</b>					605.01
Asfalto PEN 60/70	gal	5.80%	33.7054	12.33	415.59
Piedra	m <sup>3</sup>	47.50%	0.7513	80.00	60.10
Arena	m <sup>3</sup>	50.00%	0.7487	60.00	44.92
Cemento (filler)	kg	2.50%	56.1500	0.67	37.65
Petróleo	gal		3.5820	13.05	46.75
<b>EQUIPO</b>					38.21
Herramientas manuales	%		5.0000	3.50	17.49
Planta de asfalto	hm	1.00	0.0235	470.80	11.08
Cargador frontal	hm	1.00	0.0235	150.20	3.53
Generador 400 kw	hm	1.00	0.0235	259.50	6.11

ASFALTO MODIFICADO 5% TPU - MEZCLA A					
Peso unitario de M.A.C		2270	kg/m <sup>3</sup>		
Rendimiento		300	m <sup>3</sup> /día	Costo por m <sup>3</sup>	698.62
INSUMOS	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					3.50
Operario	hh	2.75	0.0647	22.96	1.49
Peón	hh	3.00	0.0706	16.41	1.16
Oficial	hh	2.00	0.0471	18.16	0.85
<b>MATERIALES</b>					656.91
Asfalto PEN 60/70	gal	5.20%	30.6014	15.23	465.96
Piedra	m <sup>3</sup>	47.50%	0.7593	80.00	60.75
Arena	m <sup>3</sup>	50.00%	0.7567	60.00	45.40
Cemento (filler)	kg	2.50%	56.7500	0.67	38.06
Petróleo	gal		3.5820	13.05	46.75
<b>EQUIPO</b>					38.21
Herramientas manuales	%		5.0000	3.50	17.49
Planta de asfalto	hm	1.00	0.0235	470.80	11.08
Cargador frontal	hm	1.00	0.0235	150.20	3.53
Generador 400 kw	hm	1.00	0.0235	259.50	6.11

ASFALTO MODIFICADO 5% TPU - MEZCLA B					
Peso unitario de M.A.C		2270	kg/m <sup>3</sup>		
Rendimiento		300	m <sup>3</sup> /día	Costo por m <sup>3</sup>	743.42
INSUMOS	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					3.50
Operario	hh	2.75	0.0647	22.96	1.49
Peón	hh	3.00	0.0706	16.41	1.16
Oficial	hh	2.00	0.0471	18.16	0.85
<b>MATERIALES</b>					701.71
Asfalto PEN 60/70	gal	5.70%	33.5439	15.23	510.76
Piedra	m <sup>3</sup>	47.50%	0.7593	80.00	60.75
Arena	m <sup>3</sup>	50.00%	0.7567	60.00	45.40
Cemento (filler)	kg	2.50%	56.7500	0.67	38.06
Petróleo	gal		3.5820	13.05	46.75
<b>EQUIPO</b>					38.21
Herramientas manuales	%		5.0000	3.50	17.49
Planta de asfalto	hm	1.00	0.0235	470.80	11.08
Cargador frontal	hm	1.00	0.0235	150.20	3.53
Generador 400 kw	hm	1.00	0.0235	259.50	6.11

ASFALTO MODIFICADO 5% TPU - MEZCLA C					
Peso unitario de M.A.C		2250	kg/m <sup>3</sup>		
Rendimiento		300	m <sup>3</sup> /día	Costo por m <sup>3</sup>	746.53
INSUMOS	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					3.50
Operario	hh	2.75	0.0647	22.96	1.49
Peón	hh	3.00	0.0706	16.41	1.16
Oficial	hh	2.00	0.0471	18.16	0.85
<b>MATERIALES</b>					704.82
Asfalto PEN 60/70	gal	5.80%	33.8316	15.23	515.14
Piedra	m <sup>3</sup>	47.50%	0.7526	80.00	60.21
Arena	m <sup>3</sup>	50.00%	0.7500	60.00	45.00
Cemento (filler)	kg	2.50%	56.2500	0.67	37.72
Petróleo	gal		3.5820	13.05	46.75
<b>EQUIPO</b>					38.21
Herramientas manuales	%		5.0000	3.50	17.49
Planta de asfalto	hm	1.00	0.0235	470.80	11.08
Cargador frontal	hm	1.00	0.0235	150.20	3.53
Generador 400 kw	hm	1.00	0.0235	259.50	6.11

## Discusiones

Esta investigación tuvo la finalidad de analizar la influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de la mezcla asfáltica. Para ello, existieron dos etapas bien definidas: la modificación del cemento asfáltico con TPU y su utilización en el diseño de la mezcla asfáltica por el método Marshall. Por tanto, es necesario comparar las propiedades del asfalto modificado con las del asfalto PEN 60/70 y de la mezcla modificada por vía húmeda con los resultados de la mezcla asfáltica convencional.

En cuanto a la primera fase, se determinó que los resultados de ductilidad no muestran cambios considerables después de la modificación con TPU; es decir, se trata de un crecimiento ascendente lento a medida que se aumentaba el contenido del polímero, superando los 100 cm en todas las modificaciones y llegando a un valor máximo de 102 cm con 15% de TPU. En contraste con estos valores, en otra investigación [8] la ductilidad muestra un crecimiento ascendente a mayor porcentaje de polímero; sin embargo, hasta el 11% de adición la ductilidad es inferior a 100 cm, cuyo valor recién es superado con 13 y 15% de TPU. No obstante, en [12] se determinó que la ductilidad a baja temperatura (5°C) fue de aproximadamente 12.5 y 21 cm, que representan un aumento del 45 y 144%, para un asfalto PEN 80/100 con adición de 5 y 10% de Poliuretano (PU), respectivamente.

Otra propiedad del cemento asfáltico evaluada fue la recuperación elástica por torsión, en la cual se obtuvieron resultados crecientes directamente proporcionales al aumento del contenido de poliuretano termoplástico, siendo nula con el asfalto convencional y de un rango de 5.6 a 6.7% en el asfalto modificado con 5 y 10% de adición del polímero. Por su parte, en el estudio realizado en [9], el ligante modificado con poliuretano mediante la metodología de síntesis in-situ alcanzó valores superiores al 20% de recuperación elástica a alta temperatura (0.1 KPa) con 3% de adición; mientras que, con 6% de poliuretano supera el 70% de recuperación elástica.

Con respecto a la propiedad de penetración (0.1mm), se determinó que a mayor cantidad del polímero se obtienen menores valores, alcanzando un mínimo de 30 mm con 15% de adición. Estos resultados concuerdan con los establecidos en [8], pues en dicho estudio los valores de penetración son inferiores a 60 mm a partir del 1% de adición, alcanzando un valor mínimo ligeramente superior a 52.5 mm con 15% de contenido de TPU. Por su parte, en [13] el asfalto PEN 80/100 modificado con 3, 5 y 7% de TPU alcanzó una penetración de 70, 55 y 45, en el mismo orden. Así pues, se demuestra que a mayor contenido del polímero se reducen los valores de penetración y, con ello, aumenta su consistencia y dureza.

De acuerdo con [6], el punto de inflamación mínimo para el cemento asfáltico PEN 60/70 y asfaltos modificados con polímeros es de 232°C y representa la temperatura mínima en la cual se tienen las condiciones necesarias para que el material bituminoso llegue a inflamarse al aplicarse una fuente de ignición. En esta investigación, para el asfalto modificado con 5, 10 y 15% de TPU alcanzó valores de punto de inflamación de 237, 241 y 246 °C, respectivamente; lo cual indica que cumplen con los lineamientos mínimos dispuestos.

La propiedad de solubilidad en tricloroetileno del cemento asfáltico representa la pureza del ligante y, en esta investigación, tanto el cemento asfáltico PEN 60/70 y el cemento asfáltico modificado con TPU en los tres porcentajes de adición tuvieron valores superiores al 99%, que es lo mínimo exigible para asfaltos con diferentes grados de penetración y modificado con diferentes tipos de polímeros, según lo establecido en [6].

<b>Asfalto PEN 60/70</b>				
<b>Contenido de TPU</b>	<b>0.00%</b>	<b>5.00%</b>	<b>10.00%</b>	<b>15.00%</b>
Ductilidad (cm)	100.00	100.00	101.00	102.00
Recuperación elástica torsional (%)	0.00	5.60	6.10	6.70
Penetración (0.1 mm)	61.00	35.00	32.00	30.00
Punto de Inflamación (°C)	234.00	237.00	241.00	246.00
Solubilidad en Ttricloroetileno (%)	99.80	99.80	99.80	99.70

**Tabla15:** Influencia del TPU en las propiedades del cemento asfáltico

En la segunda etapa se estableció que para todos los tipos de tránsito considerados la estabilidad sufre un incremento notable con cada aumento de contenido de Poliuretano Termoplástico en el ligante. En consecuencia, se superó ampliamente los valores de la mezcla patrón con asfalto PEN 60/70, que para el caso de tránsito liviano (mezcla C) alcanzó una estabilidad promedio de 1460 kg con un contenido óptimo de asfalto de 5.8%. De acuerdo con los criterios señalados en [6], la estabilidad mínima en esta mezcla es 462 kg (4.53 kN). Adicionalmente, señala que el flujo se debe encontrar en un intervalo de 2.0 y 5.1 mm. Así pues, como se observa en la tabla 16, todas las mezclas diseñadas superan el valor mínimo de estabilidad y el flujo Marshall se encuentra en el rango.

Las mezclas asfálticas con ligante modificado de tipo de tránsito mediano (mezcla B) tuvieron estabilidades promedio superiores a 1450 kg (valor que se obtuvo con la mezcla convencional) y están por encima del valor mínimo establecido en [6], que debe ser por lo menos 555 kg (5.44 kN). Por otro lado, el rango admitido de flujo Marshall para este tipo de mezcla es entre 2.0 y 4.1 mm. En atención a ello, como se demuestra en la tabla 16, todas las

mezclas diseñadas cumplen, a excepción de la mezcla con ligante modificado con 10% de TPU, cuyo valor de flujo es de 4.14 mm.

En el caso del tipo de tránsito pesado (mezcla A), las estabilidades promedio de las mezclas modificadas resultaron mayores al valor especificado en [6], que es de 831 kg (8.15 kN); así como también, por encima del convencional, cuya estabilidad fue de 1369 kg.

Respecto al flujo Marshall, se señala en [6] que como mínimo será de 2.0 mm y como máximo 3.6 mm. Según se muestra en la tabla 16, con ninguna adición de Poliuretano Termoplástico se obtuvo un flujo en ese rango; es decir, todas están por encima de 3.6 mm.

<b>Diseño Marshall</b>					
<b>Contenido de TPU</b>		<b>0%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>
TRÁNSITO LIVIANO	Estabilidad (kg)	1460	1725	1760	2000
	Flujo (mm)	4.5	4.45	4.29	4.72
TRÁNSITO MEDIANO	Estabilidad (kg)	1450	2030	2080	2390
	Flujo (mm)	3.9	3.51	4.14	3.3
TRÁNSITO PESADO	Estabilidad (kg)	1369	2350	2450	2570
	Flujo (mm)	3.47	4.06	3.68	3.68

**Tabla16:** Valores de estabilidad y flujo de las mezclas asfálticas

En. [11] emplearon Poliuretano Termoplástico (TPU) y Poli alfa olefinas amorfas (APAO) para modificar el ligante. En este estudio la estabilidad máxima alcanzada fue superior a los 12 kN (1224 kg) y el flujo fue ligeramente superior a mm para la adición de 2% TPU + 6% APAO en peso de asfalto. En cambio, con el ligante modificado solo con 2% de TPU, la mezcla bituminosa tuvo una resistencia a la deformación máxima de 10 kN y un asentamiento de 4 mm, aproximadamente. En cuanto a la estabilidad, los resultados descritos están por debajo de los valores obtenidos en esta investigación, dejando en evidencia que con un contenido de 2% de TPU no se logran resultados tan significativos.

Otra investigación [14], con adición de polímero SBS en un 2% en peso del ligante, se obtuvo una estabilidad Marshall de 11.2 kN; mientras que, con 4% del polímero la resistencia a la deformación fue de 12.17 kN, que también son valores inferiores en comparación con las mezclas modificada con TPU.

## Conclusiones

Después de contrastar la hipótesis propuesta, se llega a las siguientes conclusiones:

- En la primera fase de la investigación se determinó que la modificación del asfalto con poliuretano termoplástico no presenta cambios relevantes respecto a la propiedad de ductilidad, que alcanzó valores de 100 cm, 101 cm y 102 cm para contenidos de polímero de 5, 10 y 15%, los cuales fueron comparados con el cemento asfáltico convencional PEN 60/70 que tuvo una ductilidad de 100 cm. Esta variación no demuestra un mejor comportamiento dúctil del ligante y, por tanto, los cambios no son significativos.
- La recuperación elástica por torsión que se obtuvo fue de 5.6, 6.1 y 6.7% respectivamente para proporciones de 5, 10 y 15% de TPU en peso de asfalto. Por otro lado, el cemento asfáltico convencional PEN 60/70 tuvo una recuperación elástica nula. Esta diferencia indica que la mezcla asfáltica con cemento asfáltico modificado con polímero Poliuretano Termoplástico tendrá un mejor comportamiento a la fatiga que las mezclas convencionales.
- Respecto al punto de inflamación, se obtuvieron buenos resultados a medida que se aumentaba el contenido del modificador Poliuretano Termoplástico. Para contenidos del polímero de 5, 10 y 15%, los resultados fueron 237, 241 y 246°C, en el mismo orden. Esto conlleva a que el ligante modificado se vuelva inflamable a temperaturas mínimas mayores que la del convencional que fue de 234°C.
- Se demostró mediante el ensayo de solubilidad en Tricloroetileno que el ligante modificado con TPU mantiene su pureza con una composición de más 99% de material aglomerante activo y con una cantidad mínima de contaminantes en todos los grupos experimentales. Los resultados indican solubilidades de 99.8% tanto para el asfalto convencional como para el cemento asfáltico modificado con 5 y 10% de TPU; mientras que, con 15% de contenido del elastómero se redujo a 99.7%, un cambio despreciable.
- Los valores de penetración (0.1 mm) se reducen a mayor contenido de Poliuretano Termoplástico en peso de asfalto. Esto es, para porcentajes de 5, 10 y 15% del elastómero se evidenció el cambio de 61 (cemento asfáltico convencional) hasta 35, 32 y 30, correspondientemente para las proporciones indicadas.

La reducción de los valores de penetración indica que la dureza del cemento asfáltico modificado será mayor que la del convencional y, por lo tanto, tendrá una mayor consistencia.

- El ensayo Marshall permitió determinar que, para el tipo de tráfico liviano, con contenidos de 0, 5, 10 y 15% de adición de Poliuretano Termoplástico la estabilidad que se alcanzó fue de 1460, 1725, 1760 y 2000 kg, respectivamente. En el caso de tipo de tráfico mediano, para 0, 5, 10 y 15% de adición de Poliuretano Termoplástico la estabilidad que se alcanzó fue de 1450, 2030, 2080 y 2390 kg, correspondientemente. Del mismo modo, la capacidad para resistir la máxima carga para 0, 5, 10 y 15% de adición de Poliuretano Termoplástico fue de 1369, 2350, 2450 y 2570 kg, respectivamente.

Estos resultados indican que la estabilidad es superior en todos los grupos experimentales con respecto al grupo control, lo cual indica una mejor resistencia al ahuellamiento tal como se esperaba al elaborar las mezclas asfálticas con cemento asfáltico modificado del tipo de alta consistencia en el que se convirtió con la reducción de la propiedad de penetración.

- El flujo de las mezclas modificadas estuvo en valores cercanos a la mezcla convencional; sin embargo, para mezclas tipo A con el ligante modificado, no cumplió con los parámetros de la norma EG-2013. Los valores para el tipo de tráfico liviano, con contenidos de 0, 5, 10 y 15% de adición de Poliuretano Termoplástico el flujo que se alcanzó fue de 4.50, 4.45, 4.29 y 4.72 mm, respectivamente. En el caso de tipo de tráfico mediano, para 0, 5, 10 y 15% de adición de Poliuretano Termoplástico el flujo que se alcanzó fue de 3.90, 3.51, 4.14 y 3.30 mm, correspondientemente. Del mismo modo, en el tráfico pesado la máxima deformación asimilada para 0, 5, 10 y 15% de adición de Poliuretano Termoplástico fue de 3.47, 4.06, 3.68 y 3.68 mm, respectivamente.

Los valores de flujo de las mezclas modificadas que están dentro de los parámetros demuestran que los vacíos de aire de las mezclas son las adecuadas para el diseño y tendrán buen comportamiento frente al asentamiento gradual (sin agrietamiento); mientras que, las mezclas modificadas del tránsito pesado se caracterizan como mezclas muy plásticas por tener valores altos de flujo.

- El costo unitario de producción de mezclas asfálticas por metro cúbico con asfalto modificado con 5% de TPU (contenido más óptimo) es superior al de la mezcla

convencional. Así pues, se tiene que, en el tipo de tránsito liviano, el costo de la mezcla modificada es un 15.43% más elevado que el de la mezcla convencional; en el caso de tránsito mediano, la mezcla modificada es 21.02% más costosa que la mezcla convencional; mientras que, en el tipo de tránsito pesado, el costo de la mezcla modificada excede en un 11.91% el de la mezcla asfáltica convencional.

## Recomendaciones

- En esta investigación se obtuvieron resultados favorables respecto a la estabilidad y flujo Marshall de las mezclas asfálticas modificadas. No obstante, los resultados en las propiedades de ductilidad y recuperación elástica no fueron los esperados. Por tanto, se recomienda continuar evaluando la utilización del Poliuretano Termoplástico (TPU) como material modificador del cemento asfáltico en menores proporciones en peso del ligante, dentro del rango entre 0 y 5% como en el caso de otros polímeros, con el fin de verificar la mejora de las propiedades en mención.
- El cemento asfáltico PEN 60/70 se debe emplear en zonas cuya temperatura media anual promedio esté en el intervalo  $24^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}$  de acuerdo con [6]; a saber, en zonas cálidas. Por otro lado, en otros rangos de temperatura se debe considerar el asfalto PEN 40/50, 80/100 y 120/150, según el lugar. Por tanto, se recomienda evaluar las propiedades de asfaltos, con un grado de penetración diferente al seleccionado en esta investigación, modificados con TPU y analizar su influencia en el comportamiento elástico de las mezclas asfálticas.
- La modificación de la mezcla asfáltica en esta investigación se llevó a cabo mediante la vía húmeda; es decir, garantizando una combinación homogénea entre el polímero y el cemento asfáltico. Sin embargo, se recomienda llevar a cabo un estudio en el cual el método de modificación con TPU se desarrolle mediante la vía seca y evaluar la influencia de la adición del elastómero granulado en bajas dosificaciones a los agregados pétreos.
- Es conveniente evaluar la resistencia al ahuellamiento de las mezclas asfálticas con cemento asfáltico modificado con Poliuretano Termoplástico con el ensayo de la Rueda de Hamburgo, para así estimar como afecta esta adición a la durabilidad de las mezclas. Esto, además, nos va a permitir tener una mejor apreciación de cuanto más beneficia o no el TPU a la vida útil de los pavimentos flexibles.

## Referencias

[1] J. Xu et al., “Carboxylated styrene-butadiene latex (XSB) in asphalt modification towards cleaner production and enhanced performance of pavement in cold regions”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 372, 133653, octubre 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133653>. Acceso: Octubre 2022

[2] MTC. “Más de S/ 253 millones del presupuesto del MTC se transfieren a municipalidades para el mantenimiento de la infraestructura vial vecinal”. Plataforma digital única del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/636010-mas-de-s-253-millones-del-presupuesto-del-mtc-se-transfieren-a-municipalidades-para-el-mantenimiento-de-la-infraestructura-vial-vecinal>. Acceso: Setiembre 2022.

[3] Memoria Institucional, Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional, PROVIAS - 2021

[4] Boletín Flujo vehicular por Unidad de Peaje, Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI - 2022

[5] Y. Díaz, “Evaluación funcional del estado actual de calles y avenidas por método de inspección visual en el casco central del distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque”, proyecto fin de carrera, Chiclayo, Perú, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/4229>. Acceso: Setiembre 2022

[6] MANUAL DE CARRETERAS: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN, Ministerio de Transportes y Comunicaciones – 2013

[7] P. Khare, J. Machesky, R. Soto, M. He, A. Presto y D. Gentner, Asphalt-related emissions are a major missing nontraditional source of secondary organic aerosol precursors, vol.6, Issue 36, *Science Advances*, setiembre 2020. [En línea]. Disponible en: [10.1126/sciadv.abb9785](https://doi.org/10.1126/sciadv.abb9785). Acceso: Setiembre 2022.

[8] Z. Zhang et al., “Effects of Polyurethane Thermoplastic Elastomer on Properties of Asphalt Binder and Asphalt Mixture”, *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 33, n° 3, 11, marzo 2021. [En línea]. Disponible en: [10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0003591](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003591). Acceso: Setiembre 2022.

[9] Z. Li, F. Yang, J. Yuan, L. Cong y M. Yu, “Study on preparation and pavement performance of polyurethane modified asphalt based on in-situ synthesis method”, *Construction and Building Materials*, vol. 309, ISSN 0950-0618, 11, noviembre 2021. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125196>. Acceso: Setiembre 2022.

- [10] Huang et al. “Study on the compatibility between polyurethane and asphalt based on experiment and molecular dynamics simulation”, *Case Studies in Construction Materials*, vol. 17, e01424, 15, agosto 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01424>. Acceso: Setiembre 2022
- [11] Z. Hong, K. Yan, M. Wang, J. Yuan, D. Ge y J. Liu, “The laboratory performance of asphalt mixture with thermoplastic polyurethane (TPU) and amorphous poly alpha olefin (APAO) compound modified asphalt binder”, *Construction and Building Materials*, vol. 349, ISSN 0950-0618, 13, Setiembre 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128742>. Acceso: Setiembre 2022.
- [12] X. Jin, N. Guo, Z. You, L. Wang, Y. Wen y Y. Tan, “Rheological properties and micro-characteristics of polyurethane composite modified asphalt”, *Construction and Building Materials*, vol. 234, ISSN 0950-0618, febrero 2020. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117395>. Acceso: Setiembre, 2022.
- [13] B. Bazmara, M. Tahersima y A. Behravan, “Influence of thermoplastic polyurethane and synthesized polyurethane additive in performance of asphalt pavements”, *Construction and Building Materials*, vol. 166, ISSN 0950-0618, marzo 2018. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.093>. Acceso: Setiembre, 2022.
- [14] L. Zhang, H. Wang, C. Zhang y S. Wang, “Laboratory testing and field application of devulcanized rubber/SBS composite modified asphalt”, *Case Stud. Construction Mater.*, vol. 19, diciembre de 2023, art. n.º e02285. Accedido: setiembre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02285>
- [15] MANUAL DE CARRETERAS: SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS, Ministerio de Transportes y Comunicaciones - 2014.
- [16] A. Montejo, *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*, 3a ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2006.
- [17] F.A. Reyes, *Diseño Racional de Pavimentos*, 1a ed. Bogotá: CEJA, 2003.
- [18] J.R. Menéndez, *Ingeniería de Pavimentos: Tomo 1 - Materiales*, 5th ed. Perú: Fondo Editorial ICG, 2016.
- [19] H.A. Rondón y F.A. Reyes, *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*, 1a ed. Bogotá: ECOE Ediciones, 2015.
- [20] M. Beltran y A. Marcilla, *Tecnología de Polímeros: Procesado y propiedades*, 1ª ed. España: Universidad de Alicante, 2012.
- [21] F. Billmeyer, *Ciencia de los Polímeros*, 2ª ed. España: Editorial Reverté, 1975.

[22] P. Félix, Síntesis y caracterización de poliuretanos termoplásticos basados en policarbonato dioles. Relación estructura/propiedades, tesis doctoral, Universidad de Valencia, España, 2012. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10550/25189>. Acceso: octubre 2022.

[23] C. Prisacariu, Polyurethane Elastomers: From Morphology to Mechanical Aspects, Springer Wien New York, 2011.

[24] H. Mark, Encyclopedia of polymer science and technology, 3<sup>a</sup> ed. Estados Unidos: Editorial Wiley, 2004.

[25] MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, Ministerio de Transportes y Comunicaciones - 2016

## Anexos



**Anexo 1.** Consideraciones iniciales del proceso de modificación del asfalto



**Anexo 2.** Designación de materiales, pesaje del polímero y el cemento asfáltico



**Anexo 3.** Vaciado del asfalto y el poliuretano termoplástico (TPU) en el molino coloidal



**Anexo 4.** Proceso de modificación del asfalto en el molino coloidal y su colocación



**Anexo 5.** Recipientes con asfalto modificado con diferentes porcentajes de poliuretano termoplástico (TPU)

INFORME N° LEM USAT 007-2023-II

FECHA: 17 de Octubre 2023

## Validación de Ensayos de Laboratorio

**ESTUDIANTE:** Gustavo Alonso Talledo Baila

**TITULO DE LA TESIS:** Influencia de la adición de Poliuretano Termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos

El que suscribe, responsable del laboratorio de ingeniería Civil ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizado por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

### *Propiedades físicas del Agregado Grueso*

- Granulometría
- Abrasión Los Ángeles
- Partículas chatas y alargadas
- Caras fracturadas
- Sales solubles totales
- Peso específico y absorción

### *Propiedades físicas del Agregado Fino*

- Granulometría
- Equivalente de arena
- Azul de metileno
- Peso específico y absorción
- Sales solubles totales
- Índice de Plasticidad (malla N° 40 y 200)

### *Propiedades del cemento asfáltico*

- Penetración
- Ductilidad
- Recuperación elástica por torsión
- Punto de inflamación
- Solubilidad en tricloroetileno

### *Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica*

- Estabilidad Marshall
- Flujo
- Peso unitario
- Peso específico teórico máximo (Rice)

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



Henry Rivadeneira Oblitas  
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

Rivadeneira Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



**Tesista** : Gustavo Alonso Talledo Baila  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos"  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 24 de Abril del 2023

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado fino

**Referencia** : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

**Cantera** : Agregado fino - Cantera La Victoria-Pátapo.

**I.- Datos.**

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + P	(g)	<b>951.0</b>	<b>951.0</b>
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	642.85	642.85
3.- Peso del Agua	(g)	308.18	308.18
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	641.03	641.03
5.- Peso del Frasco	(g)	<b>142.85</b>	<b>142.85</b>
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	<b>498</b>	<b>498</b>
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.597</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.607
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.622
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>0.37</b>

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado grueso

**Referencia** : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

**Cantera** : Agregado grueso - Tres Tomas

**I.- Datos.**

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	<b>4157</b>	<b>4157</b>
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	<b>4193</b>	<b>4193</b>
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del car	(g)	<b>3501</b>	<b>3501</b>
4.- Peso de la canastilla	(g)	<b>886</b>	<b>886</b>
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	2615	2615

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.634</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.657
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.696
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>0.87</b>



*[Signature]*  
 RIVUDENEYGA Voluntas Aeternae  
**TÉCNICO DE LABORATORIO**

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Gustavo Alonso Talledo Baila  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos"  
Lugar : Chiclayo- Lambayeque  
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de mayo del 2023

**ENSAYO** : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

**REFERENCIA** : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

**Cantera** : Cantera Tres Tomas  
**Muestra** : Agregado grueso

<b>% de desgaste por abrasión</b>	%	20.4
<b>% de uniformidad</b>	%	0.5

Requerimientr : 40 % Maximo

**OBSERVACIONES :**

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindes ytc obitas  
TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitante : GUSTAVO ALONSO TALLEDO BAILA  
 Proyecto : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE POLIURETANO TERMOPLÁSTICO GRANULADO EN EL COMPORTAMIENTO ELÁSTICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS"  
 Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque  
 Fecha de emis : Chiclayo, 23 de Junio del 2023

Ensayo : Análisis para la determinación de partículas chatas y/o alargadas  
 Referencia : Norma ASTM D-4791

Muestra : Agregado Grueso

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			Peso Retenido	Chatas y Alargadas	% Corregido
Malla		(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa			
Pulg.	(mm.)						
3"	76.20	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.00
2"	50.80	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.00
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.00
1"	25.40	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.00
3/4"	19.05	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.00
1/2"	12.70	55.7	55.7	44.3	714.4	60.6	4.73
3/8"	8.75	44.3	100.0	0.0	567.6	33.4	2.61
FONDO		0.0				<b>Total</b>	<b>7.33</b>

	Pulg.	(mm.)
Tamaño Maximo	3/4"	38.10
Tamaño Maximo Nominal	1/2"	25.40

Peso Total de la Muestra	grs.	1282.00
Partículas Chatas y Alargadas	%	7.33

SERVACIONES :

! presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351



  
 Rivaldo Ayra Obilias Henke  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitante : GUSTAVO ALONSO TALLEDO BAILA  
 Proyecto : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE POLIURETANO TERMOPLÁSTICO GRANULADO EN EL COMPORTAMIENTO ELÁSTICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS"  
 Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 23 de Junio del 2023

Ensayo : Análisis para la determinación de partículas con una y dos caras de fractura  
 Referencia : Norma ASTM D-5821 - MTC-E 210

Muestra : Agregado grueso

**a.- Partículas con una cara fracturada**

MATERIAL		A	B	C	D	E
PASA Tamiz	RETENIDO Tamiz	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	(%)	CxD
1 1/2"	1"	0	0	0.0	0.0	0
1"	3/4"	0	0	0.0	0.0	0
3/4"	1/2"	714	624	87.4	55.7	4867
1/2"	3/8"	568	517	91.0	44.3	4033
FONDO		1282			100.0	8900

Peso Total de la Muestra	grs.	1282
Partículas con una cara fracturada	%	89.0

**b.- Partículas con dos o mas caras fracturadas**

MATERIAL		A	B	C	D	E
PASA Tamiz	RETENIDO Tamiz	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	(%)	CxD
1 1/2"	1"	0	0	0.0	0.0	0
1"	3/4"	0	0	0.0	0.0	0
3/4"	1/2"	714	652	91.3	55.7	5086
1/2"	3/8"	568	447	78.8	44.3	3487
FONDO		1282			100.0	8573

Peso Total de la Muestra grs.	1282
Partículas con dos o mas caras fracturadas %	85.7

A = PESO MUESTRA g.  
 B = PESO DE MATERIAL CON CARAS FRACTURADAS g.  
 C = PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS %.  
 D = PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL %.  
 E = PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS.

**OBSERVACIONES :**

1- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351  
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Gustavo Alonso Talledo Baila  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 28 de abril del 2023

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite plástico e índice de plasticidad del suelo

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Datos de ensayo.	Límite líquido				Límite Plástico		
	12	15	16		20		
N° de tarro	12	15	16		20		
N° de golpes	35	23	14				
Tarro + suelo húmedo	41.2	46.5	47.6		13.5		
Tarro + suelo seco	41.2	46.5	47.6		13.5		
Agua	0	0	0		0		
Peso del tarro	25.6	21.4	23.4		9.80		
Peso del suelo seco	15.6	25.1	24.2		3.7		
Porcentaje de humedad	0.00	0.00	0.00		0.00		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	0.00
Límite Plástico	0.00
Índice de Plasticidad	0.00



Observaciones: No presenta plasticidad



*[Handwritten Signature]*  
 RIVERA OBILITAS JENNY  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE



Tesista : Gustavo Alonso Talledo Baila  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 28 de abril del 2023

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	12	15	16	20	
N° de tarro	12	15	16		
N° de golpes	35	25	15		
Tarro + suelo húmedo	53.47	52.5	43.58	33.77	
Tarro + suelo seco	53.47	52.5	43.58	33.77	
Agua	0	0	0	0	
Peso del tarro	39.23	28.31	26	25.93	
Peso del suelo seco	14.24	24.19	17.58	7.84	
Porcentaje de humedad	0.00	0.00	0.00	0.00	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	0.00
Límite Plástico	0.00
Índice de Plasticidad	0.00



Observaciones: No presenta plasticidad



*[Signature]*  
 RIVERA MEYRA JBLITAS FERRER  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**Tesista** : Gustavo Alonso Talledo Baila  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
**Lugar** : Chiclayo- Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo, 28 de abril del 2023

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

**REFERENCIA** : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Cantera</u> : Tres tomas		
<u>Muestra</u> : Piedra		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	4498
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.45

**OBSERVACIONES :**

- 1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



*[Handwritten Signature]*  
Rivendeyra Oblitas Jent  
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**Tesista** : Gustavo Alonso Talledo Baila  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
**Lugar** : Chiclayo- Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo, 28 de abril del 2023

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

**REFERENCIA** : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Cantera</u> : Patapo		
<u>Muestra</u> : Arena		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	4787
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.48

**OBSERVACIONES :**

- 1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



*[Handwritten Signature]*  
Rivadeneira Oblitas Henrí  
TÉCNICO DE LABORATORIO



**Tesista** : Gustavo Alonso Talledo Baila  
**Escuela** : Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : "Influencia de la adición de Poliuretano Termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos"  
**Lugar** : Chiclayo, Lambayeque, Perú  
**Fecha de emisión** : May-23

**AZUL DE METILENO**  
( NORMA: AASHTO TP 57 )

REFERENCIA DE LA MUESTRA

CANTERA : PATAPO  
 APLICACIÓN : ASFALTO

MUESTRA M-01

FECHA DE ENSAYO miércoles, 3 de Mayo de 2023

MUESTRA	Azul de Metileno	Cantidad de Solución	Peso del Material Fino ( N° 200)	Resultado	Especificación EG -213	
	Cada	NÚMERO			Mín.	Máx.
AGREGADO FINO - pasa 200	Cada 0.5 ml	8.0	5.0	1.6	-	8
		8.0	5.0	1.6		

RESULTADOS PROMEDIOS : 1.6

FORMULA DE APLICACIÓN

$$AM = C_{sol} / P_{finos}$$



TÉCNICO DE LABORATORIO

*[Handwritten Signature]*  
 RIVERA HENRY Oblitas Henry  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Gustavo Alonso Talledo Baila  
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
 Tesis : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 26 de Abril del 2023

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.  
 Referencia : NTP 339,146 - EG - 2000

### EXAMEN CUANTITATIVO

Muestra : Arena  
 Cantera : Tres Tomas

#### I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	5.90	5.75	5.70
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	3.60	3.40	3.50
EQUIVALENTE DE ARENA	61.02 %	59.13 %	61.40 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	61 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000): Minimo : 60 % Minimo			

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



  
 RIVERA GONZALEZ JUANITA  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
RUC 20506076235  
Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Gustavo Alonso Talledo Baila  
Nombre del proyecto : Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos  
Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima  
Identificación muestra : Cemento asfáltico Pen 60-70 Patrón  
Referencia muestra : Asfalto refiniería Conchan-Petroperú

Expediente N° : 028\_23\_1  
Fecha de ensayo : 13/03/2023  
Fecha de emisión : 17/03/2023

PRUEBAS AL CEMENTO ASFALTICO			
ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE REFERENCIA
1. Penetración de los Materiales Asfálticos, 25°C	0.1mm	61	ASTM D 5 / MTC E 304-00
2. Ductilidad de los Materiales Bituminosos, 25°C, 5cm/min	cm.	100	ASTM D 113 / MTC E 306-00
3. Recuperación Elástica por Torsión, 25°C	%	0	NTL 329 MTC E306-00
4. Punto de inflamación	%	234	ASTM D92-18
5. Solubilidad	%	99.8	ASTM D2042-15

#### Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

Riv. denegre Jblitas Jery  
TECNICO DE LABORATORIO



SERVICIO DE LABORATORIO



JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAJAJA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. de CIP N° 84286



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

RUC 20506076235  
Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Gustavo Alonso Talledo Baila  
Nombre del proyecto : Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos  
Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima  
Identificación muestra : Cemento asfáltico modificado 5% Laripur 8025  
Referencia muestra : Asfalto modificado

Expediente N° : 028\_23\_2  
Fecha de ensayo : 13/03/2023  
Fecha de emisión : 17/03/2023

PRUEBAS AL CEMENTO ASFALTICO			
ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE REFERENCIA
1. Penetración de los Materiales Asfálticos, 25°C	0.1mm	35	ASTM D 5 / MTC E 304-00
2. Ductilidad de los Materiales Bituminosos, 25°C, 5cm/min	cm.	100	ASTM D 113 / MTC E 306-00
4. Recuperación Elástica por Torsión, 25°C	%	5.6	NTL 329 MTC E306-00
5. Punto de inflamación	%	237	ASTM D92-18
6. Solubilidad	%	99.8	ASTM D2042-15

**Observaciones**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

  
Rivendeneiro Jolitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



  
TÉCNICO DE LABORATORIO



  
JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. de CIP N° 84286



**MASTERLEM S.A.C.**

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

RUC 20506076235

Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú

Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661

Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)

Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Gustavo Alonso Talledo Baila Expediente N° : 028\_23\_3  
Nombre del proyecto : Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos Fecha de ensayo : 13/03/2023  
Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima Fecha de emisión : 17/03/2023  
Identificación muestra : Cemento asfáltico modificado 10% Laripur 8025  
Referencia muestra : Asfalto modificado

PRUEBAS AL CEMENTO ASFALTICO			
ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE REFERENCIA
1. Penetración de los Materiales Asfálticos, 25°C	0.1mm	32	ASTM D 5 / MTC E 304-00
2. Ductilidad de los Materiales Bituminosos, 25°C, 5cm/min	cm.	101	ASTM D 113 / MTC E 306-00
4. Recuperación Elástica por Torsión, 25°C	%	6.1	NTL 329 MTC E306-00
5. Punto de inflamación	%	241	ASTM D92-18
6. Solubilidad	%	99.8	ASTM D2042-15

Nota: Las muestra fueron proporcionadas por el cliente.

**Observaciones**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

*Rivero*  
Rivero J. J. Oblitas J. J.  
TÉCNICO DE LABORATORIO



*Ray*  
JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPA JA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. de CIP N° 84286



**MASTERLEM S.A.C.**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

RUC 20506076235

Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú

Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661

Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)

Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Gustavo Alonso Talledo Baila  
Nombre del proyecto : Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos  
Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima  
Identificación muestra : Cemento asfáltico modificado 15% Laripur 8025  
Referencia muestra : Asfalto modificado

Expediente N° : 028\_23\_4  
Fecha de ensayo : 13/03/2023  
Fecha de emisión : 17/03/2023

**PRUEBAS AL CEMENTO ASFALTICO**

ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE REFERENCIA
1. Penetración de los Materiales Asfálticos, 25°C	0.1mm	30	ASTM D 5 / MTC E 304-00
2. Ductilidad de los Materiales Bituminosos, 25°C, 5cm/min	cm.	102	ASTM D 113 / MTC E 306-00
4. Recuperación Elástica por Torsión, 25°C	%	6.7	NTL 329 MTC E306-00
5. Punto de inflamación	%	246	ASTM D92-18
6. Solubilidad	%	99.7	ASTM D2042-15

Nota: Las muestra fueron proporcionadas por el cliente.

**Observaciones**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

*Rivendenejo Jbítas Aenti*  
TÉCNICO DE LABORATORIO



TÉCNICO DE LABORATORIO



*Jorge Francisco Ramirez Japaja*  
JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAJAJA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. de CIP N° 84286



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla C

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	67.5	4.50%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	42.11
B Arena	53.40	48.61
C Filler	2.5	2.39

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	4.5	4.5	4.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	42.11	42.11	42.11
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	48.61	48.61	48.61
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	2.39	2.39	2.39
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.021	1.021	1.021
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.634	2.634	2.634
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.696	2.696	2.696
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.597	2.597	2.597
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.622	2.622	2.622
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 3.15	3.15	3.15
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.325	6.68	6.72
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1100.94	1128.72	1162.2
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1110	1140	1170.0
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr. 610.0	620	640
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 500.0	520	530
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.202	2.171	2.193
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.249	2.249	2.249
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc. 2.526	2.526	2.526
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 2.10	3.49	2.50
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.626	2.626	2.626
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.666	2.666	2.666
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc. 2.646	2.646	2.646
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 * 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 0.30	0.30	0.30
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4+5) * 17/21$	% 78.08	76.97	77.76
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	% 19.82	19.54	19.74
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 21.92	23.03	22.24
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	% 4.23	4.23	4.23
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	% 90.42	84.84	88.74
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 1338	1080	1370
31	Factor de estabilidad	1.04	1.00	0.96
32	Estabilidad corregida 31*32	kg 1392	1080	1315
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul. 11	20	18
34	Fluencia	m.m. 2.79	5.08	4.57
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 4980	2126	2877



*[Firma]*  
Rivendeyra Oblitas Ferris  
TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla C

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387.5	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.89
B Arena	53.40	48.36
C Filler	2.5	2.38

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla	
Especificaciones IVB	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.89	41.89	41.89	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.36	48.36	48.36	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.38	2.38	2.38	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.57	6.68	6.65	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1178.61	1153.68	1165.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1180	1160	1170.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	670.0	650	650.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	510.0	510	520	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.311	2.262	2.240	2.271
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.318	2.318	2.318	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	2.506	2.506	2.506	
20	% de vacíos con aire $100 * (1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.30	2.41	3.35	2.02
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4)*17/21$	%	81.52	79.80	79.03	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100-(25+20)$	%	18.18	17.79	17.62	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	18.48	20.20	20.97	19.88
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	4.73	4.73	4.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100$	%	98.37	88.07	84.02	90.15
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1372	1348	1589	
31	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
32	Estabilidad corregida $31*32$	kg	1372	1348	1589	1436
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	18	16	17	17
34	Fluencia	m.m.	4.57	4.06	4.32	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3001	3317	3680	3333



Rivundero Jblitas Ferris  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla C  
CANTERA : Tres Tomas - Ferrefafe  
Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.67
B Arena	53.40	48.10
C Filler	2.5	2.36

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.67	41.67	41.67	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.10	48.10	48.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.36	2.36	2.36	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.47	6.8	6.66	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1177.59	1197.49	1155.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1180	1210	1170.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	670.0	670	640.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	510.0	540	530	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.309	2.218	2.179	2.235
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.349	2.349	2.349	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	2.487	2.487	2.487	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.70	5.59	7.23	4.84
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	81.02	77.82	76.47	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	17.28	16.59	16.30	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	18.98	22.18	23.53	21.56
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	5.23	5.23	5.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	91.03	74.79	69.28	78.37
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1209	1472	1718	
31	Factor de estabilidad		1.00	0.93	0.96	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1209	1369	1649	1409
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	15	18	16	16
34	Fluencia	m.m.	3.81	4.57	4.06	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3173	2994	4058	3409



Rivudeneiro J. J. J. J. J.  
TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla C  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.45
B Arena	53.40	47.85
C Filler	2.5	2.35

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.45	41.45	41.45	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	47.85	47.85	47.85	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.35	2.35	2.35	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.66	6.67	7.03	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1227.42	1190.11	1261.3	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1230	1200	1270.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	700.0	670	720.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	530.0	530	550	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.316	2.245	2.293	2.285
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.320	2.320	2.320	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	2.468	2.468	2.468	
20	% de vacíos con aire $100 * (1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.18	3.21	1.16	1.52
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	80.84	78.38	80.04	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	18.99	18.41	18.80	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	19.16	21.62	19.96	20.25
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	5.73	5.73	5.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	99.07	85.14	94.21	92.81
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1850	1547	1695	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.89	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1776	1485	1509	1590
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	18	20	21	20
34	Fluencia	m.m.	4.57	5.08	5.33	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3885	2923	2828	3212



RIVERA JBLITAS JENIS  
TECNICO DE LABORATORIO



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA

ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla C

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	443	443	443	443
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1343	1343	1343	1343
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	898	912	917	912
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1898.3	1911.5	1917.2	1911.9
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	445	431	426	431
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.249	2.318	2.349	2.320



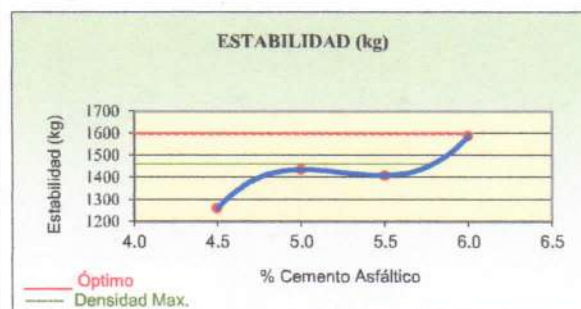
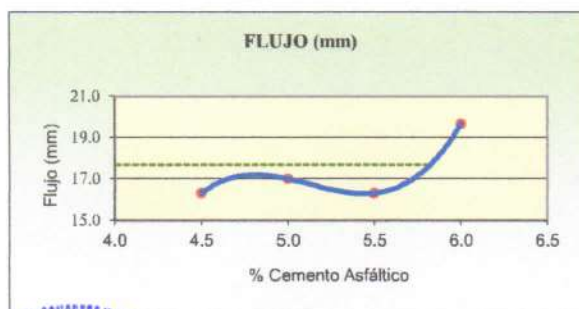
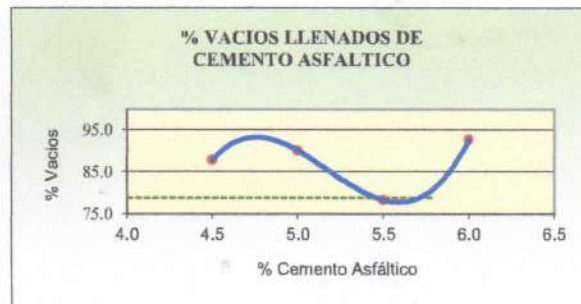
Rivero de la Cruz, J. Oblitas de la Cruz  
TECNICO DE LABORATORIO



**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
**MATERIAL** : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla C  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila



*Rivaroberto Oblitas Jency*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.8
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.246
Vacios (%)	4.00
Vacios del Agregado mineral (%)	21.60
Vacios Llenados de C.A (%)	79.00
Flujo (mm)	4.50
Estabilidad (Kg)	1460
Relación Polvo Asfalto	0.98

-----Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla B

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	67.5	4.50%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	42.11
B Arena	53.40	48.61
C Filler	2.5	2.39

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N#4	N#10	N#40	N#80	N#200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	4.5	4.5	4.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	42.11	42.11	42.11
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	48.61	48.61	48.61
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	2.39	2.39	2.39
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.45	6.5
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1171.67	1181.26
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1180	1190
15	Peso de la briqueta en el agua	25 °C	gr.	640.0
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	540.0	530
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.170	2.188
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.311	2.311
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^*2 / (7+8)) + (4^*2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.526	2.526
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	6.11	5.35
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4^*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 * 6(23 - 21) / (23^*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4+5)^*17/21$	%	76.94	77.57
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	16.94	17.08
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	23.06	22.43
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.23	4.23
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	73.48	76.16
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1320	1350
31	Factor de estabilidad		0.93	0.93
32	Estabilidad corregida $31^*32$	kg	1228	1256
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	14	15
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.81
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3452	3295



Riviera Reyna Jolitas Ferris  
TECNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla B

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387.5	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.89
B Arena	53.40	48.36
C Filler	2.5	2.38

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.89	41.89	41.89	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.36	48.36	48.36	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.38	2.38	2.38	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.51	6	6.6	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1152.18	1013.15	1200.3	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1160	1020	1202.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	650.0	540	680.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	510.0	480	522	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.259	2.111	2.299	2.223
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.333	2.333	2.333	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.506	2.506	2.506	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.15	9.51	1.42	4.69
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectiva del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	79.69	74.46	81.11	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	17.16	16.03	17.46	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.31	25.54	18.89	21.58
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.73	4.73	4.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	84.50	62.76	92.46	79.91
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1696	1436	1596	
31	Factor de estabilidad		1.00	1.14	1.00	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1696	1637	1596	1643
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	14	15	14	14
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.81	3.56	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	4769	4297	4488	4518



Rivandeyra Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla B

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.67
B Arena	53.40	48.10
C Filler	2.5	2.36

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.67	41.67	41.67	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.10	48.10	48.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.36	2.36	2.36	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.5	6.67	6.75	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1212.02	1222.68	1222.1	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1220	1230	1230.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	660.0	690	690.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	560.0	540	540	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.164	2.264	2.263	2.231
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.296	2.296	2.296	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 * 2 / (7 + 8)) + (4 * 2 / (9 + 10)))$	gr/cc.	2.487	2.487	2.487	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17 / 18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.75	1.40	1.45	2.87
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	75.95	79.45	79.41	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	18.30	19.15	19.14	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	24.05	20.55	20.59	21.73
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	5.23	5.23	5.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	76.09	93.19	92.96	87.41
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1505	1683	1543	
31	Factor de estabilidad		0.86	0.93	0.93	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1294	1565	1435	1431
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	15	16	16	16
34	Fluencia	m.m.	3.81	4.06	4.06	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3397	3851	3531	3593



Rivindeneya Oblitas Ferris  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla B  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfaltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.45
B Arena	53.40	47.85
C Filler	2.5	2.35

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.45	41.45	41.45	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	47.85	47.85	47.85	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.35	2.35	2.35	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.77	6.48	6.7	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1201.17	1154.81	1201.9	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1210	1160	1210.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	680.0	650	680.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	530.0	510	530	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.266	2.264	2.268	2.266
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.288	2.288	2.288	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.468	2.468	2.468	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.95	1.04	0.89	0.96
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	79.11	79.04	79.15	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	19.94	19.93	19.96	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.89	20.96	20.85	20.90
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	5.73	5.73	5.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	95.46	95.05	95.72	95.41
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1550	1525	1622	
31	Factor de estabilidad		0.96	1.00	0.96	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1488	1525	1557	1523
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	16	16	17	16
34	Fluencia	m.m.	4.06	4.06	4.32	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3661	3752	3606	3673



Rivinderya Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D - 2041

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla B

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Balla

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	443	443	443	443
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1343	1343	1343	1343
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	910	914	907	906
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1910.3	1914.2	1907.5	1905.9
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	433	429	435	437
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.311	2.333	2.296	2.288



*Rivadeneira Jbitas Aeno*  
Rivadeneira Jbitas Aeno  
TÉCNICO DE LABORATORIO



## REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

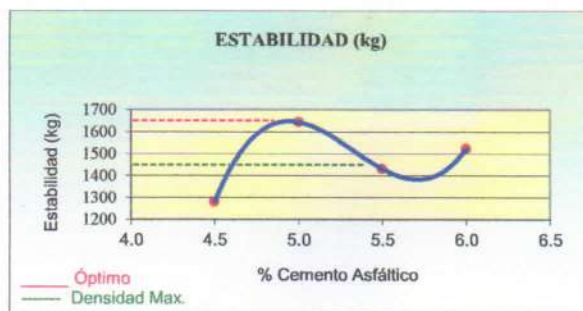
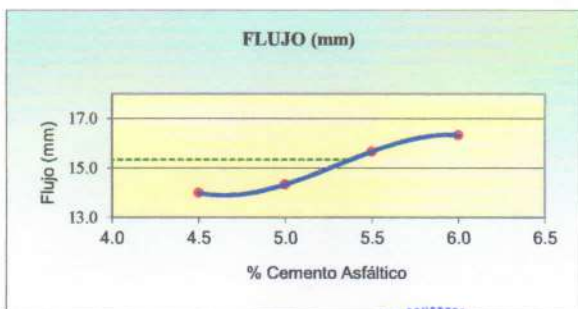
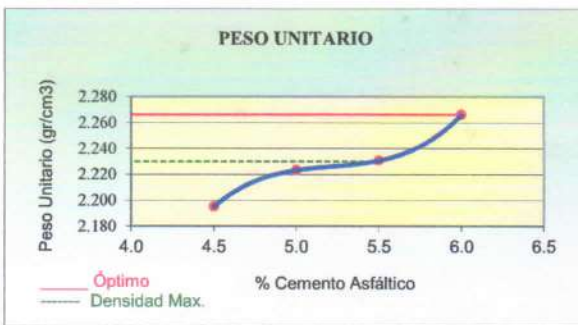
**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla B

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila



*Rivadeneira, Poltas Henr,*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

USAT  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TÉCNICO DE LABORATORIO

RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.4
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.230
Vacios (%)	3.20
Vacios del Agregado mineral (%)	21.70
Vacios Llenados de C.A (%)	86.00
Flujo (mm)	3.90
Estabilidad (Kg)	1450
Relación Polvo Asfalto	0.91

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla A

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	67.5	4.50%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	42.11
B Arena	53.40	48.61
C Filler	2.5	2.39

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	42.11	42.11	42.11	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.61	48.61	48.61	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.39	2.39	2.39	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.56	6.58	6.64	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1203.29	1207.48	1219.8	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1210	1210	1230.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	660.0	660	680	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	550.0	550	550	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.188	2.195	2.218	2.200
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.318	2.318	2.318	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.526	2.526	2.526	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.62	5.29	4.32	5.08
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4^2/P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbida por el agregado total $100 * 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4+5) * 17/21$	%	77.58	77.85	78.65	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	16.80	16.86	17.03	
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 25$	%	22.42	22.15	21.35	21.97
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.23	4.23	4.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	74.94	76.12	79.76	76.94
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1244	1326	1435	
31	Factor de estabilidad		0.89	0.89	0.89	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1107	1180	1277	1188
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	10	11	13	11
34	Fluencia	m.m.	2.54	2.79	3.30	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	4359	4224	3868	4150



*[Signature]*  
Rivendeyra Oblitas Henr,  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla A

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387.5	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.89
B Arena	53.40	48.36
C Filler	2.5	2.38

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.89	41.89	41.89	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	48.36	48.36	48.36	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.38	2.38	2.38	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	6.27	6.59	6.27	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1197.35	1201.67	1179.2	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1200	1210	1180.0	
15	Peso de la briqueeta en el agua	gr.	670.0	680	650.0	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	530.0	530	530	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.259	2.267	2.225	2.250
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.347	2.347	2.347	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.506	2.506	2.506	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.72	3.38	5.18	4.09
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta $(3+4) * 17/21$	%	79.69	79.98	78.49	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueeta $100 - (25+20)$	%	16.58	16.64	16.33	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.31	20.02	21.51	20.61
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.73	4.73	4.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	81.66	83.13	75.91	80.24
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1476	1479	1325	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1417	1420	1272	1370
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	12	11	13	12
34	Fluencia	m.m.	3.05	2.79	3.30	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	4649	5082	3852	4528



TECNICO DE LABORATORIO

Rivadeneira Jolitas Henry  
TECNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla A  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.67
B Arena	53.40	48.10
C Filler	2.5	2.36

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.67	41.67	41.67	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.10	48.10	48.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.36	2.36	2.36	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.58	6.35	6.39	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1201.47	1174.89	1144.2	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1210	1180	1150.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	680.0	650	640.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	530.0	530	510	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.267	2.217	2.243	2.242
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.313	2.313	2.313	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.487	2.487	2.487	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.99	4.16	3.01	3.05
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	79.55	77.79	78.72	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	18.46	18.05	18.27	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.45	22.21	21.28	21.31
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	5.23	5.23	5.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	90.27	81.28	85.88	85.81
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1540	1342	1339	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	1.00	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1478	1288	1339	1369
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	14	14	13	14
34	Fluencia	mm.	3.56	3.56	3.30	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	mm.	4157	3623	4055	3945

Rianda Reyna Oblitás Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla A

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.45
B Arena	53.40	47.85
C Filler	2.5	2.35

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.45	41.45	41.45	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	47.85	47.85	47.85	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.35	2.35	2.35	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.62	6.34	6.55	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1239.76	1187.66	1205.5	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1240	1190	1210.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	710.0	680	690.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	530.0	510	520	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.339	2.329	2.318	2.329
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.341	2.341	2.341	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 \cdot 2 / (7+8)) + (4 \cdot 2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.468	2.468	2.468	
20	% de vacíos con aire $100 \cdot (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.08	0.53	0.98	0.53
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4 \cdot P-10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) \cdot 17/21$	%	81.65	81.28	80.92	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	18.27	18.19	18.11	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	18.35	18.72	19.08	18.72
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (3+4)$	%	5.73	5.73	5.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) \cdot 100$	%	99.55	97.18	94.87	97.20
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1410	1455	1456	
31	Factor de estabilidad		0.96	1.00	1.00	
32	Estabilidad corregida $31 \cdot 32$	kg	1354	1455	1456	1422
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	14	14	14	14
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.56	3.56	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3807	4092	4094	3998



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindreyta Oblitas Jentz  
TÉCNICO DE LABORATORIO



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla A

**CANERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Balla

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	443	443	443	443
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1343	1343	1343	1343
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	912	917	911	916
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1911.6	1916.8	1910.6	1915.8
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	431	426	432	427
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.318	2.347	2.313	2.341



*Rivarolo Obliatas Ferris*  
Rivarolo Obliatas Ferris  
TÉCNICO DE LABORATORIO



### REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

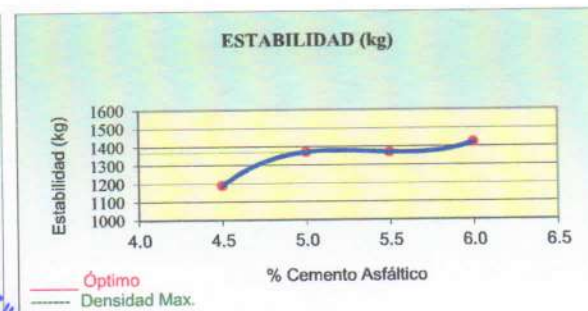
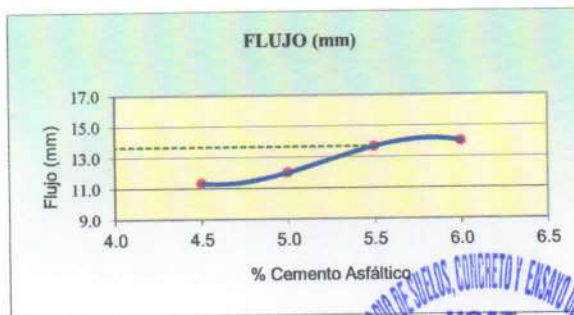
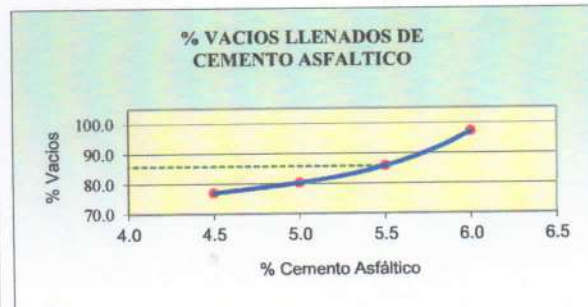
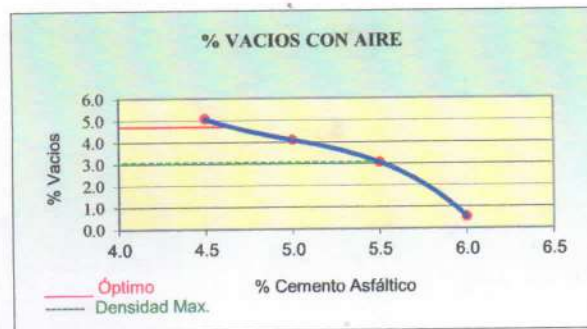
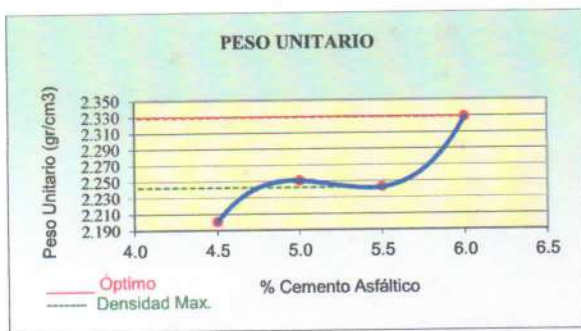
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto PEN 60/70 - Mezcla A

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES  
**USAT**



TÉCNICO DE LABORATORIO

RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.5
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.242
Vacios (%)	3.05
Vacios del Agregado mineral (%)	21.31
Vacios Llenados de C.A (%)	85.81
Flujo (mm)	3.47
Estabilidad (Kg)	1369
Relación Polvo Asfalto	0.94

*Rivadeneiro*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla C

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	67.5	4.50%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	42.11
B Arena	53.40	48.61
C Filler	2.5	2.39

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla	
Especificaciones IVB	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	42.11	42.11	42.11	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.61	48.61	48.61	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.39	2.39	2.39	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.91	6.87	7.02	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1169.61	1230.84	1216.8	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1177.6	1233.1	1223.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	630.0	680	670	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	547.6	553.1	552.99	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.136	2.225	2.200	2.187
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.304	2.304	2.304	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.525	2.525	2.525	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	7.29	3.41	4.49	5.06
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 * 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4+5) * 17/21$	%	75.74	78.91	78.03	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	16.97	17.68	17.48	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	24.26	21.09	21.97	22.44
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.23	4.23	4.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	69.95	83.84	79.55	77.78
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1390	1843	1832	
31	Factor de estabilidad		0.89	0.89	0.89	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1237	1640	1630	1503
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	24	16	19	20
34	Fluencia	m.m.	6.10	4.06	4.83	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2029	4036	3379	3148



*Rivadeneira Oblitas Jentz*  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla C

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387.5	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.89
B Arena	53.40	48.36
C Filler	2.5	2.38

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.89	41.89	41.89	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.36	48.36	48.36	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.38	2.38	2.38	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.7	6.75	6.55	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1189.1	1196.82	1154.1	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1194.03	1200.91	1158.1	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	670.0	670	640.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	524.0	530.91	518.13	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.269	2.254	2.227	2.250
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.276	2.276	2.276	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	2.506	2.506	2.506	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.29	0.94	2.12	1.12
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	%	80.05	79.52	78.57	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	19.67	19.54	19.30	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	19.95	20.48	21.43	20.62
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	4.73	4.73	4.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	98.56	95.41	90.09	94.69
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1424	1774	1793	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	1.00	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1367	1703	1793	1621
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	19	21	20	20
34	Fluencia	m.m.	4.83	5.33	5.08	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2833	3193	3530	3185



*[Firma]*  
Riviera y Obitas Henrí  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla C  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfaltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.67
B Arena	53.40	48.10
C Filler	2.5	2.36

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.67	41.67	41.67	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.10	48.10	48.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.36	2.36	2.36	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.78	6.76	7	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1185.48	1196.41	1269.8	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1189.8	1200.58	1272.7	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	660.0	670	710.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	529.8	530.58	562.65	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.238	2.255	2.257	2.250
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.370	2.370	2.370	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 * 2 / (7 + 8)) + (4 * 2 / (9 + 10)))$	gr/cc.	2.487	2.487	2.487	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17 / 18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.59	4.86	4.78	5.08
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	78.52	79.13	79.19	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	15.89	16.01	16.03	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	21.48	20.87	20.81	21.05
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	5.23	5.23	5.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	73.97	76.71	77.03	75.90
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1540	1768	2016	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.86	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1478	1697	1734	1636
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	19	15	16	17
34	Fluencia	m.m.	4.83	3.81	4.06	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3063	4455	4266	3928





DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla C  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.45
B Arena	53.40	47.85
C Filler	2.5	2.35

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.45	41.45	41.45	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	47.85	47.85	47.85	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.35	2.35	2.35	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	7.08	6.98	6.99	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1285.73	1238.94	1248.8	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1288.73	1240.99	1252.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	730.0	690	700.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	558.7	550.99	551.96	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.301	2.249	2.262	2.271
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.302	2.302	2.302	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 \cdot 2 / (7+8)) + (4 \cdot 2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.468	2.468	2.468	
20	% de vacíos con aire $100 \cdot (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.05	2.34	1.74	1.38
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 \cdot P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) \cdot 17/21$	%	80.32	78.49	78.97	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	19.63	19.18	19.29	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	19.68	21.51	21.03	20.74
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (3+4)$	%	5.73	5.73	5.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) \cdot 100$	%	99.73	89.13	91.75	93.54
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2343	1948	1942	
31	Factor de estabilidad		0.89	0.89	0.89	
32	Estabilidad corregida $31 \cdot 32$	kg	2085	1734	1728	1849
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	20	21	21	21
34	Fluencia	m.m.	5.08	5.33	5.33	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	4105	3250	3240	3532



Rivadeneira Obitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla C

**CANtera** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	443	443	443	443
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1343	1343	1343	1343
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	909	904	921	909
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1908.9	1903.5	1921.0	1908.6
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	434	439	422	434
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.304	2.276	2.370	2.302



*Rivendreyto Oblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

## REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

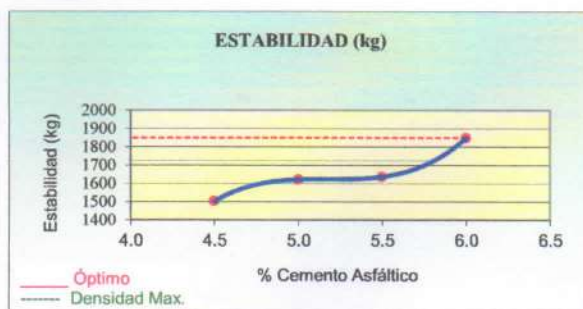
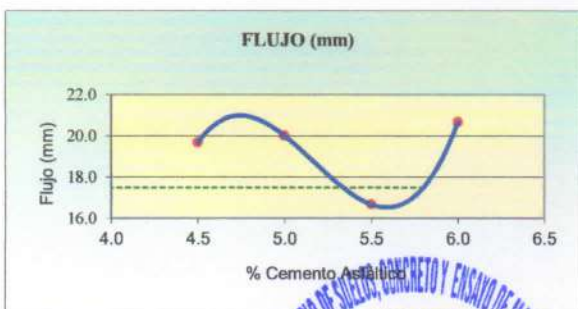
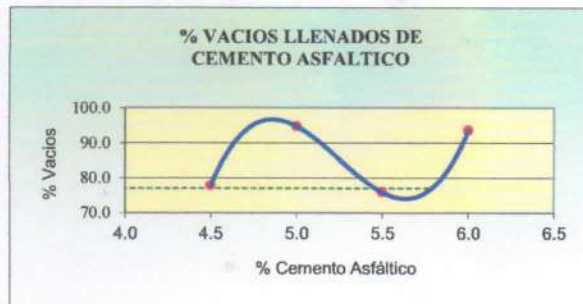
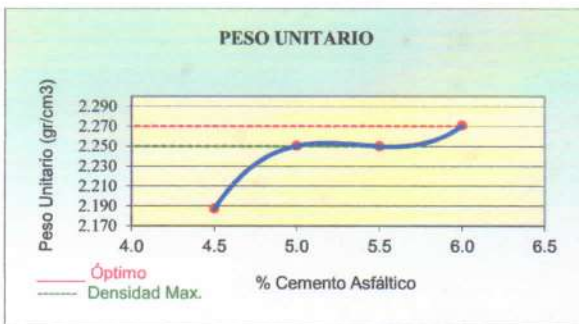
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla C

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila



USAT  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



*Rivando...*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO

RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.8
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.250
Vacios (%)	4.00
Vacios del Agregado mineral (%)	21.20
Vacios Llenados de C.A (%)	77.00
Flujo (mm)	4.45
Estabilidad (Kg)	1725
Relación Polvo Asfalto	0.98

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla B

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	67.5	4.50%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	42.11
B Arena	53.40	48.61
C Filler	2.5	2.39

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	42.11	42.11	42.11	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.61	48.61	48.61	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.39	2.39	2.39	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.56	6.42	6.5	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1168.58	1153.6	1155.4	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1170.02	1156.06	1159.6	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	650.0	650	640	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	520.0	506.06	519.57	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.247	2.280	2.224	2.250
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.348	2.348	2.348	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.525	2.525	2.525	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.28	2.90	5.27	4.15
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 * 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4+5) * 17/21$	%	79.69	80.84	78.86	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	16.03	16.27	15.87	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.31	19.16	21.14	20.20
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.23	4.23	4.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	78.94	84.88	75.06	79.63
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1820	1656	1753	
31	Factor de estabilidad		1.00	1.04	1.00	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1820	1722	1753	1765
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	13	16	13	14
34	Fluencia	m.m.	3.30	4.06	3.30	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	5512	4238	5309	5020



TÉCNICO DE LABORATORIO

RIVERA MEYER Obdilas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla B

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387.5	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.89
B Arena	53.40	48.36
C Filler	2.5	2.38

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.89	41.89	41.89	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.36	48.36	48.36	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.38	2.38	2.38	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.77	6.7	6.68	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1201.04	1162.46	1180.5	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1204.1	1168.59	1185.2	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	660.0	640	660.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	544.1	528.59	525.23	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.207	2.199	2.248	2.218
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.350	2.350	2.350	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.506	2.506	2.506	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	6.08	6.43	4.37	5.63
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	77.87	77.58	79.29	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	16.05	15.99	16.34	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	22.13	22.42	20.71	21.76
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	4.73	4.73	4.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	72.51	71.30	78.88	74.23
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1830	1911	2036	
31	Factor de estabilidad		0.93	0.96	0.96	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1702	1835	1955	1830
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	21	19	17	19
34	Fluencia	m.m.	5.33	4.83	4.32	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3191	3801	4527	3840



*[Firma]*  
RIVERA BENITO Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla B

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.67
B Arena	53.40	48.10
C Filler	2.5	2.36

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.67	41.67	41.67	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.10	48.10	48.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.36	2.36	2.36	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.56	6.91	6.74	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1170.89	1211.74	1214.9	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1173	1213	1217.3	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	650.0	670	690.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	523.0	543	527.29	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.239	2.232	2.304	2.258
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.368	2.368	2.368	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 * 2 / (7 + 8) + (4 * 2 / (9 + 10)))$	gr/cc.	2.487	2.487	2.487	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17 / 18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.45	5.76	2.70	4.64
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	78.56	78.31	80.85	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	15.99	15.94	16.45	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	21.44	21.69	19.15	20.76
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	5.23	5.23	5.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	74.57	73.46	85.91	77.98
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2034	1863	2445	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.93	0.96	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1953	1733	2347	2011
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	17	14	14	15
34	Fluencia	m.m.	4.32	3.56	3.56	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	4522	4872	6601	5332



*[Firma]*  
Riudenebra Obatas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla B

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.45
B Arena	53.40	47.85
C Filler	2.5	2.35

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.45	41.45	41.45	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	47.85	47.85	47.85	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.35	2.35	2.35	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.76	6.78	6.76	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1217.34	1228.24	1239.4	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1220.33	1230.65	1240.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	680.0	690	700.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	540.3	540.65	540	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.253	2.272	2.295	2.273
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.306	2.306	2.306	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.468	2.468	2.468	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.29	1.47	0.46	1.41
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	%	78.64	79.30	80.11	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	19.07	19.23	19.43	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	21.36	20.70	19.89	20.65
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	5.73	5.73	5.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	89.29	92.90	97.70	93.30
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1915	2055	2153	
31	Factor de estabilidad		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1781	1911	2002	1898
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	14	14	16	15
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.56	4.06	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	5008	5374	4927	5103



Rivadeneira J. J. Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA

ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla B

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	443	443	443	443
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1343	1343	1343	1343
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	917	917	921	909
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1917.0	1917.5	1920.6	1909.2
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	426	425	422	434
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.348	2.350	2.368	2.306



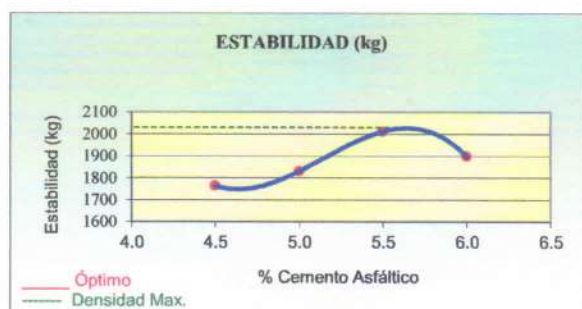
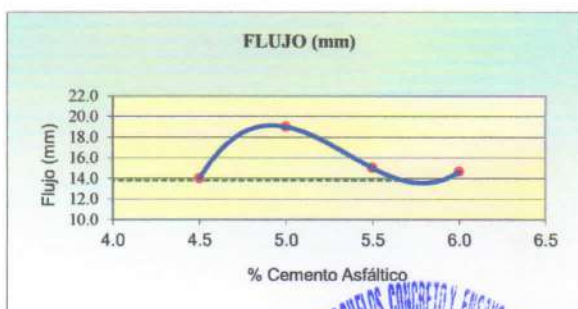
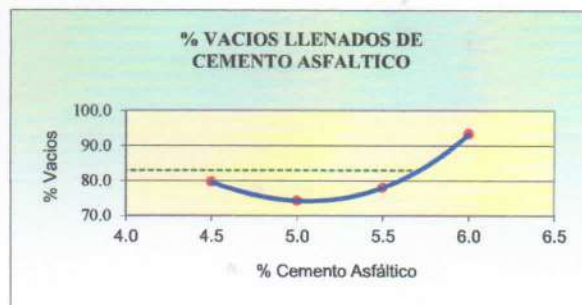
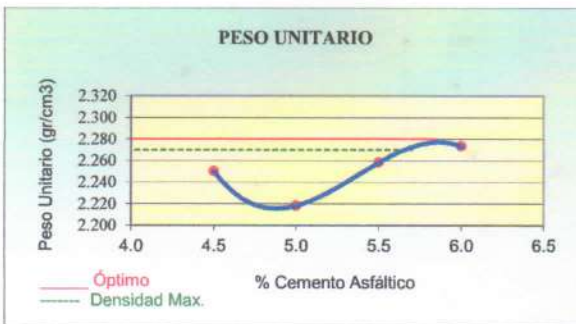
*[Firma]*  
Ritodereyra Jblitas Ferrer  
TECNICO DE LABORATORIO



**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
**MATERIAL** : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla B  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
 : Pátapo - La Victoria  
**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES  
**USAT**



*Rivinderey Solitas Arroyo*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO

RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.7
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.270
Vacios (%)	3.40
Vacios del Agregado mineral (%)	20.40
Vacios Llenados de C.A (%)	83.00
Flujo (mm)	3.51
Estabilidad (Kg)	2030
Relación Polvo Asfalto	0.97

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla A

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	67.5	4.50%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	42.11
B Arena	53.40	48.61
C Filler	2.5	2.39

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	42.11	42.11	42.11	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.61	48.61	48.61	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.39	2.39	2.39	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.77	6.58	6.47	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1232.05	1195.78	1168.3	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1234.77	1198.99	1170.4	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	700.0	670	650	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	534.8	528.99	520.36	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.304	2.260	2.245	2.270
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.326	2.326	2.326	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.525	2.525	2.525	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.93	2.80	3.46	2.40
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 * 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4+5) * 17/21$	%	81.70	80.16	79.62	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	17.37	17.04	16.92	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	18.30	19.84	20.38	19.51
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.23	4.23	4.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	94.90	85.89	83.02	87.94
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2859	3000	2750	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	1.00	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2745	2880	2750	2792
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	14	15	14	14
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.81	3.56	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	7718	7559	7733	7670



Rivadeneiro Jblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla A

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387.5	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.89
B Arena	53.40	48.36
C Filler	2.5	2.38

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.89	41.89	41.89	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.36	48.36	48.36	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.38	2.38	2.38	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.45	6.26	6.48	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1173.97	1133.4	1174.1	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1176.28	1134.79	1177.7	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	660.0	630	660.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	516.3	504.79	517.71	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.274	2.245	2.268	2.262
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.357	2.357	2.357	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.506	2.506	2.506	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.51	4.73	3.77	4.00
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	80.21	79.20	80.00	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	16.27	16.07	16.23	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	19.79	20.80	20.00	20.19
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.73	4.73	4.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	82.24	77.26	81.15	80.22
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2247	2010	2607	
31	Factor de estabilidad		1.00	1.04	1.00	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2247	2090	2607	2315
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	13	15	14	14
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.81	3.66	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	6805	5487	7337	6541



Rivadeneira Jobitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla A  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.67
B Arena	53.40	48.10
C Filler	2.5	2.36

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.67	41.67	41.67	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.10	48.10	48.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.36	2.36	2.36	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.78	6.44	6.31	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1225.7	1175.46	1167.9	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1227.65	1178.78	1169.1	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	680.0	660	670.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	547.7	518.78	499.1	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.238	2.266	2.340	2.281
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.362	2.362	2.362	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.487	2.487	2.487	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.23	4.06	0.92	3.40
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectiva del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4)*17/21$	%	78.54	79.51	82.11	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100-(25+20)$	%	16.23	16.43	16.97	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	21.46	20.49	17.89	19.95
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	5.23	5.23	5.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100$	%	75.63	80.19	94.87	83.56
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2544	2366	2752	
31	Factor de estabilidad		0.89	1.00	1.04	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2264	2366	2862	2497
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	19	17	18	18
34	Fluencia	m.m.	4.83	4.32	4.57	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	4692	5479	6260	5477



Rivadeneira Jblitas Jent  
TECNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla A

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferrefiafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.45
B Arena	53.40	47.85
C Filler	2.5	2.35

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.45	41.45	41.45	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	47.85	47.85	47.85	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.35	2.35	2.35	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.019	1.019	1.019	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.57	6.39	6.52	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1214.26	1183.94	1204.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1215.82	1185.52	1206.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	690.0	670	690.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	525.8	515.52	515.99	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.309	2.297	2.333	2.313
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.340	2.340	2.340	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.468	2.468	2.468	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.29	1.83	0.26	1.13
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	80.60	80.16	81.44	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	18.10	18.00	18.29	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	19.40	19.84	18.56	19.26
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	5.73	5.73	5.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	93.34	90.75	98.58	94.22
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2043	2319	2110	
31	Factor de estabilidad		0.96	1.00	1.00	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1961	2319	2110	2130
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	15	16	19	17
34	Fluencia	m.m.	3.81	4.06	4.83	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	5148	5706	4372	5075



RIVERA NEYRA JOLITAS JENNY  
TECNICO DE LABORATORIO



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla A

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	443	443	443	443
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1343	1343	1343	1343
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	913	919	920	916
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1913.0	1918.6	1919.5	1915.5
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	430	424	423	427
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.326	2.357	2.362	2.340



*Rivadeneira Oblitas Dent*  
TECNICO DE LABORATORIO



## REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

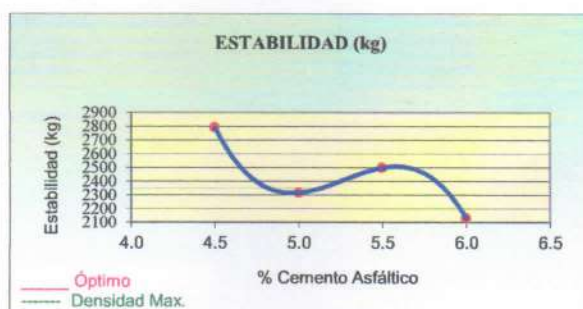
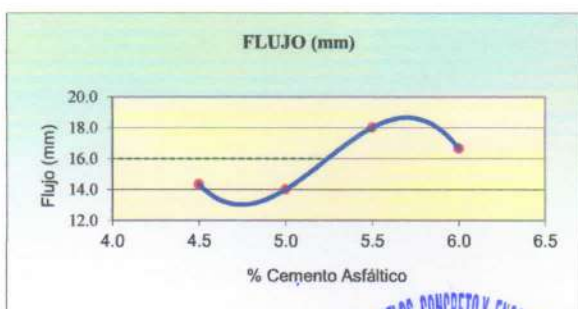
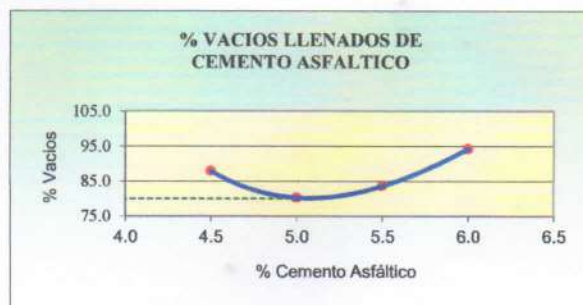
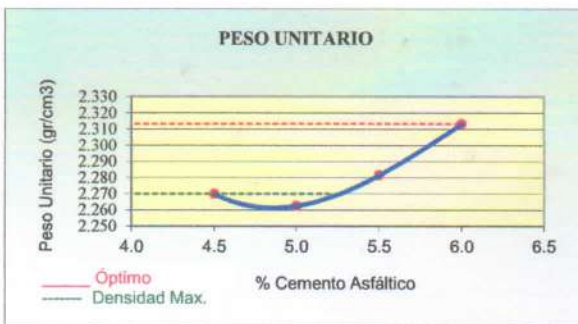
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 5% TPU - Mezcla A

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila



*[Firma]*  
Rafael de la Cruz Oblitas Arroyo  
TÉCNICO DE LABORATORIO



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.2
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.270
Vacios (%)	4.00
Vacios del Agregado mineral (%)	20.20
Vacios Llenados de C.A (%)	80.00
Flujo (mm)	4.06
Estabilidad (Kg)	2350
Relación Polvo Asfalto	0.88

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla C

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filler)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	67.5	4.50%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	42.11
B Arena	53.40	48.61
C Filler	2.5	2.39

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	1 - 6	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	42.11	42.11	42.11	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.61	48.61	48.61	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.39	2.39	2.39	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.7	6.79	7.07	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1181.95	1193.15	1247.9	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1190	1200	1250.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	660.0	660	690	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	530.0	540	560	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.230	2.210	2.228	2.223
18	Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.321	2.321	2.321	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.524	2.524	2.524	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.93	4.81	4.00	4.25
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $100 - 2 / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $100 - 21 / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 * 6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4+5) * 17/21$	%	79.08	78.35	79.02	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	16.99	16.84	16.98	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.92	21.65	20.98	21.18
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.23	4.23	4.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	81.23	77.77	80.92	79.98
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1998	1926	2210	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.93	0.86	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1918	1791	1901	1870
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	21	18	20	20
34	Fluencia	m.m.	5.33	4.57	5.08	



*[Firma]*  
Rafael Obitas Jent  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla C  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387.5	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.89
B Arena	53.40	48.36
C Filler	2.5	2.38

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.89	41.89	41.89	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.36	48.36	48.36	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.38	2.38	2.38	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	7.12	6.66	6.52	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1168.67	1177.24	1125.1	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1170	1180	1130.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	650.0	660	620.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	520.0	520	510	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.247	2.264	2.206	2.239
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.267	2.267	2.267	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.505	2.505	2.505	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.84	0.12	2.67	1.21
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/3) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	79.28	79.86	77.82	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	19.88	20.02	19.51	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.72	20.14	22.18	21.01
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.73	4.73	4.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	95.93	99.43	87.97	94.44
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2392	1770	1686	
31	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2392	1770	1686	1949
33	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	17	19	16	17
34	Fluencia	m.m.	4.32	4.83	4.06	



*[Firma]*  
Fundadora Oblitas de la  
TÉCNICO DE LABORATORIO



**DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO**  
**METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245**

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla C

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.67
B Arena	53.40	48.10
C Filler	2.5	2.36

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.67	41.67	41.67	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.10	48.10	48.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.36	2.36	2.36	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.95	6.97	6.85	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1235.44	1227.2	1212.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1240	1230	1220.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	690.0	680	680.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	550.0	550	540	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.246	2.231	2.245	2.241
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.348	2.348	2.348	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.486	2.486	2.486	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.33	4.97	4.40	4.56
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	%	78.82	78.30	78.76	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	16.85	16.74	16.84	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	21.18	21.70	21.24	21.37
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	5.23	5.23	5.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	79.57	77.12	79.28	78.65
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1973	1530	1974	
31	Factor de estabilidad		0.89	0.89	0.93	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1756	1362	1836	1651
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	15	18	17	17
34	Fluencia	m.m.	3.81	4.57	4.32	



TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
RIVERA OBITAS JENI  
TECNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla C  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.45
B Arena	53.40	47.85
C Filler	2.5	2.35

Mezcla	
Especificaciones IVB	

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	6.0	6.0	6.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	41.45	41.45	41.45
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	47.85	47.85	47.85
5	% de filler en peso de mezcla (mínima 65% pasa malla #200)	2.35	2.35	2.35
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.017	1.017	1.017
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.634	2.634	2.634
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.696	2.696	2.696
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.597	2.597	2.597
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.622	2.622	2.622
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 3.15	3.15	3.15
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.83	6.65	6.8
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1194.77	1193.33	1181.2
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1200	1195	1184.0
15	Peso de la briqueta en el agua	gr. 670.0	660	650.0
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 530.0	535	534
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.254	2.231	2.212
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.308	2.308	2.308
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc. 2.467	2.467	2.467
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 2.34	3.37	4.17
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.626	2.626	2.626
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.666	2.666	2.666
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc. 2.646	2.646	2.646
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 0.30	0.30	0.30
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	% 78.69	77.86	77.21
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	% 18.98	18.78	18.62
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 21.31	22.14	22.79
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	% 5.73	5.73	5.73
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	% 89.03	84.79	81.71
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 1494	1927	905
31	Factor de estabilidad	kg 0.96	0.96	0.96
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg 1434	1850	869
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul. 19	18	15
34	Fluencia	m.m. 4.83	4.57	3.81



*[Firma]*  
RUBEN J. J. J. J.  
TÉCNICO DE LABORATORIO



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA

ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D-2041

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla C

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	443	443	443	443
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1343	1343	1343	1343
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	912	902	917	910
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1912.1	1901.8	1917.0	1909.7
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	431	441	426	433
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.321	2.267	2.348	2.308



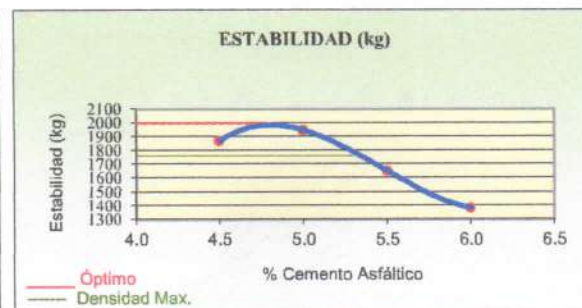
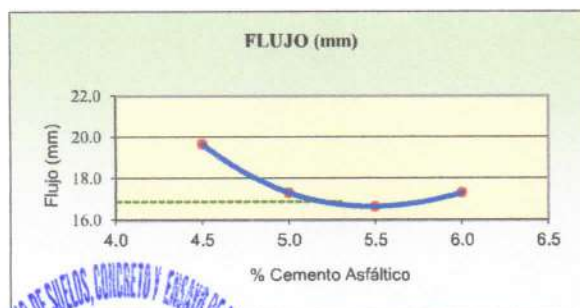
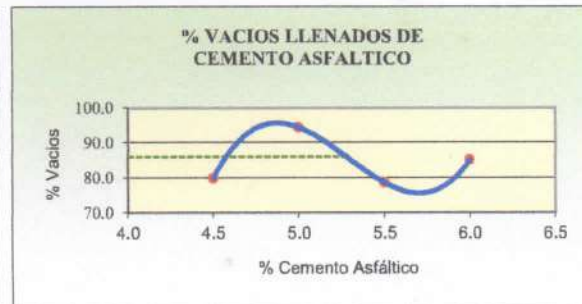
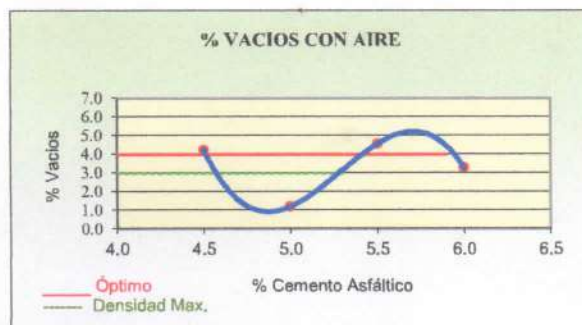
*[Handwritten Signature]*  
GUSTAVO ALONSO TALLADO BAILA  
TÉCNICO DE LABORATORIO



**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla C  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila



*Gustavo Alonso Talledo Baila*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO

RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.3
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.242
Vacios (%)	3.00
Vacios del Agregado mineral (%)	21.20
Vacios Llenados de C.A (%)	86.00
Flujo (mm)	4.29
Estabilidad (Kg)	1760
Relación Polvo Asfalto	0.90

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla B

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	67.5	####
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	42.11
B Arena	53.40	48.61
C Filler	2.5	2.39

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	42.11	42.11	42.11	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.61	48.61	48.61	
5	% de filler en peso de mezcla (mínima 65% pasa malla #200)	%	2.39	2.39	2.39	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.56	6.61	6.82	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1183.77	1164.35	1205.3	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1190	1170	1210.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	660.0	640	670	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	530.0	530	540	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.234	2.197	2.232	2.221
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.294	2.294	2.294	
19	Máxima densidad teórica de las agregadas $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.524	2.524	2.524	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.64	4.24	2.70	3.19
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 * 6(23-21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4+5) * 17/21$	%	79.20	77.91	79.15	
26	% del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	18.16	17.86	18.14	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.80	22.09	20.85	21.25
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.23	4.23	4.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	87.31	80.83	87.03	85.06
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1850	1583	2218	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.93	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1776	1520	2063	1786
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	14	15	17	15
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.81	4.32	



*Rivadeneiro Jblitas Henry*  
TECNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla B  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387,5	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.89
B Arena	53.40	48.36
C Filler	2.5	2.38

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.0	5.0	5.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	41.89	41.89	41.89
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	48.36	48.36	48.36
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	2.38	2.38	2.38
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.017	1.017	1.017
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.634	2.634	2.634
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.696	2.696	2.696
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.597	2.597	2.597
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.622	2.622	2.622
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 3.15	3.15	3.15
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.79	6.53	6.91
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1222.95	1159.32	1224.8
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1225	1162	1230.0
15	Peso de la briqueta en el agua	gr. 690.0	650	680.0
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 535.0	512	550
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.286	2.264	2.227
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.366	2.366	2.366
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc. 2.505	2.505	2.505
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 3.37	4.28	5.87
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.626	2.626	2.626
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.666	2.666	2.666
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc. 2.646	2.646	2.646
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 0.30	0.30	0.30
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	% 80.64	79.88	78.56
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	% 15.99	15.84	15.58
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 19.36	20.12	21.44
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	% 4.73	4.73	4.73
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	% 82.59	78.71	72.65
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 2452	1948	2203
31	Factor de estabilidad	0.96	1.00	0.89
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg 2354	1948	1961
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul. 16	15	18
34	Fluencia	m.m. 4.06	3.81	4.57



RIVERA Obliatas Henry  
TECNICO DE LABORATORIO

TECNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla B  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.67
B Arena	53.40	48.10
C Filler	2.5	2.36

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.5	5.5	5.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	41.67	41.67	41.67
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	48.10	48.10	48.10
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	2.36	2.36	2.36
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	1.017	1.017	1.017
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	2.634	2.634	2.634
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	2.696	2.696	2.696
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	2.597	2.597	2.597
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	2.622	2.622	2.622
11	Peso específico aparente del filler	3.15	3.15	3.15
12	Altura promedio de la briqueta	6.57	6.7	6.51
13	Peso de la briqueta en el aire	1156.65	1208.71	1148.2
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	1160	1210	1150.0
15	Peso de la briqueta en el agua	640.0	680	640.0
16	Volumen de la briqueta 14-15	520.0	530	510
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	2.224	2.281	2.251
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	2.326	2.326	2.326
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 \cdot 2 / (7+8)) + (4 \cdot 2 / (9+10)))$	2.486	2.486	2.486
20	% de vacías con aire $100 \cdot (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	4.39	1.97	3.23
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	2.626	2.626	2.626
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	2.666	2.666	2.666
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 \cdot P - 10))$	2.646	2.646	2.646
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	0.30	0.30	0.30
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) \cdot 17/21$	78.05	80.03	79.00
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	17.56	18.00	17.77
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	21.95	19.97	21.00
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (3+4)$	5.23	5.23	5.23
29	Relación betún vacíos $(26/27) \cdot 100$	80.00	90.13	84.63
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	1750	2360	1819
31	Factor de estabilidad	1.00	0.96	1.00
32	Estabilidad corregida $31 \cdot 32$	1750	2266	1819
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	16	16	16
34	Fluencia	4.06	4.06	4.06



*[Firma]*  
Rudemeyto Jbilitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



**DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO**  
**METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245**

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
**MATERIAL** : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla B  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.45
B Arena	53.40	47.85
C Filler	2.5	2.35

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	6.0	6.0	6.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	41.45	41.45	41.45
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	47.85	47.85	47.85
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	2.35	2.35	2.35
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.017	1.017	1.017
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.634	2.634	2.634
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.696	2.696	2.696
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.597	2.597	2.597
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.622	2.622	2.622
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 3.15	3.15	3.15
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.67	6.66	6.99
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1114.91	1169.91	1172.6
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1117.5	1170	1180.0
15	Peso de la briqueta en el agua	gr. 600.0	640	630.0
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 517.5	530	549.95
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.154	2.207	2.132
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.242	2.242	2.242
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc. 2.467	2.467	2.467
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 3.92	1.56	4.91
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.626	2.626	2.626
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.666	2.666	2.666
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc. 2.646	2.646	2.646
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 0.30	0.30	0.30
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	% 75.20	77.05	74.42
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	% 20.88	21.39	20.66
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 24.80	22.95	25.58
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	% 5.73	5.73	5.73
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	% 84.18	93.19	80.78
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 1183	2238	1440
31	Factor de estabilidad	kg 1.00	0.96	0.89
32	Estabilidad corregida 31*32	kg 1183	2148	1282
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul. 19	13	21
34	Fluencia	m.m. 4.83	3.30	5.33



TÉCNICO DE LABORATORIO

Ronald Aguirre Jilinas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla B

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	443	443	443	443
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1343	1343	1343	1343
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	907	920	913	897
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1907.0	1920.2	1913.1	1897.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	436	423	430	446
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.294	2.366	2.326	2.242

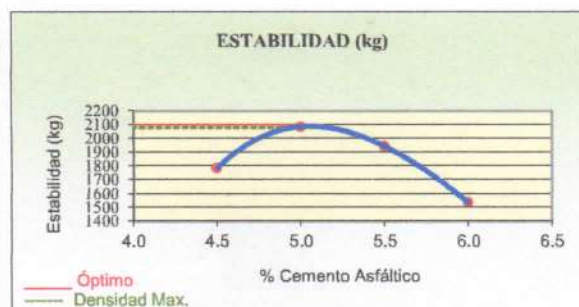
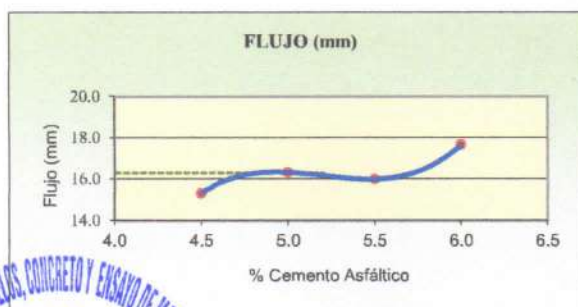
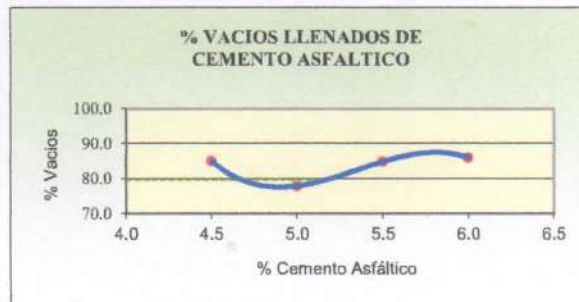
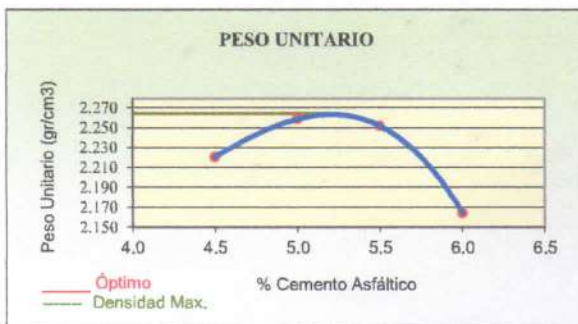


*[Handwritten Signature]*  
RIVINGTON J. J. J. J.  
TÉCNICO DE LABORATORIO



**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
**MATERIAL** : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla B  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



*Rivadeneiro Jblitas Denis*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.2
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.265
Vacios (%)	4.00
Vacios del Agregado mineral (%)	20.40
Vacios Llenados de C.A (%)	80.00
Flujo (mm)	4.14
Estabilidad (Kg)	2080
Relación Polvo Asfalto	0.88

TÉCNICO DE LABORATORIO

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla A

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	67.5	4.50%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	42.11
B Arena	53.40	48.61
C Filler	2.5	2.39

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9
100	80 - 100	70 - 88	1 - 6	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	42.11	42.11	42.11	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.61	48.61	48.61	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.39	2.39	2.39	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.97	6.79	6.23	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1126.83	1207.57	1083.8	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1130	1210	1090.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	630.0	680	600	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	500.0	530	490	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.254	2.278	2.212	2.248
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.341	2.341	2.341	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.524	2.524	2.524	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.75	2.69	5.53	3.99
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4^2/P-10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 * 6(23-21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4+5) * 17/21$	%	79.92	80.80	78.44	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	16.33	16.51	16.03	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.08	19.20	21.56	20.28
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.23	4.23	4.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	81.33	85.99	74.34	80.55
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1655	2247	1474	
31	Factor de estabilidad		1.04	0.96	1.09	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1721	2157	1607	1828
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	18	12	16	15
34	Fluencia	m.m.	4.57	3.05	4.06	



*Rivadeneiro Volintas Henrí*  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla A  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387.5	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.89
B Arena	53.40	48.36
C Filler	2.5	2.38

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.89	41.89	41.89	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.36	48.36	48.36	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.38	2.38	2.38	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.25	6.69	6.54	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1130.01	1221.53	1147.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1132.25	1225.23	1150.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	640.0	690	630.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	492.3	535.23	520	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.296	2.282	2.206	2.261
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.314	2.314	2.314	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	2.505	2.505	2.505	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.79	1.37	4.67	2.28
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	80.98	80.51	77.81	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	18.23	18.12	17.52	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	19.02	19.49	22.19	20.23
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.73	4.73	4.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	95.84	92.98	78.94	89.25
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2304	2950	1869	
31	Factor de estabilidad		1.09	0.96	1.00	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2511	2832	1869	2404
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	14	13	14	14
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.30	3.56	



Rivadeneiro J. J. Obitas de la  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla A  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.67
B Arena	53.40	48.10
C Filler	2.5	2.36

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla	
Especificaciones IVB	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.67	41.67	41.67	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.10	48.10	48.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.36	2.36	2.36	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.5	6.82	6.64	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1150.02	1248.58	1204.2	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1154.24	1250.8	1210.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	640.0	710	680.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	514.2	540.8	530	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.236	2.309	2.272	2.272
18	Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.352	2.352	2.352	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.486	2.486	2.486	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.93	1.85	3.41	3.40
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4^*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23^*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4)^*17/21$	%	78.47	81.02	79.73	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	16.60	17.13	16.86	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	21.53	18.98	20.27	20.26
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)^*(3+4)$	%	5.23	5.23	5.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27)^*100$	%	77.10	90.26	83.17	83.51
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2620	2497	2450	
31	Factor de estabilidad		1.00	0.93	0.96	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2620	2322	2352	2431
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	13	14	17	15
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.56	4.32	



Rivadeneira Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla A

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.45
B Arena	53.40	47.85
C Filler	2.5	2.35

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.45	41.45	41.45	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	47.85	47.85	47.85	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.35	2.35	2.35	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.017	1.017	1.017	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.63	6.47	6.63	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1141.91	1158.34	1189.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1144.85	1160.2	1190.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	630.0	650	670.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	514.9	510.2	520	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.218	2.270	2.287	2.258
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.296	2.296	2.296	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	2.467	2.467	2.467	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.39	1.11	0.41	1.64
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	77.42	79.25	79.81	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	19.19	19.64	19.78	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	22.58	20.75	20.19	21.18
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	5.73	5.73	5.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	84.98	94.65	97.98	92.54
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1810	2445	1892	
31	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1810	2445	1892	2049
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	13	14	13	13
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.56	3.30	



*[Firma]*  
Rafael Alberto Obitas de la Cruz  
TECNICO DE LABORATORIO



**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA**

**ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D - 2041**

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla A

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Balla

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	443	443	443	443
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1343	1343	1343	1343
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	916	911	918	907
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1915.9	1910.8	1917.8	1907.4
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	427	432	425	436
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.341	2.314	2.352	2.296



*Rivadeneiro Oblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO



### REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

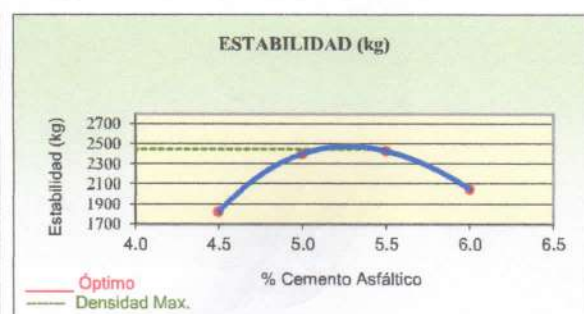
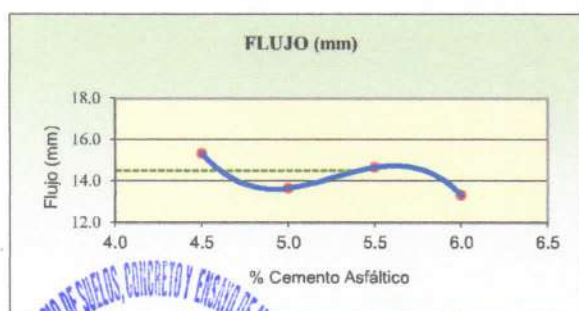
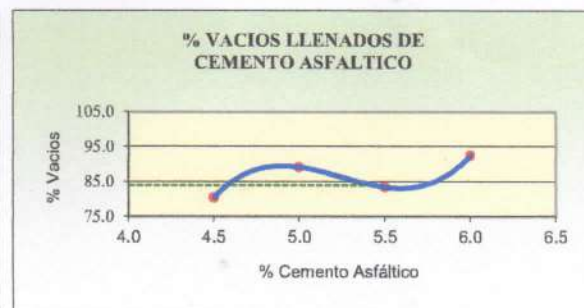
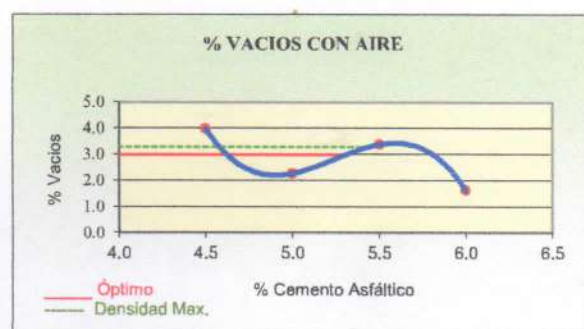
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 10% TPU - Mezcla A

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila



*Rivadomeyro Jblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.4
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.740
Vacios (%)	3.30
Vacios del Agregado mineral (%)	20.20
Vacios Llenados de C.A (%)	84.00
Flujo (mm)	3.68
Estabilidad (Kg)	2450
Relación Polvo Asfalto	0.92

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla C

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Balla

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	67.5	4.50%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	42.11
B Arena	53.40	48.61
C Filler	2.5	2.39

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N#4	N#10	N#40	N#80	N#200
	100	90.3	78.0	###	42.9	22.0	11.7	5.9
	100	80-100	70-88	1-6	38-52	17-28	8-17	4-8

1	Número de briquea	#	1	2	3	Prom.	
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5		
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	42.11	42.11	42.11		
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.61	48.61	48.61		
5	% de filler en peso de mezcla (mínima 65% pasa malla #200)	%	2.39	2.39	2.39		
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.015	1.015	1.015		
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634		
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665	
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597		
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610	
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150	
12	Altura promedio de la briquea	cm.	6.58	6.6	6.48		
13	Peso de la briquea en el aire	gr.	1156.83	1140.94	1064.6		
14	Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1160	1150	1067.0		
15	Peso de la briquea en el agua	25 °C	gr.	640.0	630	570	
16	Volumen de la briquea 14-15	c.c.	520.0	520	497		
17	Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.225	2.194	2.142	2.187	
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.252	2.252	2.252		
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/7) + (4^2/9) + (5/10))$	gr/cc.	2.524	2.524	2.524		
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.20	2.56	4.87	2.88	
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626		
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666		
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646		
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 * 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30		
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3 + 4 + 5) * 17 / 21$	%	78.89	77.81	75.96		
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100 - (25 + 20)$	%	19.91	19.64	19.17		
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	21.11	22.19	24.04	22.45	
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	4.23	4.23	4.23		
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	94.32	88.48	79.73	87.51	
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1460	1595	903		
31	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.04		
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1460	1595	939	1331	
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	10	9	9	9	
34	Fluencia	m.m.	2.54	2.29	2.29		



TÉCNICO DE LABORATORIO

RIVERA J. J. Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla C  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387.5	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.89
B Arena	53.40	48.36
C Filler	2.5	2.38

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.0	5.0	5.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	41.89	41.89	41.89
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	48.36	48.36	48.36
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	2.38	2.38	2.38
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.015	1.015	1.015
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.634	2.634	2.634
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.696	2.696	2.696
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.597	2.597	2.597
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.622	2.622	2.622
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 3.15	3.15	3.15
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.67	6.48	6.59
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1176.81	1113.38	1144.3
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1180	1120	1150.0
15	Peso de la briqueta en el agua	gr. 660.0	610	640.0
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 520.0	510	510
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.263	2.183	2.244
18	Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.291	2.291	2.291
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc. 2.504	2.504	2.504
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 1.24	4.73	2.08
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.626	2.626	2.626
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.666	2.666	2.666
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc. 2.646	2.646	2.646
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 0.30	0.30	0.30
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	% 79.83	77.01	79.15
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	% 18.93	18.26	18.77
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 20.17	22.99	20.85
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	% 4.73	4.73	4.73
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	% 93.86	79.43	90.00
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 2308	1342	1786
31	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00
32	Estabilidad corregida 31*32	kg 2308	1342	1786
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul. 16	11	15
34	Fluencia	m.m. 4.06	2.79	3.81



TÉCNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
Gustavo Alonso Talledo Baila  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T-245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla C

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.67
B Arena	53.40	48.10
C Filler	2.5	2.36

% Que Pasa el Tamiz									
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200	
	100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8	

Mezcla	Especificaciones	IVB

		#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.67	41.67	41.67	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.10	48.10	48.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.36	2.36	2.36	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.015	1.015	1.015	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.79	6.99	6.81	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1167.35	1218.81	1218.1	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1170	1220	1220.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	640.0	660	680.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	530.0	560	540	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.203	2.176	2.256	2.212
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.285	2.285	2.285	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.485	2.485	2.485	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.60	4.74	1.27	3.20
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	77.29	76.37	79.16	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	19.12	18.89	19.58	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	22.71	23.63	20.84	22.39
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	5.23	5.23	5.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	84.16	79.94	93.93	86.01
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1971	2051	2408	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.86	0.93	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1892	1764	2239	1965
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	20	18	18	19
34	Fluencia	m.m.	5.08	4.57	4.57	



*[Firma]*  
Blundeneyra Obitas Jentry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla C  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/73	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.45
B Arena	53.40	47.85
C Filler	2.5	2.35

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

#	Mezcla	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta				
2	C.A. en peso de la mezcla	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	41.45	41.45	41.45	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	47.85	47.85	47.85	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	2.35	2.35	2.35	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.015	1.015	1.015	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.64	6.85	6.82	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1174.47	1204.03	1216.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1180	1210	1220.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr. 660.0	670	680.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 520.0	540	540	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.259	2.230	2.252	2.247
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.266	2.266	2.266	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc. 2.466	2.466	2.466	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 0.34	1.62	0.64	0.87
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc. 2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	% 78.84	77.83	78.60	
26	% del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	% 20.82	20.55	20.76	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 21.16	22.17	21.40	21.58
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	% 5.73	5.73	5.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	% 98.37	92.70	97.01	96.03
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 2223	2951	2533	
31	Factor de estabilidad	1.00	0.93	0.93	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg 2223	2744	2356	2441
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul. 17	16	20	18
34	Fluencia	m.m. 4.32	4.06	5.08	



**TECNICO DE LABORATORIO**

TECNICO DE LABORATORIO



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA

ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D - 2041

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla C

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	443	443	443	443
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1343	1343	1343	1343
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	899	907	905	902
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1898.8	1906.6	1905.3	1901.7
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	444	436	438	441
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.252	2.291	2.285	2.266



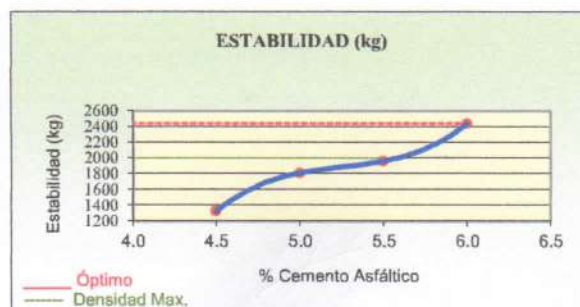
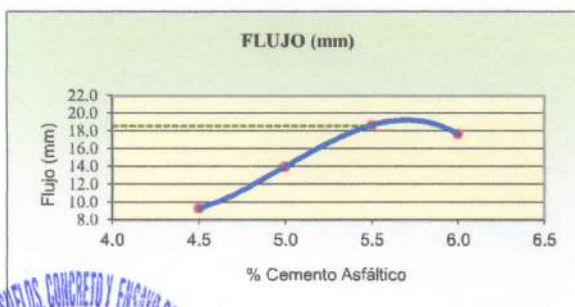
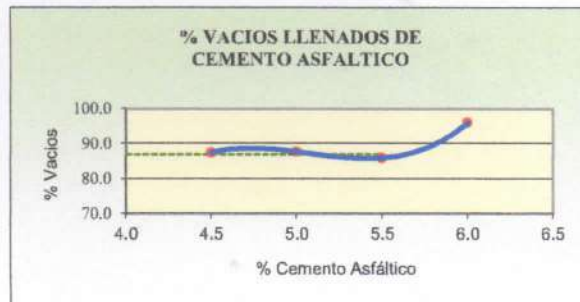
*[Handwritten Signature]*  
Rivadeneira Jblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



## REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla C  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.5
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.210
Vacios (%)	3.20
Vacios del Agregado mineral (%)	22.45
Vacios Llenados de C.A (%)	87.00
Flujo (mm)	4.72
Estabilidad (Kg)	2000
Relación Polvo Asfalto	0.94



*Rivanderayro Jblitas Aenti*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad



**DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO**  
**METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245**

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla B

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	67.5	4.50%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	42.11
B Arena	53.40	48.61
C Filler	2.5	2.39

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8	

1	Número de briquea	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	42.11	42.11	42.11	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.61	48.61	48.61	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.39	2.39	2.39	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.015	1.015	1.015	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briquea	cm.	6.51	6.77	6.65	
13	Peso de la briquea en el aire	gr.	1175.84	1206.81	1168.4	
14	Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1180	1210	1170.0	
15	Peso de la briquea en el agua	gr.	660.0	680	650	
16	Volumen de la briquea 14-15	c.c.	520.0	530	520	
17	Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.261	2.277	2.247	2.262
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.293	2.293	2.293	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.524	2.524	2.524	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.37	0.68	1.99	1.35
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4^*P-10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 * 6(23-21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3+4+5) * 17/21$	%	80.19	80.75	79.68	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100 - (25+20)$	%	18.44	18.57	18.32	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	19.81	19.25	20.32	19.79
28	Asfalto efectiva / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.23	4.23	4.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	93.08	96.45	90.19	93.24
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2173	2925	2150	
31	Factor de estabilidad		1.00	0.96	1.00	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2173	2808	2150	2377
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	13	13	14	13
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.30	3.56	



TÉCNICO DE LABORATORIO

Ripademyra Obitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla B

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387.5	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.89
B Arena	53.40	48.36
C Filler	2.5	2.38

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla	IVB
--------	-----

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.89	41.89	41.89	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.36	48.36	48.36	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.38	2.38	2.38	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.015	1.015	1.015	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.79	6.97	6.54	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1202.9	1258.06	1142.6	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1210	1260	1145.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	670.0	710	640.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	540.0	550	505	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.228	2.287	2.263	2.259
18	Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.304	2.304	2.304	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.30	0.70	1.78	1.93
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 21) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	78.58	80.69	79.82	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	18.12	18.61	18.40	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	21.42	19.31	20.18	20.30
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.73	4.73	4.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	84.59	96.35	91.18	90.71
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2421	2574	2325	
31	Factor de estabilidad		0.93	0.89	1.04	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2252	2291	2418	2320
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	12	12	14	13
34	Fluencia	m.m.	3.05	3.05	3.56	



Ricardo J. Oblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla B  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.67
B Arena	53.40	48.10
C Filler	2.5	2.36

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briquea	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.67	41.67	41.67	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.10	48.10	48.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.36	2.36	2.36	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.015	1.015	1.015	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briquea	cm.	6.5	6.32	6.69	
13	Peso de la briquea en el aire	gr.	1227.35	1097.83	1153.5	
14	Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1230	1100	1160.0	
15	Peso de la briquea en el agua	gr.	680.0	600	640.0	
16	Volumen de la briquea 14-15	c.c.	550.0	500	520	
17	Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.232	2.196	2.218	2.215
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.263	2.263	2.263	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.485	2.485	2.485	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.40	2.99	1.99	2.13
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3+4)*17/21$	%	78.31	77.05	77.84	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100-(25+20)$	%	20.29	19.96	20.17	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	21.69	22.95	22.16	22.27
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	5.23	5.23	5.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100$	%	93.53	86.98	91.03	90.51
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2690	2619	2126	
31	Factor de estabilidad		0.89	1.04	1.00	
32	Estabilidad corregida $31*32$	kg	2394	2724	2126	2415
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	14	14	14	14
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.56	3.56	



TÉCNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
Gustavo Alonso Talledo Baila  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla B  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.45
B Arena	53.40	47.85
C Filler	2.5	2.35

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.45	41.45	41.45	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	47.85	47.85	47.85	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.35	2.35	2.35	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.015	1.015	1.015	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.74	6.83	6.75	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1191.75	1197.96	1163.8	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1200	1200	1170.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	670.0	670	650.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	530.0	530	520	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.249	2.260	2.238	2.249
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.275	2.275	2.275	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.466	2.466	2.466	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.15	0.63	1.61	1.13
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	78.49	78.90	78.12	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	20.37	20.47	20.27	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	21.51	21.10	21.88	21.50
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	5.73	5.73	5.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	94.68	97.01	92.66	94.78
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2280	2091	1899	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	1.00	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2189	2007	1899	2032
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	18	18	14	17
34	Fluencia	m.m.	4.57	4.57	3.96	



TECNICO DE LABORATORIO

Rivadeneira Obitas Henry  
TECNICO DE LABORATORIO



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA

ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla B

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	443	443	443	443
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1343	1343	1343	1343
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	907	909	901	903
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1906.8	1908.9	1901.1	1903.3
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	436	434	442	440
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.293	2.304	2.263	2.275



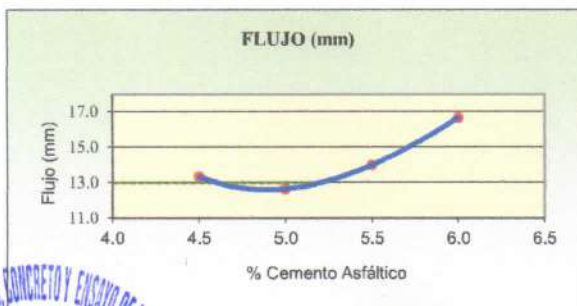
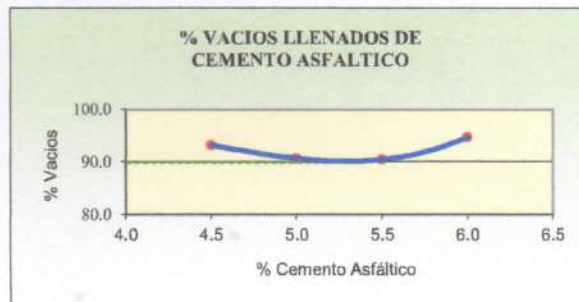
*Rivadeneiro Juntas Henry*  
Rivadeneiro Juntas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



### REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
**MATERIAL** : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla B  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
 : Pátapo - La Victoria  
**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Baila



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES  
**USAT**



*Rivadeneiro Jblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad

RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.2
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.241
Vacios (%)	2.15
Vacios del Agregado mineral (%)	21.30
Vacios Llenados de C.A (%)	90.00
Flujo (mm)	3.30
Estabilidad (Kg)	2390
Relación Polvo Asfalto	0.88



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla A

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395
Peso de C.A	67.5
Peso del Cemento	37.5
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	42.11
B Arena	53.40	48.61
C Filler	2.5	2.39

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N#4	N#10	N#40	N#80	N#200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	42.11	42.11	42.11	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.61	48.61	48.61	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.39	2.39	2.39	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.015	1.015	1.015	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.46	6.73	6.44	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1097.68	1205.29	1151.7	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1100	1210	1160.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	600.0	680	640	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	500.0	530	520	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.195	2.274	2.215	2.228
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.287	2.287	2.287	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3/2) + (7/8) + (4/2) + (9/10))$	gr/cc.	2.524	2.524	2.524	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.99	0.55	3.14	2.56
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 * 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4 + 5) * 17 / 21$	%	77.85	80.64	78.54	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	18.16	18.81	18.32	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	22.15	19.36	21.46	20.99
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	4.23	4.23	4.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	81.98	97.18	85.38	88.18
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2015	3020	2096	
31	Factor de estabilidad		1.04	0.96	1.00	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2096	2899	2096	2364
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	12	11	14	12
34	Fluencia	m.m.	3.05	2.79	3.56	



TÉCNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
Gustavo Alonso Talledo Baila  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

MATERIAL : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla A

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	47.5%
Arena Chancada 1/4"	50.0%
Cemento (Filer)	2.5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387.5	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.89
B Arena	53.40	48.36
C Filler	2.5	2.38

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.89	41.89	41.89	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.36	48.36	48.36	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.38	2.38	2.38	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.015	1.015	1.015	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.16	6.49	6.8	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1026.75	1144.52	1217.9	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1130	1150	1220.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	640.0	630	680.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	490.0	520	540	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.095	2.201	2.255	2.184
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.279	2.279	2.279	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	8.07	3.44	1.05	4.19
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	73.92	77.64	79.56	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	18.01	18.92	19.38	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	26.08	22.36	20.44	22.96
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.73	4.73	4.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	69.05	84.61	94.84	82.83
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1926	2502	2663	
31	Factor de estabilidad		1.09	1.00	0.93	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2099	2502	2477	2359
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	12	13	13	13
34	Fluencia	m.m.	3.05	3.30	3.30	



TÉCNICO DE LABORATORIO

*Rivadeneyra Jblitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla A  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filer)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.67
B Arena	53.40	48.10
C Filler	2.5	2.36

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.67	41.67	41.67	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.10	48.10	48.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.36	2.36	2.36	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.015	1.015	1.015	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.8	6.65	6.67	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1228.92	1200.01	1202.7	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1230	1205	1210.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	660.0	680	680.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	570.0	525	530	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.156	2.286	2.269	2.237
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.286	2.286	2.286	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.485	2.485	2.485	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.70	0.02	0.75	2.15
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	75.65	80.21	79.63	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	18.65	19.77	19.63	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	24.35	19.79	20.37	21.50
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	5.23	5.23	5.23	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	76.60	99.89	96.34	90.94
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2623	3075	2719	
31	Factor de estabilidad		0.86	0.96	0.96	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2256	2952	2610	2606
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	15	14	16	15
34	Fluencia	m.m.	3.81	3.56	4.06	



Rivadeneiro Jblitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla A  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila

Grava Chancada 3/4"	48%
Arena Chancada 1/4"	50%
Cemento (Filler)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	37.5	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	44.10	41.45
B Arena	53.40	47.85
C Filler	2.5	2.35

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	90.3	78.0	55.9	42.9	22.0	11.7	5.9	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	41.45	41.45	41.45	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	47.85	47.85	47.85	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	2.35	2.35	2.35	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.015	1.015	1.015	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.696	2.696	2.696	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.597	2.597	2.597	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.622	2.622	2.622	2.610
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	3.15	3.15	3.15	3.150
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.22	6.84	6.56	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1150.38	1241.62	1149.7	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1150	1250	1150.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	650.0	710	630.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	500.0	540	520	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.301	2.299	2.211	2.270
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.303	2.303	2.303	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.466	2.466	2.466	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.11	0.17	4.01	1.43
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.666	2.666	2.666	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.646	2.646	2.646	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	80.31	80.26	77.17	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	19.58	19.57	18.82	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	19.69	19.74	22.83	20.76
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	5.73	5.73	5.73	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	99.44	99.12	82.43	93.66
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1810	2445	1892	
31	Factor de estabilidad		1.04	0.93	1.00	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1882	2274	1892	2016
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	13	14	13	13
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.56	3.30	



Rivadeneiro, Abitas Henry  
TÉCNICO DE LABORATORIO



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA

ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

**TESIS** : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".

**MATERIAL** : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla A

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

**TESISTA** : Gustavo Alonso Talledo Balla

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	443	443	443	443
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1343	1343	1343	1343
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	906	904	906	909
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1905.6	1904.2	1905.6	1908.8
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	437	439	437	434
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.287	2.279	2.286	2.303



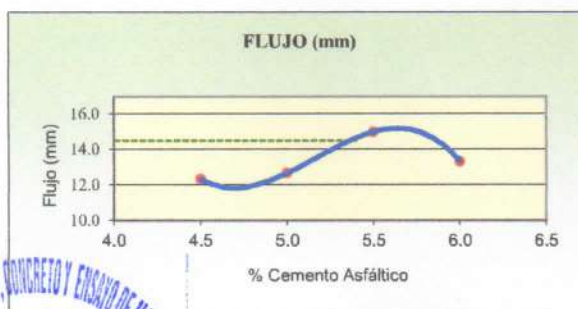
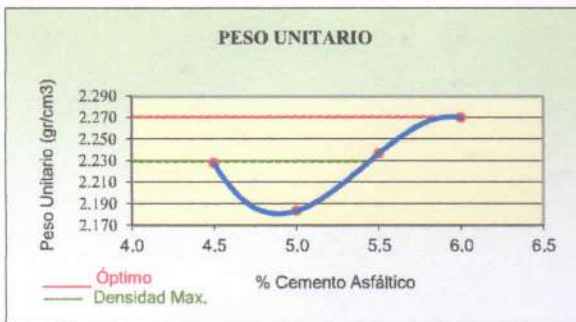
TÉCNICO DE LABORATORIO

*[Handwritten Signature]*  
RUBEN ENRIQUE VILLALBA HENRY  
TÉCNICO DE LABORATORIO

## REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Influencia de la adición de poliuretano termoplástico granulado en el comportamiento elástico de mezclas asfálticas para pavimentos".  
MATERIAL : Asfalto modificado 15% TPU - Mezcla A  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
: Pátapo - La Victoria  
TESISTA : Gustavo Alonso Talledo Baila



*Rivudo Negro, Yolitas Henry*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.4
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.230
Vacios (%)	3.00
Vacios del Agregado mineral (%)	21.90
Vacios Llenados de C.A (%)	90.00
Flujo (mm)	3.68
Estabilidad (Kg)	2570
Relación Polvo Asfalto	0.92

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad