



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall - 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Roger, Saavedra Cortez.
Roy Yoishi, Ypanaque Gómez.

ASESOR:

Mgtr. Jenisse Del Rocio, Fernández Mantilla.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

CHIMBOTE – PERÚ

2018

PAGINA DEL JURADO

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 50

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a) SAAVEDRA CORTEZ, ROGER y YPANAQUE GOMEZ, ROY YOISHI cuyo título es: INFLUENCIA DEL POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO ASFALTICO POR EL METODO MARSHALL- 2018.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el/los estudiante(s), otorgándole(s) el calificativo de: 13 (número) TRECE (letras).

Chimbote, 10 de diciembre de 2018



 Dr. CERNA CHAVEZ RIGOBERTO
 PRESIDENTE



 Mgtr. FERNANDEZ MANTILLA JENISSE-DEL ROCIO
 SECRETARIO



 Mgtr. DÍAZ GARCÍA GONZALO HUGO
 VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a Dios, quién supo darme fuerzas para seguir adelante en los problemas que se presentaban, por guiarme por el buen camino, por darme la oportunidad de vivir y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este proceso estudiantil como universitario.

De igual forma a mis padres por su apoyo incondicional, por apoyarme en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser persona de bien, pero más que nada, por su amor y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, los valores, los principios y gracias a ellos he logrado cumplir todas las metas que me he propuesto, tanto en el campo de nuestra formación profesional como lo personal.

Asimismo, a mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome y apoyándome económicamente en mis estudios.

AGRADECIMIENTO

Gratifico al profesor del curso de proyecto de investigación por su experiencia temática y científica para la culminación del estudio además de sus valiosas críticas en la corrección de la matriz de consistencia, que hace posible la realización del presente trabajo, siendo un resultado de asesoramiento y conocimientos compartidos.

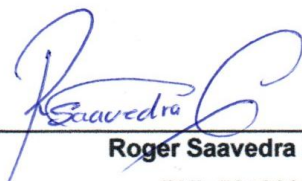
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Roger Saavedra Cortez, con DNI: 72496682, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideraras en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es verdadera y auténtica.

Así mismo, confieso también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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

Nuevo Chimbote, 17 de diciembre del 2018



Roger Saavedra Cortez
DNI: 72496682

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Roy Yoishi Ypanaqué Gómez con DNI: 70253091, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideraras en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es verdadera y auténtica.

Así mismo, confieso también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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

Nuevo Chimbote, 17 de diciembre del 2018



Roy Yoishi Ypanaqué Gómez
DNI: 70253091

INDICE

PÁGINA DE JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCION:	17
1.1. Realidad Problemática:	17
1.2. Trabajos previos:	18
1.2.1. Trabajos Previos Internacionales:	18
1.2.2. Trabajos Previos Nacionales:.....	19
1.2.3. Trabajos Previos Locales:	19
1.3. Teorías relacionadas al tema:	20
1.3.1. Polímeros:.....	20
1.3.2. Concreto asfáltico:.....	25
1.3.2.1. Componentes del concreto asfaltico.	25
1.3.2.1.1. Cemento asfaltico.....	25
1.3.2.1.2. Agregados.....	27
1.3.2.2. Propiedades físicas del concreto asfaltico.	28
Estabilidad:	12
Peso específico:	29
Flujo.	30
Porcentaje de Vacios.	30
Porcentaje de vacios en el agregado mineral.	31
Adhesión y cohesión.....	31
1.3.2.3. Propiedades mecánicas del concreto asfaltico.	32
Grado de viscosidad.	32
Grado de Penetración:	32
Ductilidad:	32
Recuperación elástica lineal:.....	32
Punto de ablandamiento:.....	33

1.3.3. Asfalto modificado:	33
1.3.3.1. Polímeros utilizados para la modificación de asfaltos.	34
1.3.4. Ensayos en laboratorio:	34
1.3.4.1. Ensayo de caracterización del polipropileno.	34
Resistencia a la tracción.	34
Resistencia a la flexión.	35
Resistencia a la compresión.	36
Dureza	36
Resistencia a la corte (método del cizallamiento).	37
1.3.4.2. Asfalto:	37
Penetración a 25°C.	37
Punto de ablandamiento.....	37
Viscosidad.....	37
Ductilidad.	38
Recuperación elástica.....	38
Punto de inflamación.	38
1.3.4.2. Agregados:	38
Abrasión los Ángeles.	38
Índice de plasticidad.....	39
Gravedad específica y absorción.....	39
Equivalente de arena.....	39
1.3.5. Diseño de mezcla asfáltica en caliente.	39
1.3.5.1. Método Marshall.....	40
1.4. Formulación del problema:	42
1.5. Justificación del estudio:	43
1.6. Hipótesis:	44
1.7. Objetivos:	44
1.7.1. General:	44
1.7.2. Específicos:	44
II. MÉTODO:	45
2.1. Diseño de la investigación:	45
2.2. Variables, operacionalización:	46
2.2.1. Variables.	46

2.2.2. Operacionalización.....	46
2.3. Población y muestra:	50
2.4. Técnicas de recolección de datos, validez y confiabilidad:	50
2.4.1. Procedimientos:	51
2.4.1.1. Penetración de los materiales bituminosos.....	51
2.4.1.2. Ensayo de punto de ablandamiento:	53
2.4.1.3. Punto de inflamacion mediante la copa abierta tag:.....	55
2.4.1.4. Ductilidad.	56
2.4.1.5. Viscosidad.	58
2.4.1.6. Ensayo marshall.	60
2.5. Validación:	72
2.6. Método de análisis de datos:	72
2.7. Aspectos éticos:	73
III. RESULTADOS:	74
3.1. Análisis químico del polipropileno.	74
3.2. Ensayo de caracterización del polipropileno.	75
3.2.1. Ensayo de tracción.	75
3.2.2. Ensayo resistencia a la flexión	77
3.2.3. Ensayo de compresión.	78
3.2.4. Ensayo de dureza (metodo brinell).....	80
3.2.5. Resistencia a la cortura	81
3.3. Ensayos de calidad del asfalto.	139
3.3.1. Ensayo de Penetración.....	139
3.3.2 Punto de inflamación.	140
3.3.3. Recuperación elástica a 25°C.....	140
3.3.4. Ductilidad	141
3.3.5. Punto de ablandamiento	142
3.3.6. Viscosidad brookfield, 135°C, 20 rpm	142
3.4. Evaluación del diseño de mezcla asfáltica.	143
3.5. Costos	178
3.6.1 costos de producción.	178
3.6. Beneficios.....	180
3.6.1. Ahorra en la producción de la mezcla asfáltica.....	180

V. CONCLUSIONES:	183
VI. RECOMENDACIONES:	185
VII. REFERENCIAS:	186
ANEXOS	189

CUADRO DE TABLAS

Tabla N°01: composición del cemento asfaltico.	26
Tabla N°02. Clasificación de agregados (rocas).....	27
Tabla N°03: Número de esferas según la masa de carga.	39
Tabla N° 04: Agregados gruesos.....	41
Tabla N°05: Agregados finos.	41
Tabla N°06: Gradación para concreto asfaltico en caliente (MAC).....	41
Tabla N°07: Especificaciones para la calidad del cemento asfaltico	41
Tabla N° 08: Parámetros para el diseño de MAC	42
Tabla 09: Muestra de ensayos establecidos.....	50
Tabla N°10: Ensayos para el desarrollo de la investigación	71
TABLA N°11: Datos para ensayo de tracción.....	76
TABLA N°13: resultados del ensayo de flexión.....	77
TABLA N°14: Características del ensayo.....	79
TABLA N°15: Resultados del ensayo de compresión.....	79
TABLA N°16: Cargas sometidas por diámetro de bola del método Brinell	80
TABLA N° 17: Datos aplicados al método brinell.....	80
TABLA N° 18: Resultados del ensayo dureza método Brinell.....	81
TABLA 19° Característica del 1er ensayo.....	83
TABLA 20° Resultado del 1er método de cizallamiento.....	83
TABLA 21° Fuerza aplicada 2do ensayo.....	84
TABLA 22° Resultado del método 2do de cizallamiento.	84
Tabla N°23: Penetración.....	139
Tabla N°24: Resultados del ensayo de penetración	139
Tabla N°25: Punto de inflamación.....	140
Tabla N°26: Resultados del ensayo del punto de inflamación	140
Tabla N°27: Recuperación elástica.	140
Tabla N°28: Resultados del ensayo de recuperación elástica.....	140
Tabla N°29: Ensayo de ductilidad.....	141
Tabla N°30: Resultados del ensayo de ductilidad	141
Tabla N°31: Ensayo de punto de ablandamiento.....	142
Tabla N°32: Resultados del ensayo de punto de ablandamiento	142
Tabla N°33: Ensayo de viscosidad	143

Tabla N°34: Viscosidad	143
Tabla 37: Dosificación de agregados para el diseño MAC.....	143
TABLA N° 38: Diseño de mezcla asfáltica convencional (4.5% ca)	145
TABLA N° 39: Diseño de mezcla asfáltica convencional (5% ca)	146
TABLA N° 40: Diseño de mezcla asfáltica convencional (5.5% ca)	147
TABLA N° 41: Diseño de mezcla asfáltica modificada (4.5% ca con 3% de pp)	151
TABLA N° 42: Diseño de mezcla asfáltica modificada (5% ca con 3% de pp)	152
TABLA N° 43: Diseño de mezcla asfáltica modificada (5.5% ca con 3% de pp)	153
TABLA N° 44: Diseño de mezcla asfáltica modificada (4.5% ca con 5% de pp)	158
TABLA N° 45: Diseño de mezcla asfáltica modificada (5% ca con 5% de pp)	159
TABLA N° 46: Diseño de mezcla asfáltica modificada (5.5% ca con 5% de pp)	160
TABLA N° 47: Diseño de mezcla asfáltica modificada (4.5% ca con 8% de pp)	164
TABLA N° 48: Diseño de mezcla asfáltica modificada (5% ca con 8% de pp).....	165
TABLA N° 49: Diseño de mezcla asfáltica modificada (5.5% ca con 8% de pp)	166
Tabla N°50. Análisis de Precios Unitarios – Concreto Asfáltico convencional	179
Tabla N° 51. Análisis de Precios Unitarios – Concreto Asfáltico Modificado con PP	179
Tabla 52. Ahorro en la producción total de mezcla asfáltica	180

CUADRO DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Cantera de los agregados.	72
Gráfico N°2: Laboratorio de suelos de la UCV.....	73
GRAFICO N°3: Análisis químico del polipropileno (silla plástica)	74
GRAFICO N°4: Probetas para ensayo de tracción	75
GRAFICO N°5: Curva de ensayo de tracción.....	76
GRAFICO N° 6: Curva de flexión	78
GRAFICO N° 7: Dimensiones del espécimen	79
GRAFICO N° 8: Curva de compresión del polipropileno.....	79
GRAFICO N°9: Dimensiones del espécimen	80
GRAFICO N° 10: Cronometro de fuerza método Brinell.....	81
GRAFICO N° 11 Huella de la bola del método Brinell.....	81
GRAFICO N° 12: Características del ensayo de cizallamiento	82
GRAFICO N° 13: Dimensiones del espécimen	82
GRAFICO N° 14: Cronometro de fuerza del 1er ensayo de cizallamiento.....	82
GRAFICO N° 15: Cronometro distancia de corte del 1er método cizallamiento.....	83
GRAFICO N° 16: Cronograma de fuerza del 2do ensayo de cizallamiento.....	84
GRAFICO N° 17: Cronometro distancia de corte del 2do método cizallamiento	84
GRÁFICO N° 18. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.	148
GRÁFICO N° 19: Porcentaje de cemento asfáltico vs Estabilidad	148
GRÁFICO N° 20: Porcentaje cemento asfáltico vs Flujo	149
GRÁFICO N° 21: Porcentaje cemento asfáltico vs Vacíos.....	149
GRÁFICO N° 22: Porcentaje cemento asfáltico vs V.M.A.	150
GRÁFICO N° 23. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.	154
GRÁFICO N° 24: Porcentaje de cemento asfáltico vs Estabilidad	154
GRÁFICO N° 25: Porcentaje cemento asfáltico vs Flujo	155
GRÁFICO N° 26: Porcentaje cemento asfáltico vs Vacíos.....	156
GRÁFICO N° 27: Porcentaje cemento asfáltico vs V.M.A.	156
GRÁFICO N° 28. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.	161
GRÁFICO N° 29: Porcentaje de cemento asfáltico vs Estabilidad	161
GRÁFICO N°30: Porcentaje cemento asfáltico vs Flujo	162
GRÁFICO N° 31: Porcentaje cemento asfáltico vs Vacíos.....	162
GRÁFICO N° 32: Porcentaje cemento asfáltico vs V.M.A.	163

GRÁFICO N° 33. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.	167
GRÁFICO N°34: Porcentaje de cemento asfáltico vs Estabilidad	167
GRÁFICO N°35: Porcentaje cemento asfáltico vs Flujo	168
GRÁFICO N° 36: Porcentaje cemento asfáltico vs Vacíos.....	168
GRÁFICO N°37: Porcentaje cemento asfáltico vs V.M.A.	169
GRAFICO N°38: Asfalto convencional vs asfalto modificado con 3%5%8% de PP5.	170
GRAFICO N°39: Asfalto convencional vs asfalto modificado con 3%5%8% de PP5.	171
GRAFICO N°40: Asfalto convencional vs asfalto modificado con 3%5%8% de PP5.	171
GRAFICO N°41: Asfalto convencional vs asfalto modificado con 3%5%8% de PP5	172
GRAFICO N°42: Asfalto convencional vs asfalto modificado con 3%5%8% de PP5	173
GRAFICO N°43: Asfalto convencional vs asfalto modificado con 3%5%8% de PP5	173
GRÁFICO N° 45. Cemento asfáltico vs Peso específico.	174
GRÁFICO N° 46: Cemento asfáltico vs Estabilidad	174
GRÁFICO N° 47: cemento asfáltico vs Flujo.....	175
GRÁFICO N° 48: Cemento asfáltico vs Vacíos.....	176
GRÁFICO N° 50: Índice de rigidez	177

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal determinar la influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico. Se especifican el uso del asfalto PEN 60/70 y agregados provenientes de la cantera “San Pedrito”, las cuales han sido ensayados de acuerdo a procedimientos y especificaciones indicados en las normas EG-2013 y EM-2016.

Al comparar los resultados obtenidos, El concreto asfáltico modificado con polipropileno presenta una leve reducción en el flujo con respecto al concreto asfáltico convencional, lo cual indica que además de proporcionar propiedades elásticas a la mezcla, también aporta rigidez, obteniendo una mezcla con cualidades muy importantes para la resistencia ante las deformaciones permanentes.

También se determinó que la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional fue 789.00 kg mientras que la mezcla modificada con polímeros polipropileno fue 1292.71 kg una diferencia de 61.03%. Es decir, que el concreto asfáltico modificado tiene la capacidad de resistir desplazamientos y deformaciones bajo tráficos pesados.

Por lo tanto, la incorporación de polímeros polipropileno a la mezcla asfáltica convencional, mejora notablemente sus propiedades físicas y mecánicas, así disminuir fallas comunes en pavimentos flexibles producidos por los efectos del clima y tráficos de cargas pesadas.

Por otro lado, económicamente, Se puede observar que el costo total de producción por m³ de concreto asfáltico modificado es más económico, representando un menor costo en comparación al costo de la concreto asfáltico convencional.

Palabras Claves: Influencia del polipropileno, propiedades físicas, propiedades mecánicas, Asfalto, Concreto asfáltico.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to determine the influence of polypropylene on the physical and mechanical properties of asphalt concrete. The use of PEN 60/70 asphalt and aggregates coming from the "San Pedrito" quarry are specified, which have been tested according to procedures and specifications stated in regulations EG-2013 and EM-2016.

When comparing the obtained results, the modified asphalt concrete with polypropylene presents a slight reduction in the flow with respect to the conventional asphalt concrete, which indicates that in addition to providing elastic properties to the mixture, it also provides rigidity, obtaining a mixture with very important qualities for resistance to permanent deformations.

It was also determined that the stability of the conventional asphalt mixture was 789.00 kg while the modified mixture with polypropylene polymers was 1292.71 kg a difference of 61.03%. That is, the modified asphalt concrete has the ability to resist displacements and deformations under heavy traffic.

Therefore, the incorporation of polypropylene polymers to the conventional asphalt mix significantly improves its physical and mechanical properties, thus reducing common failures in flexible pavements produced by the effects of weather and heavy load traffic.

On the other hand, economically, it can be observed that the total cost of production per m³ of modified asphalt concrete is more economical, representing a lower cost compared to the cost of conventional asphalt concrete.

keywords: Influence of polypropylene, physical properties, mechanical properties, Asphalt, Asphalt concrete.

I. INTRODUCCIÓN:

1.1. Realidad Problemática:

El requisito de contar con soluciones de pavimentos resistentes es prioridad en países en proceso de desarrollo. Los pavimentos, son fundamentales para que un país sea competitivo, tenga equilibrio en el crecimiento económico, avance en su inclusión social y poder conseguir la integración internamente y externamente.

Las construcciones de pavimentos sostenibles y resistentes tienen como objetivo resolver el problema social y técnico de pavimentos, ya que en la actualidad se construyen con un alto grado de mano de obra no especializada, y arrojando como resultado pavimentos pocos durables y de baja calidad.

El problema que afecta al distrito de Nuevo Chimbote es que existen pavimentos que no han realizado ninguna inspección ni mantenimiento después de su construcción, es por ello que presentan muchas deficiencias, tales como, grietas, ahuellamientos, deformaciones. Provocando un tránsito incómodo y un alto grado de accidentes.

1.2. TRABAJOS PREVIOS:

1.2.1. Trabajos Previos Internacionales:

Rodríguez F. (2010), en la tesis titulada “Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímeros” fijo como objetivo general: Efectuar un análisis de relación que hay entre el asfalto convencional y el asfalto modificado con polímeros, utilizando específicamente el ensayo Marshall. Aplico la metodología de método científico y de diseño experimental donde obtuvo como resultado la resistencia a la compresión con 90 kg/cm² del asfalto convencional y con 94 kg/cm² del asfalto modificado, con un óptimo de asfalto de 5.5% al asfalto convencional contiene un 16.65% de vacío en el agregado mineral mientras que en el asfalto modificado disminuye los vacíos en el agregado mineral con 15.5% y finalmente concluye que los asfaltos modificados con polímero, tienen más capacidad de conservar su forma bajo a las fuerzas a los cuales son sometidos, que al estudiar los resultados obtenidos de la estabilidad y fluencia con el asfalto modificado posee una mejor conducta que las mezclas con asfalto convencional.

Ramírez, L. (2011); con su tesis “Pavimentos con polímeros reciclados”.

Tiene como objetivo: comparar las propiedades mecánicas del asfalto modificado con polímeros reciclados (caucho e icopor) con las del asfalto tradicional.

Tiene por conclusión: Que el caucho se dispersa mejor en la matriz asfáltico, debido a que el caucho - llanta es un polímero reticulado sus partículas son microporosas, estos poros pueden servir como punto de anclaje para ser penetrados por las partículas de asfalto, además debido a la presencia del calor hace que se expandan las partículas de caucho, y después cuando se enfría la mezcla, las partículas de asfalto que penetraron los poros formando la unión por adherencia se contraen generando una mejor unión entre el asfalto y el caucho. Gracias a esto se plantea la posibilidad de utilizar el poliestileno como un agregado pétreo de la carpeta asfáltica, para su utilización se requiere de la realización de

algunos ensayos para verificar que cumpla con las normas que regulan los agregados pétreos.

1.2.2. Trabajos Previos Nacionales:

Ballena, J. (2016) con su tesis “Utilización de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en caliente”.

Tiene como objetivo general: analizar el efecto que causa el polietileno añadido a una mezcla asfáltica en caliente en las propiedades físico-mecánicas del asfalto y a su vez cumpla con las exigencias de estabilidad y flujo para pavimentos flexibles presentes en la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En donde emplea la metodología: Inclusión de grupo formados denominados, grupos experimentales, por el motivo de no poder seleccionar muestras aleatorias, en las muestras participantes en la investigación.

Tiene como conclusión: Que a medida que aumenta polietileno en porcentajes de 5% hace que la estabilidad tenga un balance proporcional al de la muestra patrón y esto hace que a medida que se le sustituye el desecho plástico vaya aumentando la estabilidad en un punto máximo.”

1.2.3. Trabajos Previos Locales:

Pinedo C. (2016) con su tesis titulada “Diseño de la carpeta asfáltica modificada con polímero polietileno para mejoramiento del camino vecinal nuevo shupishiña morales- 2016”

Tiene como objetivo general: Diseñar la carpeta asfáltica modificada con polímero polietileno para el mejoramiento del camino vecinal Nuevo Shupishiña MORALES – 2016.

Tiene como conclusión: que el diseño de la carpeta asfáltica modificada con polímero polietileno obtenida del ensayo Marshall es de 40% de gravilla chancada, 50% de arena chancada procedentes del río Huallaga y 10% de arena natural procedente del río Cumbaza, el aditivo de

adherencia polímero polietileno que se utiliza en la mezcla asfáltica dio como resultado un porcentaje de 0.5 % con respecto al peso del PEN 60/70.

Chávez J. (2017) en su tesis titulada. “Análisis de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017”.

Tiene como objetivo: Analizar el comportamiento de la carpeta asfáltica modificada con polímero SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli. 2017.

Llego a la conclusión: de que la trabajabilidad del cemento asfáltico se incrementa considerablemente al incorporar los polímeros SBS, lo cual aporta a la mezcla a obtenga una mejor maniobrabilidad y adherencia durante la formación de la carpeta asfáltica.

1.3. Teorías relacionadas al tema:

1.3.1. Polímeros:

“La palabra polímero se origina del griego poli (muchos) y mero (unidad de repetición). Así, un polímero es una macromolécula compuesta por muchas (decenas de miles) de unidades de repetición denominadas meros, adheridas por unión covalente. Para producir un polímero su materia prima es el monómero, es decir, una molécula con una (mono) unidad que se repite a lo largo de una secuencia de un polímero. Dependiendo del tipo del monómero (estructura química), del número medio de meros por cadena y del tipo de unión covalente, podremos dividir los polímeros en tres grandes clases: Plásticos, Caucho y Fibra.” (Canevarolo, 2006, p.21).

1.3.1.1. Clasificación de los polímeros:

“La mejora científica ha generado hasta el momento un gran número de polímeros para constituir a las más diversas áreas de aplicaciones. Muchos de ellos son variaciones y / o desarrollos sobre moléculas ya empleadas. Por lo tanto, es posible enumerar una serie de grupos de acuerdo con una determinada clasificación. En esta sub-unidad, se

establecen cuatro diferentes clasificaciones habitualmente empleadas, esto es, en cuanto a la estructura química, a su método de preparación, Y sus características tecnológicas.” (Canevarolo, 2006, p.46).

1.3.1.1.1. En cuanto a la estructura química:

“Dentro de esta clasificación, analiza el polímero a través de la estructura química dosis mero. Dos subdivisiones son posibles en principio: polímeros de cadena carbónica y polímeros de cadena heterogénea”. (Canevarolo, 2006, p.46).

“La molécula del polímero consiste de un esqueleto que puede ser lineal, ramificado o reticulado con grupos de átomos periféricos. Cuando el esqueleto del polímero es lineal, se tienen los polímeros de cadena lineal, que se dividen en dos clases: polímeros de homocadena que contienen átomos de carbono en la cadena principal y son obtenidos por polimerización de adición o reacción en cadena, y polímeros de heterocadena que pueden contener otros átomos como parte de la cadena, son obtenidos por polimerización de condensación o reacción por etapas. los copolímeros pueden ser distinguidos en injertados, alternados, en bloque, etc., en función de la posición de cada monómero en la cadena del polímero. Los polímeros obtenidos por polimerización o por condensación de monómeros funcionales deben ser lineales, más la polimerización por adición puede generar ramificaciones cortas y largas, generando los polímeros ramificados” (lopez,2004, p.10).

1.3.1.1.1.1. Polímeros de cadena carbónica:

a. Plastomeros.

“Son polímeros originarios de monómeros de hidrocarburos asfálticos insaturados que compren un doble enlace carbono reactivo. Dentro de esta clasificación se incluyen: polietileno (de baja y alta densidad), polipropileno (PP), poli-4metu-penteno-1 (TPX), polibuteno o poli butileno y polisobutileno. Los dos primeros

son comúnmente utilizados, representando al menos la mitad de todo el polímero producido en el mundo” (Canevarolo, 2006, p.46).

a. a. Polipropileno (PP):

“Es un termoplástico que es obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo. Todo está desarrollado en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión), los cuales pueden ser modificados y adaptados para determinados usos” (Canevarolo, 2006, p.47).

“El polipropileno fue incluido en la industria en 1957 por la firma Hoescht AG y a partir de ese momento su producción ha tenido un gran crecimiento por sus múltiples usos que lo han convertido en uno de los polímeros más usados en el medio por sus buenas propiedades” (Tim Osswald, 2010).

Composición del polipropileno:

“Este polímero se obtiene por polimerización. Es un polímero termoplástico semi cristalino de la familia de las poliolefinas. Estructuralmente es un polímero vinílico (su cadena principal está formada exclusivamente por átomos de carbono), tiene en uno de los carbonos de la unidad monómera un grupo metilo (CH₃), es un polímero lineal cuya base es una cadena de hidrocarburos saturados. La característica principal es que por cada dos átomos de carbono, se encuentra ramificado un grupo de metilo por tanto el polipropileno está compuesto por, carbono, hidrogeno, azufre, cloro, hierro y complejos de vanadio níquel, cromo, cadmio” (Ebeling, Huberth, Schirber, & Schlor, 2002).

Propiedades Mecánicas del polipropileno.

“Dentro de sus propiedades mecánicas tenemos: Resistencia a la tracción (Fluencia por rotura), resistencia a la compresión,

resistencia a la flexión, resistencia al corte” (Canevarolo, 2006, p.49).

Propiedades químicas del polipropileno.

“Dentro de las propiedades químicas podemos encontrar: (Resistencia a ácidos débiles a temperatura de ambiente, por lo que contiene en su mayoría átomos de carbono que le da una gran resistencia, por otro lado, tiene buena dureza superficial” (Canevarolo, 2006, p.49).

a.b. POLIETILENO.

“El polietileno se emplea, entre otros usos, en la fabricación de envases, tuberías y recubrimientos de cable” (Canevarolo, 2006, p.47).

b. Polímeros de dienos.

“Polímeros derivados de monómeros con dienos, es decir, dos dobles enlaces carbón-carbono reactivas generan cadenas poliméricas flexibles con un doble acoplamiento permanente susceptible de reacción posterior. Aquellos polímeros son ligantes que pueden ser vulcanizadas con azufre, haciendo un uso doble de unión residual presente en el mero”. (Canevarolo, 2006, p.48).

c. Polímeros estirenicos.

“Entre los polímeros derivados del estireno, el más importante es el poli estireno (PS), polímero ampliamente empleado por su bajo costo, facilidad de procesamiento y buenas propiedades mecánicas. Los copolímeros que rodean el estireno también son comunes y los principales son: copolímero de estireno-acrilonitrila (SAN), terpolímero de estirenobutadieno-acrilonitrilo (ABS), copolímero aleatorio de butadienoestireno (SBR, caucho sintético), copolímero en bloque de estireno butadieno-estireno (SBS) copolímero en bloque de estireno-isoprenoestireno (STS).

El poli estireno homopolímero en forma expandida produce una espuma muy común, conocida por isopor". (Canevarolo, 2006, p.48).

1.3.1.1.2. Polímeros de cadena heterogéneo.

a. Poliolefinas.

"Esta clase de heteropolímeros se caracteriza por la presencia del enlace éter -C-O-C- en la cadena principal. El poliéter de estructura química más simple es el poliactal (o poliformaldehído), considerado un termoplástico de ingeniería por sus buenas propiedades físicas y mecánicas. Otro poliéter obtenido de la policondensación de la epíclorhidrina y del bisfenol-A produce las conocidas resinas epoxi, que son termo fijas. Otros ejemplares de menor importancia son el polietileno óxido y el polipropileno óxido" (Canevarolo, 2006, p.49).

b. Poliésteres.

"En esta clase, la conexión característica es la conexión éster -COO- pudiendo generar cadenas saturadas (formando termoplásticos de ingeniería) o insaturadas (generando termo plásticos), dependiendo del tipo de material inicial empleado (saturado o no). En la clase de los termoplásticos, tenemos el polietileno tereftalato, que se utiliza para el cableado (PET, por ejemplo, la fibra Dacron, DuPont), la confección de vasijas desechables sopladas (PETC;) y producción de películas biorientadas (PETF)". (Canevarolo, 2006, p.49).

1.3.1.1.3. En cuanto a método de preparación:

1.3.1.1.3.1. Polímeros de adición.

"Son aquellos en que, durante su formación (es decir, reacción de los monómeros), no hay pérdida de masa en la forma de compuestos de bajo peso molecular. Asumiendo conversión total, el peso de polímero formado es igual al peso de monómero agregado. Normalmente, estos polímeros tienen cadena carbónica". (Canevarolo, 2006, p.52).

1.3.1.1.3.2. Polímeros de condensación.

“Son aquellos principales de la reacción de dos grupos funcionales reactivos con la eliminación de moléculas de bajo peso molecular (agua, amonio, HCl , etc.). Por ejemplo, podemos citar la polimerización del nilón 6,6 (hexametileno, adipamida) en la que hay acondicionamiento, en medio acuoso, del radical amina con el radical ácido de los materiales ya explicados (hexametileno, diamina y ácido adípico) formando una unión amida y la eliminación de una molécula de agua” (Canevarolo, 2006, p.52).

1.3.2. Concreto asfáltico:

“[...] Un concreto asfáltico es una acoplación de asfalto, material filler y agregados (rocas) en dimensiones exactas que se empleara para construir.

El concreto asfáltico debe contener precisa cantidad de cemento asfáltico para proveer la proporción de cavidad deseada para la mezcla” (AASHTO 93, 2006, p. 102).

“[...] El concreto asfáltico está constituido por el noventa por ciento de agregados entre finos y gruesos, un cinco por ciento de minerales (filler) y otro cinco por ciento de cemento asfáltico.

Todos los materiales descritos son muy importantes para el correcto funcionamiento de la mezcla y la falta de calidad en alguno de ellos afectara al conjunto.” (AASHTO 93, 2006, p. 102).

1.3.2.1. Componentes del concreto asfáltico.

1.3.2.1.1. Cemento asfáltico.

“[...] El cemento asfáltico puede encontrarse en estado sólido, semi-sólido o líquido de color marrón oscuro, compuesto por betunes naturales u adquiridos por destilación del petróleo.

El cemento asfáltico es impermeable, adherente y muy cohesivo, idóneo de soportar prominentes esfuerzos y fluye cuando las cargas son permanentes, que posee las cualidades perfectas para la construcción de pavimentos especificando las siguientes funciones:

Impermeabilizar la estructura del pavimento, haciéndole más resistente a la Humedad y eficiente frente a la penetración del agua.

Suministra una fuerte unión y congruencia entre agregados, apto de retener la acción de disgregación producida por los pesos de las cargas que soporta, tiene una elasticidad alta, resistente a elevadas temperaturas” (AASHTO 93, 2006, p.103).

a) Composición del cemento asfáltico.

“la composición de los cementos asfálticos es muy compleja, básicamente está constituida por cadenas de moléculas compuestas fundamentalmente por carbono, azufre, oxígeno, nitrógeno, y complejos de vanadio níquel, hierro, calcio y magnesio” (Cartilla de asfaltos – ASOPAC).

Tabla N°01: composición del cemento asfáltico.

COMPUESTO	DESDE	HASTA
% DE CARBONO	60	90
% DE HIDROGENO	7.3	10.1
% DE AZUFRE	0.56	10
% DE CLORO	0.06	1.25
% DE NITROGENO	0.05	7

FUENTE: Cartilla de asfaltos – ASOPAC.

1.3.2.1.2. Agregados.

“[...] son los materiales minerales duros e inactivos (rocas), mayormente utilizado en forma de partículas graduadas o fraccionadas, como agregado fino y grueso para un concreto asfáltico. Los agregados pueden ser: arena, grava, piedra triturada, escoria, y polvo de roca.

Los agregados constituyen entre el 90 y el 95%, en peso, y entre el 75 y el 85%, en volumen, de la mayoría de los concretos asfálticos” (manual n°22(MS22) del Asphalt Institute, p.223).]

Tabla N°02. Clasificación de agregados (rocas).

Clase	Tipo	FAMILIA
Sedimentarias	Calcáreas	Caliza. Dolomita.

	Silíceas	Arcilla esquistosa. Arenisca. Horsteno. Conglomerado. Breccia.
Metamórficas	Foliadas	Gneis. Esquisito. Anfibolita. Pizarra.
	No foliadas	Cuarcita. Mármol. Serpentina.
Igneas	Intrusivas (de grano grueso)	Granito. Sienita. Diorita. Garbo. Periodotita.
	Intrusivas (de grano fino)	Obsidiana. Tufa. Riolita. Traquita. Andesita. Basalto

(Fuente: Asphalt Institute. Serie de Manuales N° 22 (MS-22).

1.3.2.2. Propiedades físicas del concreto asfáltico.

Estabilidad

“Esta propiedad es la capacidad para resistir desplazamientos y deformaciones bajo las cargas del tránsito. Un concreto asfáltico estable es capaz de mantener su forma y su lisura bajo cargas repetidas; un concreto asfáltico inestable desarrolla ahuellamientos (canales), ondulaciones (corrugación) y otras señas que indican cambios en la mezcla” (MTC, 2016, p. 504).

Peso específico:

“[...] Peso específico de la mezcla compactada está definida como su peso unitario (el peso de un volumen específico de mezcla). La densidad es una característica muy importante debido a que es esencial tener una alta densidad en el pavimento terminado para obtener un rendimiento duradero.

En las pruebas y el análisis de mezclas, la densidad de la muestra compactada se expresa, generalmente, en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) o libras por pie cúbico (lb/ft^3). La densidad es calculada al multiplicar la gravedad específica total de la mezcla por la densidad del agua (1000 kg/m^3 ó 62.416 lb/ft^3). La densidad obtenida en el laboratorio se convierte en la densidad patrón y es usada como referencia para determinar si la densidad del pavimento terminado es o no la adecuada.

Las especificaciones usualmente requieren que la densidad del pavimento sea un porcentaje de la densidad del laboratorio. Esto se debe a que muy rara vez la compactación in-situ logra las densidades que se obtienen usando los métodos normalizados de compactación de laboratorio” (ASTM D 70).

Flujo.

“[...] El flujo propiamente es medido en centésimas de pulgada, lo cual representa la deformación de la briqueta 2mm – 4mm. La deformación está indicada por la disminución en el diámetro vertical de la briqueta.

Las mezclas que contienen valores bajos de fluencia y los valores muy altos de estabilidad son consideradas demasiado frágiles y rígidas para un pavimento en servicio. Aquellas que tienen valores altos de fluencia son consideradas demasiado plásticas y tienen tendencia a deformarse fácilmente bajo las cargas del tránsito.

Para la medición de la estabilidad como el flujo se requiere de la prueba Marshall la cual ayudará a medir la resistencia a la deformación de la mezcla (estabilidad) y la deformación, bajo carga, que ocurre en la mezcla” (MTC, 2016, p. 505).

Porcentaje de Vacíos.

“[...] Los vacíos de aire son espacios pequeños de aire, o bolsas de aire, que están presentes entre los agregados revestidos en la mezcla final compactada. Es necesario que todas las mezclas densamente graduadas contengan cierto porcentaje de vacíos para permitir alguna compactación adicional bajo el tráfico, y proporcionar espacios a donde pueda fluir el asfalto durante esta compactación adicional 3% - 5%.

La durabilidad de un pavimento asfáltico está en función del contenido de vacíos. La razón de esto es que cuando menor sea la cantidad de vacíos, menor va a ser la permeabilidad de la mezcla. Un contenido demasiado alto de vacíos proporciona pasajes, a través de la mezcla, por los cuales puede entrar el agua y el aire y causar deterioro. Por otro lado, un contenido demasiado bajo de vacíos puede producir exudación de asfalto; una condición en donde el exceso de asfalto es exprimido fuera de la mezcla hacia la superficie.

La densidad y el contenido de vacíos están directamente relacionados. Entre más alta la densidad, menor es el porcentaje de vacíos en la mezcla, y viceversa” (MTC E 505).

Porcentaje de vacios en el agregado mineral.

“[...] Los vacíos en el agregado mineral (VMA) son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregado en una mezcla compactada de pavimentación, incluyendo los espacios que están llenos de asfalto.

El VMA representa el espacio disponible para acomodar el volumen efectivo de asfalto (todo el asfalto menos la porción que se pierde, por absorción, en el agregado) y el volumen de vacíos necesario en la mezcla.

Para que pueda lograrse un espesor durable de película de asfalto, se deben tener valores mínimos de VMA 13.0%. Un aumento en la densidad de la gradación del agregado, hasta el punto donde se obtenga valores de VMA por debajo del mínimo especificado, puede resultar en película delgadas de asfalto y en mezclas de bajo durabilidad y apariencia seca.

Por lo tanto, es contraproducente y perjudicial, para la calidad del pavimento, disminuir el VMA para economizar en el contenido de asfalto” (INV E-733-07).

Adhesión y cohesión.

“[...] **Adhesión:** Es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de la pavimentación.

Cohesión: Es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

El ensayo de ductilidad examina una propiedad del asfalto considerada para algunos como la relación con la cohesión y la adhesión” (MTC, 2016, p. 504).

1.3.2.3. Propiedades mecánicas del concreto asfáltico.

Grado de viscosidad.

“[...] Es determinar la viscosidad a 60 °C y asignar como resultado o consistencia obtenida al grado correspondiente. Para determinar el grado de viscosidad se emplea los ensayos especificados:

Viscosidad a 60° C: Esta es una de las propiedades fundamentales del asfalto para cuantificar su consistencia a la temperatura de 60°C, adicionalmente se utiliza para valorar el efecto de la temperatura en el comportamiento del material para proponer el rango de temperaturas en la producción de la mezcla asfáltica y su colocación” (MTC, 2016, p.506).

Grado de Penetración:

“Es clasificar el asfalto de acuerdo con los resultados del ensayo de penetración. Se debe verificar el cumplimiento de los de más parámetros especificados” (MTC, 2016, p. 506).

Ductilidad:

“La ductilidad a temperatura de 25°C es aceptado mayor o igual a 100cm con velocidad de 5cm/min. Y su consistencia sólida y semisólida” (ASTM D113)

Recuperación elástica lineal:

“La recuperación elástica de un material se determina mediante la tensión recobrada, después de alargar severamente el espécimen de muestra del material. Este se estira a una distancia, velocidad y temperatura específicas. A menos que se determine otra cosa la prueba debe realizarse a una temperatura de $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ y a una velocidad de 5 ± 5 cm. / min” (ASTM D 6084).

Punto de ablandamiento:

“Proporciona una relación de la dureza del asfalto (duro o blando). Para realizar este ensayo, una pelotita de acero es colocada en el centro de un anillo de acero, el cual es sumergido en un baño de agua o de glicerina. Se utiliza agua cuando el asfalto posee un punto de ablandamiento menor a 80°C y la glicerina es utilizada cuando el punto de ablandamiento es mayor a 80°C.

La temperatura del baño debe estar controlada y aumentar a una tasa de 5°C por minuto. En el momento en que la pelotita toca la base (25mm por debajo del anillo) la temperatura es tomada y este, es el punto de ablandamiento del asfalto” (ASTM D 3695).

Punto de inflamación.

“[...] los asfaltos son agentes ajustables a los plásticos, en su transformación se convierten más consistentes (más viscosos) a magnitud que su temperatura aminora, y más flácido (menos viscosos) a medida que su temperatura se eleva. Esta particularidad se predomina como susceptibilidad cuando la temperatura permuta entre asfaltos de dispar origen, estos poseen el mismo ciclo de consistencia. En cuanto el asfalto debe poseer elocuencia a elevadas temperaturas para alcanzar el tapado de las porciones del agregado, de este modo otorgar que esas porciones se aparten unas con otras.” (MTC, 2016, p. 505).

1.3.3. Asfalto modificado:

“El asfalto modificado tiene una consistencia sólida, al que se le adiciona polímeros para mejorar sus propiedades visco - elásticas, manipulados para la fabricación de mezclas asfálticas” (MTC, 2016, pp. 367).

“[...] El asfalto modificado consiste en adicionar polímeros con el objetivo de mejorar las características mecánicas por la cual disminuirá

la susceptibilidad a la temperatura, oxidación y la humedad causada por el clima.

Quiere decir que los modificadores originan una actividad superficial iónica, donde desarrolla la adherencia entre el material rocoso y el asfáltico. También aumenta la resistencia a la deformación y a los esfuerzos de tensión repetitiva, por lo tanto, a la fatiga” (Avellan, 2004, p.96).

1.3.3.1. Polímeros utilizados para la modificación de asfaltos.

“[...] Según las características mecánicas de los polímeros se clasifica en:

- Elastómeros. - Son aquellos que tienen una respuesta elástica como el SBS, SBR, Látex, Hule Natural.
- Plastómeros. - Son aquellos que tienen un comportamiento que se deforman elásticamente y ofrece una resistencia rígida como el polipropileno, PVC, EVA.

Estos tipos de polímeros son empleados para zonas de frenado intenso, donde se quiere resistir maniobras a los agentes químicos y requiere mantener una buena rugosidad durante la vida útil” (Asociación Mexicana de Asfalto, 2008).

1.3.4. Ensayos en laboratorio:

1.3.4.1. Ensayo de caracterización del polipropileno.

Resistencia a la tracción.

“[...] Puede determinarse aplicando una fuerza al material de ensayo hasta que se rompa.

$$\text{Resistencia Tracción (Pa)} = \text{Fuerza (N)} / \text{Área(m}^2\text{)}$$

Es la medida de la capacidad de un polímero a resistir los esfuerzos de estiramiento, normalmente se mide aplicando un esfuerzo a una probeta, de acuerdo con la norma ASTM-0638-72.

Estas probetas deben cumplir unas condiciones normalizadas de humedad (50%) y temperatura (23°C) antes del ensayo y durante el mismo. Una de las mordazas está fija, mientras que la otra se desplaza en incrementos determinados. El esfuerzo y la fuerza aplicada se representan en función de la deformación y el alargamiento.

El módulo elástico es la relación del esfuerzo aplicado y la deformación que produce en el intervalo en que la relación esfuerzo - deformación es lineal. El área total bajo la curva esfuerzo - deformación da una idea de la tenacidad total.

La deformación por estiramiento es la variación de longitud de la muestra dividida por la longitud inicial. Un alargamiento ó deformación recuperable se llama def9rmación elástica.

En este caso, las moléculas tensionadas vuelven a ocupar sus posiciones relativas originales después de la desaparición de la fuerza aplicada. El alargamiento también puede ser la consecuencia del movimiento global de unas cadenas respecto de otras” (ASTM D638, p.72).

Resistencia a la flexión.

“Es una medida de la resistencia al doblado o la rigidez de una probeta de ensayo utilizada como viga simple según la norma ASTM- 0790. La muestra se coloca apoyada en dos soportes. Se aplica entonces una carga en el centro de la probeta en un tiempo determinado, y la carga de rotura se denomina resistencia a la flexión.

Sin embargo, puesto que muchos materiales no se rompen incluso después de haber experimentado grandes flexiones, la resistencia a la flexión real no podrá calcularse en estos casos. Para estas muestras, en lugar de este procedimiento, se usará por convenio, el módulo para una deformación del 5% como medida de la resistencia a la flexión, es decir,

el cociente de esfuerzo y deformación cuando la deformación es del 5%” (ASTM D638).

Resistencia a la compresión.

“Es la fuerza necesaria para aplastar un material y se define mediante la siguiente expresión:

$$\text{Resistencia a la Compresión (Pa)} = \text{Fuerza (N)} / \text{Área (m}^2\text{)}.$$

Se mide aplastando una muestra cilíndrica según la norma ASTM- 0695. El material ensayado se monta en un instrumento de compresión. Uno de los pistones avanza a velocidad constante. La resistencia a la compresión máxima es igual a la carga que causa rotura del material dividida por la sección transversal mínima. Puesto que hay muchos materiales que no se rompen en compresión, se registran normalmente las resistencias que causan una deformación determinada” (ASTM D638).

Dureza

“El término dureza es relativo a la vez que general. Propiedades tales como la resistencia al rayado, y la resistencia a la abrasión están relacionados con la dureza del material. Existen una serie de instrumentos para medir la capacidad de un material para resistir el rayado y el desgaste.

El ensayo de dureza Brinell (ASTM-0785-65). la distancia RB se usa para calcular el valor de la dureza Brinell. Mientras que la dureza Brinell permite la diferenciación de los materiales, factores como la fluencia y la recuperación elástica se hallan implicados en el cálculo de la dureza Brinell” (ASTM D638).

Resistencia a la corte (método del cizallamiento).

“En este- ensayo utiliza una pieza de corte semejante a un cuño para ensayar muestras planas. la resistencia al corte (S) es igual a la carga (L) dividida por el área (A). Así, se monta la muestra en el dispositivo de corte y se ejerce presión con el cuño a una velocidad determinada hasta que se produzca la rotura por corte. Este ensayo es importante para películas y láminas, pero se usa raramente para productos extraídos o moldeados” (ASTM D638).

1.3.4.2. Asfalto:

Penetración a 25°C.

“La finalidad es determinar la dureza y consistencia del bitumen, por lo tanto el ensayo se ejecuta en una distancia de penetración de forma vertical a una cierta carga, tiempo y temperatura al asfalto. Se realiza a 25°C durante 5 segundos” (Céspedes, 2002, p. 51).

Según el Instituto de Asfalto adoptado cuatro grados de penetración son 60-70, 85-100, 120-150 y 200-300.

Punto de ablandamiento.

“La finalidad ensayo es medir la consistencia y la equivalencia de la viscosidad a cierta temperatura definida por el método anillo y bola, donde indica el valor del material a fluir a temperaturas elevadas.

Según el Manual de Ensayo de Materiales en un intervalo de 30 a 80°C que será sumergido en agua destilada usando un termómetro para ver la temperatura y el baño iniciará de 5°C” (MTC, 2016, p.329).

Viscosidad.

“La finalidad es establecer el estado de fluidez a las temperaturas que se utilizan durante la aplicación del bitumen. Asimismo se menciona que el objetivo del ensayo es establecer el procedimiento para comprobar la viscosidad del bitumen” (The asphalt institute, 1969).

Ductilidad.

“[...] La finalidad del ensayo consiste en moldear en condiciones de temperatura variado el material asfáltico. Se sumergir en agua durante 30min a una temperatura establecida y se somete a alargamiento.

Temperatura a 25°C.- Según las (EG-2013) la ductilidad a temperatura de 25°C es aceptado mayor o igual a 100cm con velocidad de 5cm/min.

Temperatura a 5°C.- Ensayo realizado con un temperatura a 5°C para zonas de altitud mayor a 3000 m.s.n.m.

Se realiza el ensayo de ductilidad a distintas temperaturas” (MTC, 2016, p. 330).

Recuperación elástica.

“La recuperación elástica se realiza en un cilindro de dimensiones especificadas lo cual es sumergido, mediante un dispositivo que gira a 180° pasado 30min se determina el ángulo recuperado Para este presente estudio se realizó la recuperación lineal” (MTC, 2016,p. 330).

Punto de inflamación.

“La finalidad del ensayo es determinar el punto de inflamación en un vaso abierto de Cleveland para asfaltos sólidos, lo cual nos indicará el punto máximo que se puede calentar el material sin correr el riesgo de prender en llamas. Consiste en colocar el vaso y se calienta mediante un mechero o estufa eléctrica, permitiendo que la temperatura suba uniformemente hasta el punto de inflamarse” (MTC, 2016, p.330).

1.3.4.2. Agregados:**Abrasión los Ángeles.**

“El objetivo principal es determinar el desgaste o abrasión sufrido por la máquina de Los Ángeles que rota en una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, para luego ser descargado sobre el tamiz N° 12 donde se verifica el

porcentaje de desgaste. Se observa en la tabla 01 la cantidad de billas que será introducido en la máquina y la cantidad de muestra necesaria durante 500 revoluciones” (Manual de ensayos de materiales (MTC E 315)).

Tabla N°03: Número de esferas según la masa de carga.

GRADACION	NUMERO DE ESFERAS	MAZA DE LA CARGA (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25

Fuente: Manual de ensayos de materiales (MTC)

Índice de plasticidad.

“El objetivo es obtener el Limite liquido (L.L.), Limite plástico (L.P.) y el cálculo del Índice de plasticidad (I.P.) a través de la Copa de Casagrande” (Manual de ensayos de materiales MTC).

Gravedad específica y absorción.

“Este ensayo nos permite determinar el peso específico, peso específico saturado, peso aparente y la absorción que se comprueba pasado las 24hrs de estar sumergido en agua, lo cual también es utilizado para el cálculo de vacíos que presente un agregado” (Manual de ensayos de materiales MTC E 206).

Equivalente de arena.

“La finalidad de este ensayo es determinar la proporción relativa del limo o arcillas que son perjudiciales para el diseño de mezcla asfáltica. Lo cual, consiste en pasar el agregado fino por la malla N° 4, luego se coloca el material en cilindros transparentes y se agitado por una agitadora mecánica, se reposa durante 20min y se lee la altura máxima de la suspensión de limos o arcillas” (Manual de ensayo de materiales MTC E 114).

1.3.5. Diseño de mezcla asfáltica en caliente.

1.3.5.1. Método Marshall.

“En nuestro medio el método comúnmente utilizado es el Método Marshall. No existe un método de diseño universalmente aceptado para mezclas con asfaltos diluidos o emulsionados” (MTC, 2016, p. 583).

“La estabilidad y flujo Marshall efectuados en laboratorio de campo, obtenida de especímenes hechos de mezclas producidas en planta pueden variar significativamente de los valores de diseño obtenidos en el laboratorio debido a las diferencias del mezclado que hay entre un Manual de Ensayo de Materiales Página 584 planta y la efectuada en laboratorio” (MTC, 2016, p.583).

“A través de una larga investigación de pruebas realizadas y correlación de estudios en el laboratorio, el cuerpo de Ingenieros mejoro y añadió detalles al procedimiento del ensayo Marshall, y posteriormente los criterios desarrollados para el diseño de mezclas” (Asphalt Institute, 1982, p. 70).

- a) **Cantidad de asfalto:** Sea lo suficiente y necesario para envolver las partículas del agregado.
- b) **Porcentaje de vacíos:** Que presente el vacío suficiente para evitar la posible expansión y exudación del asfalto.
- c) **Estabilidad:** Sea lo necesario para evitar posible deformación y desplazamiento generado por las cargas que del tráfico que están en constante movimiento.
- d) **Trabajabilidad:** Que presente facilidad al ser colocadas y compactadas para evitar posible segregación de los agregados al bitumen.

Tablas según el (EG-2013) Para garantizar la buena calidad de los agregados empleados en el diseño de concreto asfáltico.

ENSAYOS	NORMA	REQUERIMIENTO
		ALTITUD (msnm)

		≤3.000	≥3.000
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Absorción*	MTC E 206	1.0% máx.	1.0% máx.

Tabla N° 04: Agregados gruesos.

Fuente: Manual de carretera, (EG-2013)

Ensayos necesarios para determinar la calidad de los agregados finos.

Tabla N°05: Agregados finos.

ENSAYOS	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (msnm)	
		≤3.000	≥3.000
Equivalente de arena	MTC E 114	60	70
Índice de plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Absorción**	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.

Fuente: Manual de carretera, (EG-2013)

De acuerdo a los usos granulométricos para concreto asfáltico en caliente (MAC), se muestra la gradación que se emplea.

Tabla N°06: Gradación para concreto asfáltico en caliente (MAC).

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25.0 mm (1")	100		
19.0 mm (3/4")	80 – 100	100	
12.5 mm (1/2")	67 – 85	80 – 100	
9.5 mm (3/8")	60 – 77	70 – 88	100
4.75 mm (N° 4)	43 – 54	51 – 68	65 – 87
2.00 mm (N° 10)	29 – 45	38 – 52	43 – 61
425 um (N° 40)	14 – 25	17 – 28	16 – 29
180 um (N° 80)	8 – 17	8 – 17	9 – 19
75 um (N° 200)	4 – 8	4 – 8	5 – 10

Fuente: manual de carreteras, (EG – 2013)

Tabla N°07: Especificaciones para la calidad del cemento asfáltico

TIPO	GRADO DE PENETRACIÓN
------	----------------------

Grado	Penetración	PEN		PEN		PEN		PEN		PEN	
		40 - 50		60 - 70		85 - 100		120 - 150		200 - 300	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Pruebas sobre el material bituminoso											
Penetración a 25°C, 100g, 5s	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de inflamación, °c	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductibilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		60		60		60		60	
Índice de penetración (suceptibilidad térmica)	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Pruebas sobre película delgada a 163 °c,3.2mm, 5h											
Pérdida de masa, %	ASTMD 1754		0.8		0.8		1.0		1.3		1.5
Penetración retenida después del ensayo película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	MTC E 306			50		57		100		100	

Fuente: Manual de Carretera, (EG-2013)

Tabla N° 08: Parámetros para el diseño de MAC

PARAMETROS DE DISEÑO	CLASE DE CONCRETO ASFALTÍCO		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	75	
2. Estabilidad (mínimo)	8.15KN	5.44KN	4.53KN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	3-8	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
Inmersión - Comprensión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la comprensión 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	80mín.		

Fuente: Manual de Carretera, (EG-2013)

1.4. Formulación del problema:

¿Cómo influye la incorporación del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico?

1.5. Justificación del estudio:

Las principales funciones de los pavimentos es hacer un tránsito cómodo y seguro, las fallas que presentan los pavimentos hoy en día, harían que se incumplan con estas funciones, por lo que los pobladores y las personas beneficiadas no están satisfechas con el estado del pavimento, dificultando así, el desarrollo y bienestar del país.

El proyecto tiene la finalidad de dar a conocer el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico, incorporándole desechos plásticos de tipo polipropileno y que porcentaje será el indicado para una buena dosificación, así mismo diseñar una mezcla de concreto asfáltico que cumpla con las propiedades necesarias y su posible efecto en la reducción de futuros deterioros de pavimentos, en beneficio del distrito.

Por otro lado este proyecto intenta dar a conocer la importancia de reutilizar los desechos plásticos desde lo más simple hasta grandes infraestructuras, con esto disminuirá la contaminación ambiental que cada día nos está afectando con mayor intensidad.

Conociendo la problemática , se justifica este proyecto de investigación para explicar si la mezcla de concreto asfáltico con diferentes proporciones de polipropileno 3%, 5% y 8%, es el adecuado para el empleo en obras de infraestructura vial (pavimentos), y de no ser así, sustentar en qué tipo de obras pueden ser utilizadas. También se tendrá en cuenta todos los factores que influyen en un adecuado diseño y como se puede mejorar.

1.6. Hipótesis:

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico mejoraran al incorporar polipropileno, frente a un concreto asfáltico convencional.

1.7. Objetivos:

1.7.1. General:

Determinar la influencia del Polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico.

1.7.2. Específicos:

Determinar la composición química y caracterización del polipropileno.

Determinar la calidad del asfalto convencional y modificado con 3%,5%,y 8% de polipropileno.

Realizar el diseño de mezclas de concreto asfáltico convencional, por el método Marshall.

Realizar el diseño de mezclas de concreto asfáltico modificado en un 3%,5% y 8% de polipropileno, por método Marshall.

Comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico convencional con un concreto asfáltico modificado en un 3%,5% y 8% de polipropileno,

Identificar los beneficios económicos que presenta el concreto asfáltico modificado con polipropileno a comparación de un concreto asfáltico convencional.

II. MÉTODO:

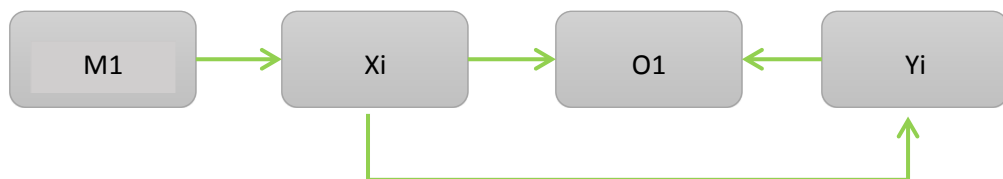
2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

El tipo de investigación es: Aplicada porque se buscará el conocimiento por el mismo conocimiento, el objetivo es aumentar y profundizar el saber de la realidad, por lo tanto, este saber pretende construir un saber científico.

El diseño es no experimental: porque el objetivo es de conocer la influencia de este nuevo elemento a la mezcla convencional y determinar si las propiedades del concreto asfáltico tienen algunos cambios o siguen de la misma manera.

Correlacional: por que asocia conceptos o variables y Se recogerá información directamente de un laboratorio para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico al incorporar polipropileno.

El proyecto de investigación se desarrollará utilizando el método Marshal-2018, con una muestra de concreto asfáltico convencional y una modificada con polímeros polipropileno.



Dónde:

- **M1: Muestra a utilizar de la investigación**
 1. Briqueta de concreto asfáltico.
- **Xi: Variables Independientes**
 2. Polipropileno (3%, 5% y 8%).
- **O1: Resultados.**
- **Yi: Variables Dependientes**
 3. Propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico.

2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN:

2.2.1. Variables.

1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

El polipropileno.

2. VARIABLE DEPENDIENTE.

Propiedades mecánicas y físicas del concreto asfáltico.

2.2.2. Operacionalización.

“Es un proceso mediante el cual se explica cómo se medirán las variables formuladas en la hipótesis, para lo cual en muchos casos habrá que descomponerlas en indicadores susceptibles de poder medirse” (Borja, 2012, pág.24).

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
<p>Independiente.</p> <p>Polipropileno</p>	<p>“Polipropileno (PP) es el polímero termoplástico, que se obtiene de la polimerización del propileno. (CH₂=CHCH₂). subproducto gaseoso de la refinación del petróleo Es usado en utensilios de cocina, recipientes, etc. Son de bajo precio, lo que genera producciones elevadas” (Canevarolo, 2006, p.47).</p>	<p>Al polipropileno se le analizará químicamente, será ensayado por caracterización y de luego será incorporado en porcentajes al concreto asfáltico.</p>	<p>Propiedades mecánicas.</p> <hr/> <p>Propiedades químicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la flexión. • Resistencia a tracción. • Resistencia a la compresión. • Resistencia al corte. <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia química a la humedad y al calor sin deformarse. • Dureza superficial. 	<p>Razón</p>

<p>Dependiente</p> <p>Propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico</p>	<p>“Las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico, son muy importantes porque son las que brindan el correcto funcionamiento de una capa de rodadura o a una carpeta asfáltica y dependen del tipo de material que se utiliza en dicha mezcla” (AASHTO 93, 2006, p.103).</p>	<p>Se incorpora un porcentaje de polipropileno, lo cual será en 3%,5% y 8%, al concreto asfáltico, para determinar el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas con las incorporaciones respectivas.</p>	<p>Físicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad. • Adhesión. • % vacíos • % VMA • Flujo. • Índice de rigidez 	<p>razón</p>
<p>Mecánicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Viscosidad. • Penetración. • Ductilidad de 25°C. • Punto de inflamación. • Punto de ablandamiento. • Recuperación elástica. 				

2.3. Población y muestra:

Nuestra población y muestra será el número de briquetas (especímenes) (36) realizadas mediante el método de diseño Marshall, ensayos establecidos.

Tabla 09: Muestra de ensayos establecidos

Nombre del ensayo	Nº de muestras	Norma
Penetración	4	MTC E 304
Punto de ablandamiento	4	MTC E 307
Punto de inflamación	4	MTC E 312
Viscosidad	4	ASTM
Ductilidad a 25 °c	4	MTC E 306
Recuperación elástica	4	MTC E 305
Ensayos Marshall	36	MTC E 504
Análisis químico del polipropileno	0	ASTM D 543
Ensayo de la identificación de la composición química.	0	ASTM D 638

2.4. Técnicas de recolección de datos, validez y confiabilidad:

Los métodos de recolección de datos son las distintas maneras de conseguir la información.

Es por ello que la técnica empleada en esta investigación será observación, por el cual se utilizó protocolos, que son instrumentos tomados como referencia de las normas reconocidas internacionalmente como AASHTO, ASTM, Instituto del asfalto. De los cuales se tomará los datos correspondientes de los ensayos realizados en laboratorio central de la universidad Cesar Vallejo filial Nuevo Chimbote. La cual garantiza la confiabilidad y validez de los resultados de dichos ensayos empleados.

MTC E 304 – 2000 (Penetración de los materiales asfálticos) ASTM D5 – AASHTO T49.

MTC E 307 – 2000 (Punto de ablandamiento de materiales bituminosos) ASTM D 36 – AASHTO T 53.

MTC E 312 – 2000 (Punto de inflamación mediante la copa abierta tag) ASTM T 79 – AASHTO D 3143

MTC 309 _ 2000 (Viscosidad del asfalto) ASTM D 4402 – AASHTO T 202

MTC E 306 – 2000 (Ductilidad de los materiales bituminosos) ASTM D 113 – AASHTO T 51.

MTC E 504 – 2000 (Rigidez de concreto asfáltico) ASTM D 1559 – AASHTO T 245.

Análisis químico de polímeros. ASTM D 543.

Caracterización química de polímeros. ASTM D 638

2.4.1. Procedimientos:

2.4.1.1. Penetración de los materiales bituminosos.

Objetivo: Este método describe el procedimiento que debe seguirse para determinar la penetración de los materiales bituminosos sólidos y semisólidos.

Equipos necesarios para el ensayo:

Aparato de penetración.

Recipiente de prueba.

Baño de agua.

Plato de Transferencia.

Dispositivo de tiempo.

Termómetros de líquido en vidrio.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

Examine el sujetador de la aguja y guía para establecer la ausencia de agua u otro material extraño. Si se espera que la penetración exceda 350, usar una aguja larga, de lo contrario una aguja corta. Limpie la aguja de penetración con tolueno u otro solvente conveniente, seque con una tela limpia e inserte la aguja de penetración en el Penetrómetro.

Salvo que se especifique de otra manera colocar el peso de 50g haciendo la carga móvil de $100 \pm 0,1g$. Si la prueba es hecha con el Penetrómetro en el baño, ponga el recipiente de la muestra directamente en el parante sumergido del Penetrómetro, mantenga el contenedor de la muestra completamente cubierto con agua en el baño.

Si la prueba es hecha en el Penetrómetro fuera del baño, ponga el recipiente de la muestra en el plato de transferencia, cubra el contenedor completamente con agua del baño y coloque el plato de transferencia sobre el parante del Penetrómetro. Usando el indicador de nivel, asegure que el aparato está nivelado.

Anote la lectura del dial del penetrómetro ó lleve el punto a cero. Posicione la aguja lentamente bajándola hasta que la punta roce con la superficie de la muestra. Esto se logra trayendo la punta de la aguja real al contacto con su imagen reflejada en la superficie de la muestra con una fuente de luz colocada adecuadamente. Rápidamente suelte al poseedor de la aguja para el período especificado de tiempo y ajuste el instrumento para medir la distancia penetrada en décimas de milímetro.

Si el recipiente se mueve, ignore el resultado. Haga por lo menos tres determinaciones en puntos de la superficie de la muestra, a no menos de 10 mm del borde del recipiente y no menos de 10 mm separadamente

entre ellos. Si el plato de transferencia se usa, devuelva la muestra y transfiera el plato al baño de temperatura constante entre las determinaciones. Use una aguja limpia para cada determinación.

Si la penetración es mayor que 200, use tres agujas dejándolas en la muestra hasta que las tres determinaciones hayan sido completadas. Si el recipiente de la muestra es menor que 65 mm de diámetro y la penetración esperada es mayor que 200, haga una penetración en cada uno de los tres recipientes separados y preparados.

2.4.1.2. ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO:

Objetivo. Determinar el punto de ablandamiento de productos bituminosos en el intervalo de 30 a 157°C, utilizando el aparato de anillo y bola, sumergido en agua destilada (30 a 80°C), glicerina USP (encima de 80 a 157°C), o glicol etileno (30 a 110°C).

Equipos necesarios para el ensayo.

Anillos de bronce.

Platos de base.

Bolas de acero 9.5 mm de diámetro.

Contenedor para baño caliente.

Termómetros

Reactivos: Agua destilada, glicerina USP, Glicol etileno, agentes aislantes.

Procedimiento:

Seleccione, dependiendo del punto de ablandamiento esperado, el baño líquido y el termómetro adecuado, entre los siguientes casos:

- Baño con agua destilada recién hervida, para ablandamiento esperado entre 30 y 80°C; úsese un termómetro 15 C. La temperatura al comenzar el baño deberá ser de $5 \pm 1^\circ\text{C}$.

- Baño con glicerina USP, para obtener ablandamientos por encima de 80°C y hasta 157°C; úsese un termómetro 16 C. La temperatura de iniciación del baño deberá ser de $30 \pm 1^\circ\text{C}$.
- Baño con glicol etileno para ablandamiento entre 30°C y 110°C; úsese un termómetro 16 C. La temperatura de iniciación del baño deberá ser de $5 \pm 1^\circ\text{C}$.

Para propósitos de arbitraje todos los puntos de ablandamiento hasta 80°C serán determinados en un baño maría (de agua) y todos los puntos de ablandamientos mayores de 80° C serán determinados en un baño de glicerina.

Armar el aparato bajo la campana extractora; colocando los anillos, con los especímenes, las guías para las bolas y los termómetros en posición, y llénese el baño con el líquido apropiado hasta una altura de 105 ± 3 mm. Si se usa glicol etileno, asegúrese que el ventilador de la campana extractora esté funcionando antes de depositar el líquido.

Usando unas tenazas apropiadas, colóquense las dos bolas en el fondo del baño para que adquieran la misma temperatura de iniciación que el resto del montaje.

Colóquese todo el conjunto del baño en agua con hielo o caliéntese muy suavemente, para alcanzar y mantener durante 15 minutos la temperatura de iniciación apropiada. Cuídese de no contaminar el líquido del baño.

Usando otra vez las tenazas, colóquese cada una de las bolas en la guía para su centrado. Caliéntese el baño en forma pausada para asegurar que la velocidad de elevación de la temperatura sea constante a $5^\circ\text{C}/\text{minuto}$. Protéjase el baño de corrientes de aire usando pantallas, si es necesario. No promedie la velocidad de elevación de temperatura durante el periodo del ensayo.

La máxima variación permitida para un período de 1 minuto, después de transcurridos los 3 primeros minutos, será de $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Repítase cualquier

ensayo en el cual la velocidad de elevación de la temperatura no caiga dentro de estos límites.

Anótese para cada anillo y bola, la temperatura indicada por el termómetro en el momento en que el producto bituminoso rodeando la bola, toca el fondo del baño. No se debe hacer corrección por la parte emergente del termómetro. Si la diferencia entre las dos temperaturas excede de 1 °C, repítase el ensayo.

2.4.1.3. PUNTO DE INFLAMACION MEDIANTE LA COPA ABIERTA TAG:

Objetivo. Determinar el punto de inflamación de asfaltos líquidos que tengan punto de inflamación menores de 93,3 °C mediante el aparato de copa abierta TAG.

Equipos necesarios para el ensayo:

Probador de Inflamación.

Recipiente.

Copa abierta TAG.

Termómetros.

Agua para productos con punto de inflamación.

Procedimiento del ensayo.

Colocar la copa de vidrio en el baño metálico y ajústese el soporte del termómetro de tal manera que éste quede firmemente soportado en una posición vertical, en la mitad entre el centro y la pared de la copa, y sobre una línea que pase a través del centro de la copa y del eje de rotación del aplicador. Colóquese el termómetro de tal manera que su extremo inferior se halle a 6,4 mm por encima del fondo interior de la copa.

Llénese el recipiente metálico con agua (fría de grifo), que tenga una temperatura al menos de 16,5 °C por debajo del punto de llama probable

del material que va a ser ensayado, hasta que un ligero exceso de flujo se note en el pico de rebose. El recipiente deberá llenarse hasta un nivel aproximadamente de 3,2 mm a partir de la parte superior, cuando la copa de ensayo está en su sitio.

Colocar el dispositivo metálico de nivelación sobre el borde de la copa y llénese ésta con el material que va a ser ensayado, hasta que el nivel toque exactamente los indicadores del dispositivo de nivelación (éste deberá ser aproximadamente de 3,2 mm por debajo del borde de la copa).

Comience en un punto de $13,8 \pm 2,8$ °c por debajo del punto de inflamación, realizar un ajuste final en la muestra que está en la copa. (una jeringa o gotero de medicina proporciona un medio conveniente de añadir o remover la muestra de la copa), en intervalos sucesivos pasar la vela por ignición a través de la muestra con un movimiento continuo, de tal manera que el tiempo de cada paso sea 1 segundo.

El primer pase debe ser inmediatamente después que haya pasado el nivel de ajuste. otro extremo, excepto cuando este en movimiento y la llama de la vela este aplicándose en la muestra. Registrar la temperatura del termómetro en el tiempo en que la aplicación de la llama de la vela causa un relámpago visible en el interior de la copa de ensayo.

2.4.1.4. DUCTILIDAD.

Objetivo: Este método de ensayo proporciona una medida de las propiedades de tensión de materiales bituminosos y puede ser usada para medir la ductilidad para requisitos de especificaciones.

Equipos necesarios para el ensayo.

Molde.

Placa.

Baño de agua.

Ductilómetro.

Termómetro.

Procedimiento del ensayo:

Ensamble el molde en la placa de bronce. Cubra completamente la superficie de la plancha y superficies interiores de los lados a y a', del molde con una capa delgada de una mezcla de glicerina y dextrin, talco o caolín (arcilla de loza) para impedir que el material bajo la prueba se adhiera. La plancha en la que se pondrá el molde será absolutamente llana y nivelado para que la superficie del fondo del molde este en contacto.

Calentar cuidadosamente la muestra previniendo el sobrecalentamiento local hasta que se haya puesto suficientemente fluido para verter. Colar la muestra derretida a través de un tamiz de 300 μm conforme a lo especificado. Después de un agitado continuo, vacíe dentro del molde. Llenando el molde, tenga cuidado de no desarreglar las partes y por lo tanto no deformar el bloque.

En el llenado, vierta el material en un ligero torrente atrás y delante de extremo a extremo del molde hasta rebalsar el molde. Dejar el molde, conteniendo el material a una temperatura ambiente por un periodo entre 30 a 40 minutos y luego ponerlo en el baño de agua manteniéndolo a una temperatura de prueba especificada por 30 minutos; entonces eliminar el exceso de bitumen con un emparejador o espátula justo al ras del molde.

Manteniendo el espécimen a temperatura normal – Colocar la plancha de bronce y el molde, con el espécimen, en el baño de agua y mantener a temperatura especificada por un periodo de 85 a 95 minutos. Luego quite

la briqueta de la plancha, separe los trozos laterales, e inmediatamente ensaye la briqueta.

2.4.1.5. VISCOSIDAD.

Objetivo: Establece el procedimiento para determinar la viscosidad del asfalto (bitumen), con el viscosímetro capilar de vacío a 60 °C. Se aplica a materiales que tengan viscosidades entre 0,036 y 200,000 poises.

Equipos para el ensayo:

Viscosímetro.

Termómetro.

Baño.

Sistema de Vacío.

Cronómetro.

Aparato eléctrico regulador de tiempo.

PROCEDIMIENTO:

Mantener el baño a la temperatura de ensayo con $\pm 0,03$ °C. Aplíquense las correcciones necesarias, si las hubiere, a todas las lecturas del termómetro.

Selecciónese un viscosímetro limpio y seco, el cual debe dar un tiempo de flujo mayor de 60 s y precaliente de $135 \pm 5,5$ °C.

Cárguese el viscosímetro vertiendo la muestra preparada dentro de él y llénese hasta la línea E ± 2 mm, figuras 2; 3 y 4. 6.4 Colóquese el viscosímetro cargado en un horno o baño, manteniendo la temperatura a $135 \pm 5,5$ °C, por un período de 10 ± 2 min, permitiendo que escapen las burbujas grandes de aire.

Retírese el viscosímetro del horno o del baño, dentro de un lapso de 5 minutos y colóqueselo en un soporte en posición vertical dentro del baño, en forma que la marca reguladora de tiempo más alta, esté por lo menos 20 mm por debajo de la superficie del líquido del baño.

Hágase un vacío de $40 \pm 0,07$ Kpa ($300 \pm 0,5$ mm de Hg) bajo la presión atmosférica en el sistema de vacío, y conéctese el sistema al viscosímetro, abriendo la llave de la válvula a la línea de carga del viscosímetro.

Después que el viscosímetro ha estado 30 ± 5 min dentro del baño, inicie el flujo del asfalto en el viscosímetro abriendo la válvula en la línea que conecta el sistema de vacío.

Mídase con precisión de 0,1 s el tiempo requerido para que el borde del menisco pase entre los pares sucesivos de marcas reguladoras de tiempo. Repórtese el primer tiempo de flujo que sobrepase de 60 s entre un par de marcas de regulación de tiempo, registrando la identificación del par de marcas.

La limpieza del viscosímetro es en extremo importante. Al terminar el envase, retire el viscosímetro del baño y colóquese en posición invertida en un horno a $135 \pm 5,5$ °C hasta cuando todo el asfalto sea expulsado completamente del viscosímetro.

Periódicamente, limpiar el aparato con solución de ácido crómico para remover los depósitos orgánicos lavando totalmente con agua destilada y acetona libre residual, y secando con aire seco filtrado.

La solución limpiadora de ácido crómico puede ser preparada adicionando, con la debida precaución, 800 mL de ácido sulfúrico concentrado a una solución de 92 g de dicromato de sodio en 458 mL de agua.

El empleo de soluciones comerciales similares es aceptado. Soluciones limpiadoras no crómicas que contengan ácidos fuertemente oxidantes pueden ser sustituidas de manera de evitar los problemas por los depósitos en soluciones que contengan cromo.

2.4.1.6. ENSAYO MARSHALL.

Objetivo: Determinar a partir de la preparación y compactación de especímenes de mezcla bituminosa para pavimentación, de altura nominal de 64 mm y 102 mm de diámetro, el diseño de una mezcla asfáltica y calcular sus diferentes parámetros de comportamiento, por medio del método manual Marshall.

2.4.1.6.1.1. Requisitos para ensayo Marshall.

Peso específico del material impermeable.

$$\text{Peso específico} = \frac{C}{C + D - E} ;$$

Peso específico de las partículas saturadas con superficie seca.

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{A + D - E}$$

Peso específico de las partículas secas.

$$\text{Peso específico} = \frac{C}{A + D - E} \times \gamma$$

Porcentaje de absorción.

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{A - C}{C} \times 100$$

Dónde:

A = Peso de la muestra saturada con superficie seca, en gramos.

C = Peso de la muestra seca, en gramos.

D = Peso del picnómetro lleno de agua, en gramos.

E = Peso del picnómetro con la muestra saturada, en gramos.

γ = Peso específico del agua a la temperatura que se realiza el ensayo.

Gravedad Específica Bulk del agregado (Gsb)

Cuando el agregado total consiste en fracciones separadas de agregado grueso, agregado fino y llenante con diferentes gravedades específicas, la gravedad específica bulk para el agregado total se calcula empleando la relación.

$$GSb = \frac{P1 + P2 + P3 + \dots + Pn}{\left(\frac{P1}{G1}\right) + \left(\frac{P2}{G2}\right) + \left(\frac{P3}{G3}\right) \dots + \left(\frac{Pn}{Gn}\right)}$$

Dónde:

Gsb = gravedad específica bulk para el agregado total.

P1, P2, Pn = porcentajes individuales por masa de agregado. G1, G2, Gn = gravedad específica neta individual del agregado.

Gravedad Específica Efectiva del agregado (Gse).

Cuando se basa en la gravedad específica máxima de una mezcla, Gmm, la gravedad específica efectiva del agregado, Gse, incluye todos los espacios vacíos en las partículas del agregado, excepto aquellos que absorben el asfalto. La Gse se determina empleando la relación:

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\left(\frac{P_{mm} - P_b}{G_{mm}}\right) - \left(\frac{P_b}{G_b}\right)}$$

Dónde:

G_{se} = gravedad específica efectiva del agregado

G_{mm} = gravedad específica máxima de la mezcla sin vacíos de aire (Obtenida mediante el ensayo ASTM D2041 ó AASHTO T 209).

P_{mm} = porcentaje de masa total de la mezcla suelta = 100%

P_b = contenido de asfalto con el cual se determina la G_{mm} expresado como porcentaje del total de la masa de la mezcla.

G_b = gravedad específica del asfalto

Gravedad Específica Máxima

En el diseño de una mezcla asfáltica para un agregado dado se necesitará la gravedad específica máxima, G_{mm} , con el fin de calcular el porcentaje de vacíos de aire para cada contenido de asfalto.

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}}$$

Dónde:

G_{mm} = gravedad específica máxima de la mezcla (sin vacíos de aire).

P_{mm} = porcentaje de la masa del total de la mezcla suelta = 100%

P_s = contenido de agregado expresado como porcentaje del total de la masa de la mezcla. $P_s = 100 - P_b$.

P_b = contenido de asfalto expresado como porcentaje del total de la masa de la mezcla.

G_{se} = gravedad específica efectiva del agregado.

G_b = gravedad específica del asfalto.

Absorción de asfalto (P_{ba})

La absorción se expresa como un porcentaje de la masa del agregado y no como un porcentaje del total de la masa de la mezcla. La absorción del asfalto, P_{ba} , se determina mediante la siguiente relación:

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} G_{se}} G_b$$

Dónde:

P_{ba} = asfalto absorbido expresado como porcentaje de la masa del agregado.

G_{se} = gravedad específica efectiva del agregado.

G_{sb} = gravedad específica bulk del agregado.

G_b = gravedad específica del asfalto.

Contenido efectivo de asfalto (P_{be})

Es el volumen total de asfalto menos la cantidad de asfalto absorbido dentro de las partículas del agregado.

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} * P_s$$

Donde:

P_b = Contenido de asfalto %

P_{ba} = Asfalto absorbido %

G_b = Gravedad específica del asfalto

P_s = % de agregado en la mezcla

Vacíos de Agregado Mineral

Se definen como el vacío intergranular entre las partículas del agregado en una mezcla asfáltica compactada, el cual incluye los vacíos de aire (V_a) y el contenido de asfalto efectivo (P_{be}), expresado como un porcentaje del

volumen total.

$$VMA = 100 - \frac{Gmb * Ps}{Gsb}$$

Dónde:

Gmb = Gravedad Bulk de

mezcla compactada Ps = % de

agregado en la mezcla

Gsb = Gravedad específica Bulk de la mezcla de agregado

Vacíos llenados con asfalto (VFA)

Volumen de espacio vacío intergranular entre las partículas del agregado que es ocupado por el asfalto efectivo.

$$VFA = \frac{100 * (VMA - Va)}{VMA}$$

Dónde:

VMA = Vacíos

agregado mineral

Va = Vacíos de aire

Equipos para la preparación de los especímenes:

Molde ensamblado para especímenes.

Extractor de especímenes.

Martillos de Compactación.

Martillo de Compactación con Manubrio Fijo.

Pedestal de Compactación.

Sostén de Molde para Espécimen.

Hornos, cacerolas para calentado ó placas calentadoras.

Equipo Misceláneo:

Aparatos de Mezclado.

Contenedores para Calentamiento de Agregados.

Contenedores

Herramientas de mezclado.

Termómetros calibrados.

Balanza.

Guantes.

Cucharón de base plana.

Cuchara larga

Equipos Para El Ensayo De Estabilidad Y Flujo.

Cabezal de Ruptura.

Máquina de Carga a Compresión.

Dispositivo de Medida de Carga

Medidor de Flujo.

Baño de Agua.

Horno.

Baño de Aire.

Termómetros.

PROCEDIMIENTO:**Especímenes de Ensayo.**

Preparación de Agregados, Secar los agregados a peso constante. El secado en horno será hecho de 105 °C a 110 °C. Después del secado, separa los agregados por tamizado en seco en las fracciones deseadas. Las fracciones mínimas siguientes son las recomendadas:

25 a 19 mm (1 a $\frac{3}{4}$ pulg)

19 a 12,5 mm ($\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$ pulg)

12,5 a 9,5 mm ($\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{8}$ pulg)

9,5 a 4,75 mm ($\frac{3}{8}$ a N°4)

4,75 a 2,36 mm (Nº4 a Nº8)

2,36 mm (pasante la Nº8)

Determinación de temperaturas de mezcla y compactación. El cemento asfáltico empleado en preparar las muestras será calentado para producir viscosidades de $0,17 \pm 0,02$ Pa.s y $0,28 \pm 0,03$ Pa.s para mezclado y compactado respectivamente.

Mezclas de Pavimentación Recompactadas, Los materiales obtenidos de un pavimento existente serán calentadas en recipientes cubiertos en horno a 3°C de la temperatura de compactación deseada.

El calentamiento durará lo suficiente como para obtener la temperatura deseada. Si la temperatura de compactación para una mezcla específica no se conoce, la experiencia ha mostrado que estas mezclas serán compactadas una temperatura entre 120°C a 135°C .

Durante la preparación para el calentamiento a temperatura de compactación el material será calentado y trabajado hasta una condición de mezcla suelta. Cualquier agregado roto podrá ser removido. La estabilidad de mezclas recalentadas y recompactadas de pavimentos existentes es común que sea más alta que la original debido al endurecimiento del asfalto en servicio. El proceso de recalentamiento solo tendrá una menor influencia en el endurecimiento del asfalto.

Preparación de la Mezcla

Los especímenes podrán ser preparados de bachadas solas ó de bachadas múltiples que contengan suficiente material para tres ó cuatro especímenes.

Pesar en contenedores separados la cantidad de cada fracción de agregado requerida para producir una bachada que resultará en una, dos, tres o cuatro especímenes compactados de $63,5 \pm 2,5$ mm de altura (cerca de 1200, 2400,

3600 ó 4800 g respectivamente). Colocar los agregados de las bachadas en contenedores sobre una placa de calentamiento ó en horno y calentar a temperatura por encima de, pero sin exceder la temperatura de mezcla establecida, por más de 28°C para mezclas con cemento asfáltico y brea. Cargar el contenedor de la mezcla con el agregado caliente y mezclar en seco con cuchara (por 5 s, aprox.) con cuchara ó pala. Formar un cráter en el agregado mezclado seco y pese la cantidad requerida de material bituminoso a la temperatura de mezcla dentro de la mezcla.

Mezclar los agregados y el material bituminoso rápidamente hasta que estén cubiertos totalmente por 60 s para bachadas simples y por 120 s para bachadas para especímenes múltiples.

Acondicionar las bachadas simples en contenedores de metal cubiertos en horno a 8°C a 11°C por encima de la temperatura de compactación establecida, para un mínimo de 1 h y máximo de 2 h.

Para muestras de múltiples bachadas, colocar la bachada total en una superficie limpia no absorbente. Mezcle a mano para asegurar uniformidad y cuartear a un tamaño de muestra para conformar el espécimen de altura requerida. Para cementos asfálticos y alquitrán poner las muestras en contenedores de metal cubiertos y en un horno ventilado a la temperatura establecida. Para acondicionarlos por espacio mínimo de 1 h y máximo de 2h.

Compactación de los Especímenes:

Limpiar completamente el molde ensamblado y la cara del martillo de compactación y calentarlos ambos en agua hirviendo en horno ó en una placa calentadora a temperatura entre 90 y 150 °C. Colocar un pedazo de papel no absorbente cortado del tamaño de la base del molde antes de introducir la mezcla. Colocar la mezcla en el molde, chusear vigorosamente la mezcla con una espátula calentada 15 veces alrededor del perímetro y 10 veces en el interior. Colocar otra pieza de papel no absorbente para que encaje en la

parte superior de la mezcla. La temperatura de la mezcla inmediatamente antes de la compactación deberá estar entre los límites de las temperaturas de compactación establecida.

Colocar el molde ensamblado en el pedestal de compactación con el sujetador y aplicar el número requerido de golpes con el martillo especificado de compactación.

Remover la placa de base y el collar y voltear y reensamble el molde. Aplicar el mismo número de golpes de compactación en la cara reversa del espécimen. Después de la compactación, remover el collar y la placa de base. Permitir que el espécimen se enfríe lo suficiente para prevenir algún daño y extraer el espécimen de su molde.

El enfriar los especímenes en el molde puede ser facilitado por su inmersión en agua fría. Para facilitar la extracción, el molde y el espécimen pueden ser brevemente sumergido en agua en un baño de agua caliente para calentar el molde de metal y reducir la distorsión del espécimen. Cuidadosamente transfiera el espécimen a una superficie suave y plana y permita que se enfríen a temperatura de sala.

Cuando se lleva a cabo la compactación con el martillo operado manualmente, coger el eje del martillo con la mano tan cerca de la perpendicular de la base del molde ensamblado como sea posible. En este procedimiento original Marshall ningún aparato mecánico de cualquier tipo debe ser empleado para restringir el manubrio del martillo en posición vertical durante la compactación.

Ensayo de Estabilidad y Flujo.

Se ensayarán un mínimo de 03 especímenes que tendrán el mismo tipo de agregado, calidad y gradación, el mismo tipo y cantidad de filler, y la misma fuente de ligante, grado y cantidad. Además, tendrán la misma preparación: temperatura, compactación y enfriamiento.

Los especímenes deberán enfriarse a temperatura ambiente después de la compactación. Durante el enfriamiento serán colocados sobre una superficie suave y plana. Se determinará el peso específico bulk de cada espécimen por el método D2726. Los pesos específicos bulk de los especímenes para cada contenido de ligante estarán dentro de $\pm 0,020$ del promedio tal como se indica en D 6926.

Medir el espesor de los especímenes de acuerdo a MTC E 507. Los especímenes podrán acondicionarse para su ensayo tan pronto alcancen la temperatura ambiente. Los ensayos se completarán dentro de las 24 h de haberse compactado los especímenes. Llevar los especímenes a la temperatura especificada por inmersión en agua de 30 a 40 min. Ó colocarlos en horno de 120 a 130 min.

Mantener el baño u horno a 60 ± 1 °C para cemento asfáltico, 49 ± 1 °C para alquitrán con caucho y 38 ± 1 °C para alquitrán.

Llevar los especímenes preparados con asfalto líquido a temperatura colocándolos en el baño de aire por 120 a 130 min. Mantener el baño de aire a 25 ± 1 °C.

Limpiar completamente las líneas guías y el interior de las superficies del cabezal antes de ejecutar el ensayo. Lubricar las líneas guías de tal manera que el segmento superior del cabezal se deslice libremente sobre ellas. El cabezal deberá estar a temperatura de 20 a 40°C. Si se emplea el baño de agua, limpiar el exceso de agua del interior de los segmentos del cabezal.

Remover un espécimen del agua, horno ó baño de aire (en caso del baño de agua remover el exceso con una toalla) 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.

Si se usa, colocar el flujómetro en posición sobre una de las líneas guías y ajustarlo acero mientras se sostiene firmemente contra el segmento superior del cabezal mientras el ensayo se está ejecutando.

El tiempo desde la remoción del espécimen del baño a la determinación de la carga máxima no debe exceder los 30 segundos. Aplicar la carga al espécimen por medio de una razón constante de 50 mm/min. Hasta que la carga decrezca según lo indique el dial de carga.

Registrar la máxima carga indicada en la máquina de carga ó convertirla de la lectura máxima del dial micrómetro como estabilidad Marshall.

Liberar el flujómetro ó anotar la lectura del dial micrómetro en el instante en que la máxima carga empieza a decrecer. El valor del flujo normalmente se da en unidades de 0,25 mm.

2.4.1.7. ENSAYO DE LA RESISTENCIA DEL POLIPROPILENO.

Procedimiento del ensayo empleado

$$I = I_0 e^{-4\pi Nkl/\lambda}$$

Donde **k** es el índice de absorción, **λ** es la longitud de onda de la luz, **I_0** es la intensidad original, y **N** es el número de Avogadro.

La reflectancia y transmitancia luminosas y el color pueden determinarse experimentalmente de la siguiente manera. Las muestras se preparan normalmente de película, lamina o muestras moldeadas con superficies planas paralelas.

Se monta la muestra junto con una superficie de comparación a la luz de diversas longitudes de onda. Entonces se puede medir la luz reflejada o transmitida.

Tabla N°10: Ensayos para el desarrollo de la investigación

Nombre del ensayo	Técnica	Instrumento	Objetivo (Indicador)	Validez y confiabilidad
Penetración	Observación	Protocolos	Grado de penetración	MTC E 304
Punto de ablandamiento	Observación	Protocolos	Grado de ablandamiento	MTC E 309
Punto de inflamación	Observación	Protocolos	Grado de inflamación	MTC E 303
Ductilidad	Observación	Protocolos	Tensión máxima del bitumen	MTC E 306
Viscosidad	Observación	Protocolos	Estado de fluidez	ASTM
Ensayo Marshall	Observación	Protocolos	Índice de rigidez	MTC E 504
Ensayo de caracterización del polipropileno	Observación	Protocolo	Grado de resistencia.	ASTM - D543
Ensayo de la identificación de composición química del polipropileno.	Observación	Protocolo	Grado de composición química.	ASTM - D638

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los agregados utilizados para el desarrollo del proyecto de investigación es obtenido de la Cantera San Pedrito, ubicado en el Km 30+71 carretera Panamericana Norte – Samanco. Para verificar la calidad de los agregados que serán utilizados para elaborar el diseño de concreto asfáltico, se realizarán ensayos en el laboratorio de la universidad Cesar Vallejo Filial – Nuevo Chimbote.

Gráfico N°1: Cantera de los agregados.



Fuente: Google Maps

2.5. Validación:

Se emplearon protocolos que son instrumentos que no necesitan evaluación ni juicio de expertos ya que fueron elaborados por un equipo altamente calificado y especializado en el tema MTC.

2.6. Método de análisis de datos:

El presente proyecto de investigación se realizara en el área de estudio y en el laboratorio y será analizado mediante tablas y gráficos

de barras con el fin de verificar las diferencias que hay entre el diseño convencional y modificado, lo cual se realizara en el laboratorio de la universidad Cesar Vallejo Filial Nuevo – Chimbote.

Gráfico N°2: Laboratorio de suelos de la UCV.



Fuente: Google Maps

2.7. Aspectos éticos:

Para realizar el proyecto de investigación se tiene presente aspectos éticos, donde se tiene en cuenta la veracidad de los resultados y el respeto a la propiedad intelectual, de este modo se tomó información antecedente de libros, manuales y normas, que se citó correctamente, con fin de respetar los derechos de autor.

También el presente proyecto de investigación tiene como fin beneficiar a la sociedad, ya que el objetivo del proyecto es incorporar polipropileno al concreto asfáltico, con el fin de mejorar las propiedades físicas y mecánicas

III. RESULTADOS:

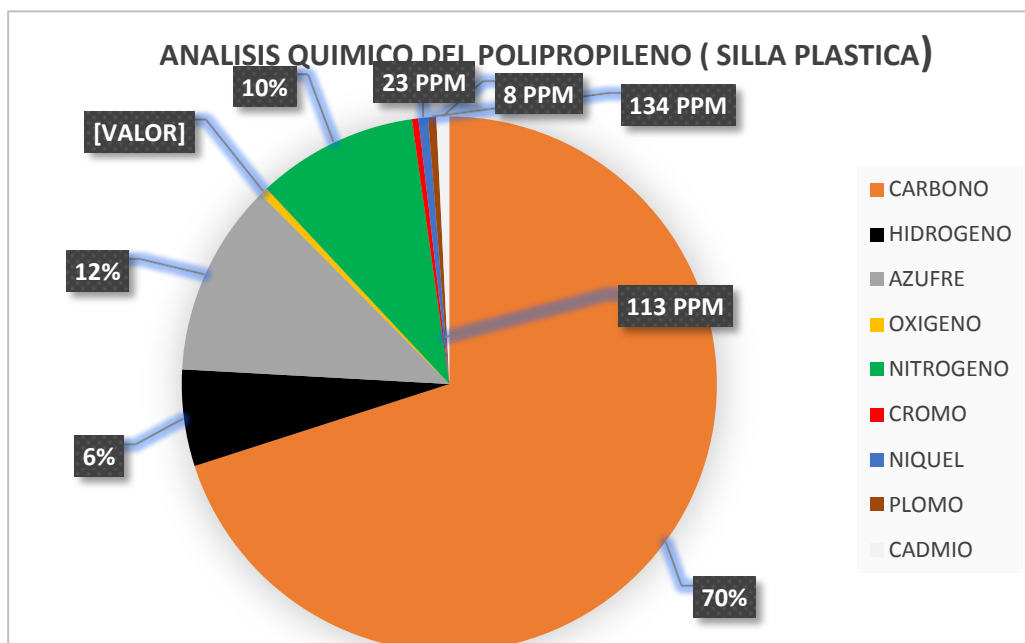
En la presente investigación se logró obtener los resultados de los estudios realizados, con lo cual tuvo su finalidad en cumplir el desarrollo los objetivos específicos definidos en la investigación, así mismo se detalló los resultados de cada objetivo específico.

De acuerdo con los ensayos realizados, se obtuvo los resultados de acuerdo con lo indicado en el tercer objetivo específico.

OBJETIVO N° 1: Composición y caracterización del polipropileno.

3.1. Análisis químico del polipropileno.

GRAFICO N°3: Análisis químico del polipropileno (silla plástica)



INTERPRETACIÓN:

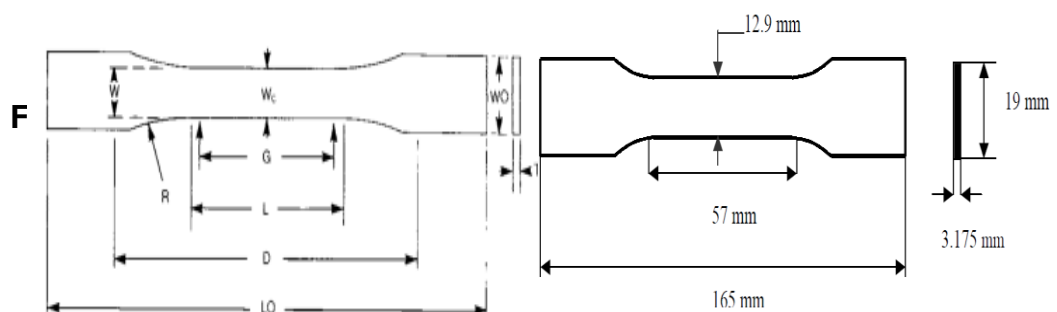
En el siguiente gráfico se puede observar el gran contenido de carbono encontrado en el polipropileno (silla plástica) con un valor de 70% ; lo cual se considera bueno porque la composición de cemento asfáltico esta entre 60% y 90% de carbono, se encontraron que contiene también un 6% de hidrogeno, 12 % de azufre , 0.50 % de oxígeno , 10 % de nitrógeno de la muestra ensayada, ya que contempla con los parámetros establecidos y así mismo cumplir los objetivos del estudio, por otro lado también se encontró otros componentes con menores proporciones que contienen como unidad partes por millón como lo son; 113 PPM de cromo, 23 PPM de niquel, 134 PPM de plomo, 8 PPM de cadmio. Junto a esto adjuntaremos la ficha de análisis empleado al polipropileno (silla plástica) para la validación (ver anexo 2).

3.2. Ensayo de caracterización del polipropileno.

3.2.1. Ensayo de tracción.

Para la ejecución de los ensayos de tracción [ASTM D638] se emplearon probetas normalizadas con forma de halterio, según la tipología I del molde, es fundamental mantener la uniformidad en el espesor de la probeta, tiene como objetivo encontrar las propiedades mecánicas a tracción de las películas.

GRAFICO N°4: Probetas para ensayo de tracción



TE: (ASTM D 638 – 02a Tensile

Properties of Plastics)

Se realizará una prueba piloto de tensión con las velocidades de 50mm/min sugeridas en la norma técnica para el PP (Tabla 11), a partir de estos tiempos se define la velocidad con la que se sigue efectuando todos los demás ensayos para el resto de mezclas.

TABLA N°11: DATOS PARA ENSAYO DE TRACCIÓN

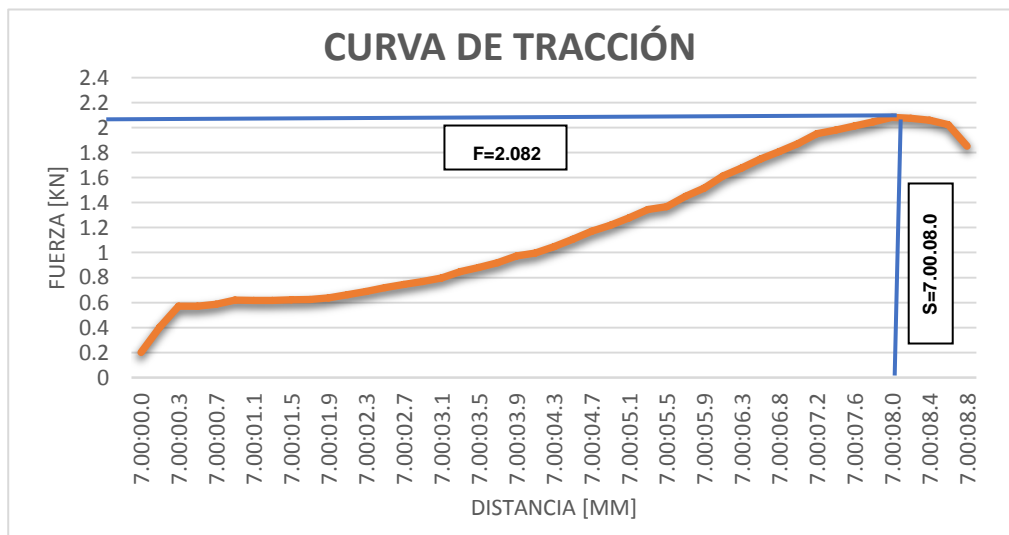
PROBETA ENSAYO	VELOCIDAD (MM/MIN)	F(min) (KN)	DESPLAZAMIENTO (mm)	TIEMPO (min) Lo (mm)	Lf (mm)	
A1	50	1,102	9,7	8,66	167	575

FUENTE: (ISO 527 Plastics Tensile Testing)

TABLA N°12: RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCIÓN:

PROBETA	VELOCIDAD	F(KN)	DESPLAZAMIENTO	TIEMPO	EPS%
1	50	2.082	8.0	9	26.72

GRAFICO N°5: CURVA DE ENSAYO DE TRACCIÓN



FUENTE: Laboratorio UCV-Nuevo Chimbote.

INTERPRETACIÓN:

Según el ensayo de tracción a la silla de polipropileno siguiendo la normativa (ASTM D638-72), el polipropileno ensayado resistió una fuerza de 2.082kn y se tracciono 08 milímetros por lo cual tiene una resistencia buena.

3.2.2. Ensayo resistencia a la flexión.

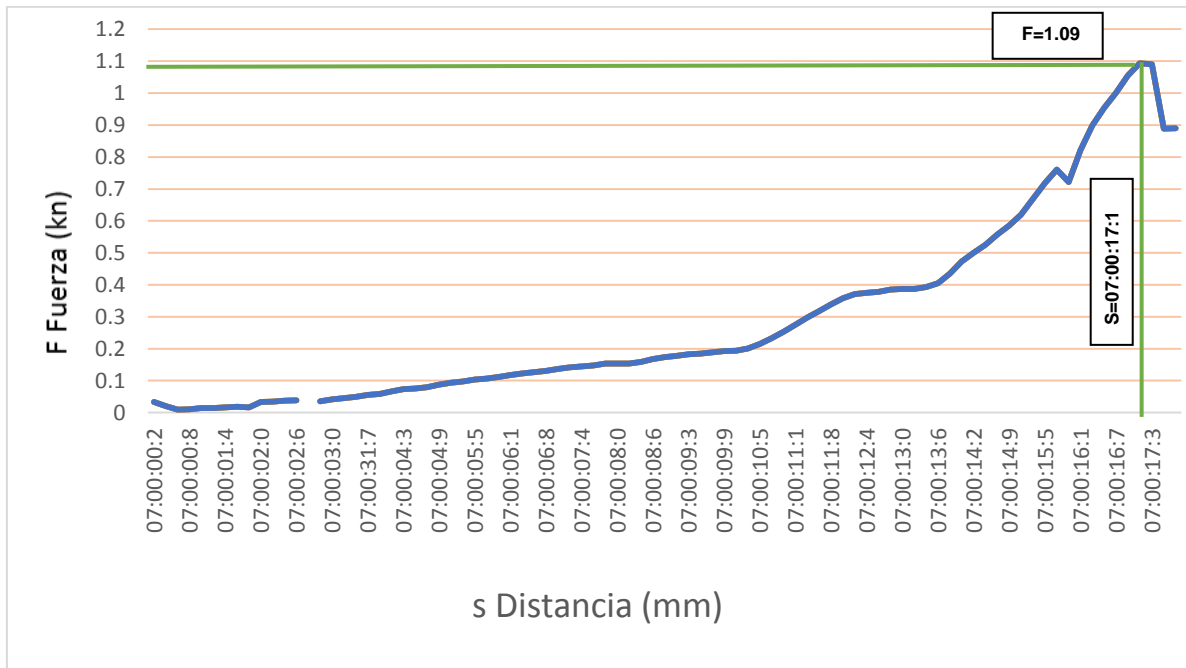
La realización correcta de ensayos en los materiales es muy importante ya que permite, conocer su comportamiento ante diferentes circunstancias y determinar sus propiedades. Además, su realización puede ayudarle a asegurar que sus productos están fabricados según la normativa y legislación que afecta a su sector. Las probetas necesarias para el ensayo de flexion se obtuvieron como resultado de cortar por la mitad barras prismáticas moldeadas por inyección molde dado por la norma ASTM D-647. La geometría y las dimensiones resultantes de la probeta se especifican.

RESULTADOS DE FLEXIÓN

TABLA N°13: resultados del ensayo de flexión

ALTURA	10mm	TEMPERATURA DE PRUEBA	Temperatura ambiente
LONGITUD	17mm	FUERZA MAXIMA DE PRUEBA	1.093 KN
ESPEJOR	0.5mm	CLARO DE APOYO	L= 100 MM
MODULO DE ELASTICIDAD	0.01 N / mm ²	TOLERANCIA A LA FLEXION	<1.00 MM/KN

GRAFICO N° 6: CURVA DE FLEXIÓN



FUENTE: Laboratorio UCV- Nuevo Chimbote.

INTERPRETACIÓN:

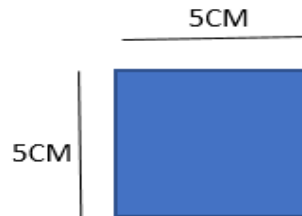
Según el ensayo de flexión a la silla de polipropileno siguiendo la normativa (ASTM D638) que tiene como módulo de deformación de <del 1% como medida de resistencia a la flexión, por lo tanto, la silla de polipropileno tiene una deformación de 1.093 aplicándole una carga de 1.09kn. por lo tanto, se acepta el material.

3.2.3. ENSAYO DE COMPRESIÓN.

La capacidad de obtener un mismo resultado para diferentes mediciones es la clave en la caracterización y se le conoce como repetibilidad, si no se cuenta con ella no es posible aseverar el comportamiento de un material. En esta sección del trabajo se obtuvo la fuerza máxima de compresión soportada por una probeta (P1) antes de fracturar. A partir de los datos obtenidos se determinó un valor de precarga. Se observó que la fuerza máxima variaba en la mayoría de los casos, sin embargo, se encontraba siempre entre un rango de 1.5 KN por lo tanto no es significativo mientras se mantenga

dentro de ese rango, esto significa entonces que tanto la fabricación de las muestras como la aplicación de la carga con la máquina de compresión se considera.

GRAFICO N° 7: Dimensiones del espécimen



FUENTE: (ASTM-0695)

ANALISIS DEL RESULTADO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

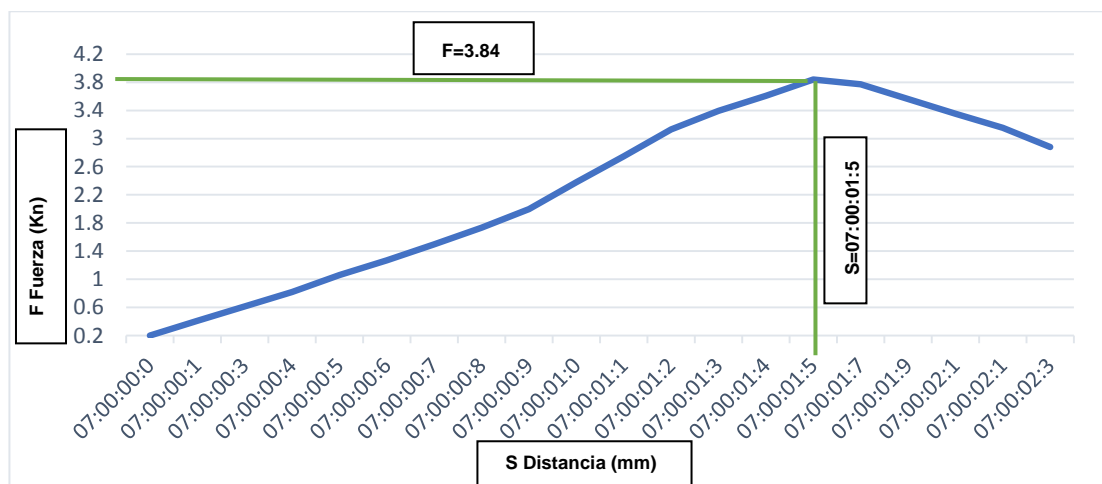
TABLA N°14: CARACTERISTICAS DEL ENSAYO

ALTURA	5 CM
ANCHO	5 CM
FUERZA MAXIMA APLICADA	1.09 KN

TABLA N°15: Resultados del ensayo de compresión.

S distancia	F(kn)	EPS(%)	Sigma (N/mm)
01.5	3.84	3.157	15.359

GRAFICO N° 8: Curva de compresión del polipropileno



FUENTE: Laboratorio UCV.

INTERPRETACIÓN:

Se le aplico una fuerza de 3.84kn en la maquina calibrada gunt hamburg, lo que la muestra cuadrada de 5cm x 5cm de silla de polipropileno, se comprimió 15 milímetros con una sigma 15.359 n/mm.

3.2.4. ENSAYO DE DUREZA (METODO BRINELL)

Bola de acero duro/carburo de W ($\phi=10$ mm) Se oprime contra la superficie del metal y se mide el diámetro de la impresión, generalmente de 2 a 6 mm).

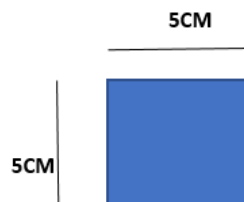
TABLA N°16: Cargas sometidas por diámetro de bola del método Brinell

DIAMETRO DE BOLA (MM)	FACTOR DE CARGA Q			
	30	10	5	2,5
CARGAS EN KG				
10	3000	1000	500	250
5	750	250	125	62,5
2,5	187,5	62,5	322	15,6
125	46,9	15,6	7,81	3,91
0,625	11,7	3,91	1,953	0,977

FUENTE: (ASTM D-638)

ANALISIS RESULTADO DEL ENSAYO DE DUREZA DEL POLIPROPILENO

GRAFICO N°9: DIMENSIONES DEL ESPECIMEN



FUENTE: Laboratorio UCV.

TABLA N° 17: DATOS APLICADOS AL MÉTODO BRINELL

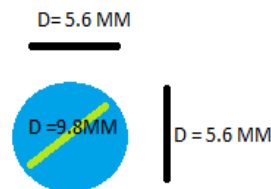
FUERZA =	0.2 KN
FUERZA - TESTIGO=	2.5 KN
TIEMPO DE ENSAYO =	10:40.8 "

GRAFICO N° 10: Cronometro de fuerza método Brinell



FUENTE: Laboratorio de la UCV-Nuevo Chimbote

GRAFICO N° 11 Huella de la bola del método Brinell



FUENTE: Laboratorio de la UCV-Nuevo Chimbote

TABLA N° 18: Resultados del ensayo dureza método Brinell

RESULTADO	
DUREZA MEDIDA HB =	9 HB

INTERPRETACIÓN:

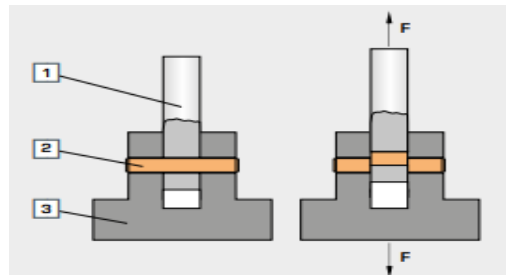
Siguiendo la normativa de polímeros, con el método Brinell, se identificó que el polipropileno tiene una gran dureza, se le aplicó una fuerza de 2.5 kn Brinell y se tomó las medidas de deformación que es de 5.6 de diámetro, y tiene una dureza de 9HB.

3.2.5. RESISTENCIA A LA CORTURA

El ensayo de cizallamiento consta en la comprobación de tornillos, remaches, pasadores y chavetas, para evaluar la resistencia al cizallamiento del material y el comportamiento del material bajo esfuerzo de cizallamiento. Para ello, se generan en la probeta tensiones de

cizallamiento por medio de esfuerzos cortantes aplicados desde fuera, hasta que la probeta falla y se termina desgarrando. La resistencia de un material frente al esfuerzo de cizallamiento se puede determinar con ayuda de dos procedimientos; el procedimiento de ensayo de corte simple y el de corte doble.

GRAFICO N° 12: Características del ensayo de cizallamiento



FUENTE: (ASTM D638)

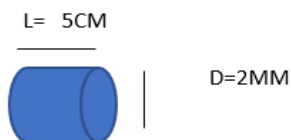
1 = Correa de arrastre

2 = Probeta

3 = Carcasa

F = Fuerza de Ensayo

GRAFICO N° 13: Dimensiones del espécimen



FUENTE: (ASTM D638)

Formula

$$\tau = \frac{F}{2 \times A}$$

τ = Resistencia al cizallamiento
 A = Superficie del cizallamiento

ANALISIS DEL RESULTADO DEL ENSAYO RESISTENCIA A LA CORTURA

GRAFICO N° 14: Cronometro de fuerza del 1er ensayo de cizallamiento



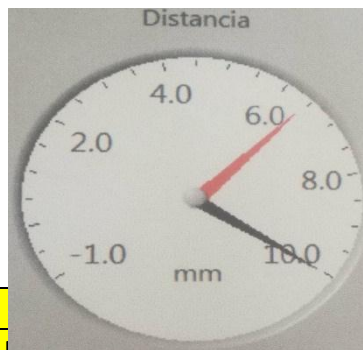
FUENTE: Laboratorio UCV.

TABLA 19° CARACTERISTICA DEL 1ER ENSAYO

DISTANCIA [S]	10.3 MM
RESISTENCIA CIZALLAMIENTO	42 N/MM ²

FUENTE: Laboratorio de la UCV-Nuevo Chimbote

GRAFICO N° 15: Cronometro distancia de corte del 1er método cizallamiento



FUENTE:
UCV-Nuevo

TIEMPO DE ESANYO	43.5 MIN
------------------	----------

Laboratorio de la
Chimbote

TABLA 20° Resultado del 1er método de cizallamiento

INTERPRETACIÓN:

El polipropileno (silla plástica) con una fuerza de 0.1kn en un tiempo de 43.5 minutos tiene un corte de 10.3mm, con una resistencia al cizallamiento de 42N/mm2.con una fuerza bruta de 1.2kn.

GRAFICO N° 16:
2do ensayo de



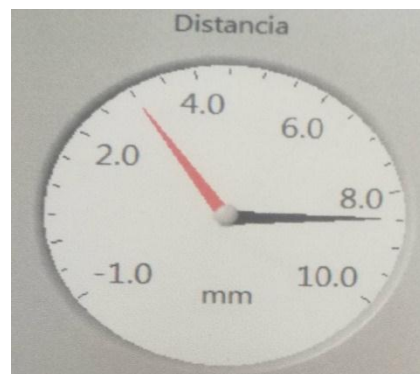
Cronograma de fuerza del cizallamiento

FUENTE: Laboratorio de la UCV-Nuevo Chimbote.

TABLA 21° Fuerza aplicada 2do ensayo

FUENTE: Laboratorio de la UCV-Nuevo Chimbote

GRAFICO N° 17: Cronometro distancia de corte del 2do método cizallamiento



FUENTE: FUENTE:
UCV-Nuevo

FUERZA	0.03 KN
FUERZA_B	1.3 KN
TIEMPO DE ESANYO	25.1MIN

Laboratorio de la
Chimbote

TABLA 22° Resultado del método 2do de cizallamiento.

FUENTE: Laboratorio de la UCV-Nuevo Chimbote

Interpretación:

El polipropileno (silla plástica) con una fuerza de 0.2kn en un tiempo de 25.1 minutos tiene un corte de 8.6mm, con una resistencia al cizallamiento de 46N/mm².

DISTANCIA [S]	8.6 MM
RESISTENCIA CIZALLAMIENTO	46 N/MM ²

OBJETIVO N° 2: CALIDAD DEL ASFALTO CONVENCIONAL Y MODIFICADO

3.3. Ensayos de calidad del asfalto.

La obtención del cemento asfáltico fue proporcionada por TDM Asfaltos ubicado en el departamento de Lima, provincia de Lima, la zona industrial las praderas de Lurín.

Los ensayos de calidad tanto convencional y modificado con polímeros PP5 están especificados en la norma EG-2013 y EM- 2016 del MTC.

3.3.1. Ensayo de Penetración.

Tabla N°23: Penetración

ENSAYOS	NORMA	ESPECIFICACIONES
		60-70
PENETRACION	MTC E 304	

FUENTE: MTC – EG 2013

Tabla N°24: Resultados
penetración

del ensayo de

PATRON	80
3% DE PP	48
5% DE PP	44
8% DE PP	79

FUENTE: Laboratorio de asfaltos TDM

INTERPRETACION:

Según el ensayo de penetración realizados a los diferentes especímenes obtenemos que la muestra patrón tiene una penetración de 80 mm, al incorporar el 3% de polipropileno obtenemos una penetración de 48 mm, el 5% de polipropileno incorporado tener una penetración de 44 mm y el 8%

incorporado de polipropileno tenemos un 79 mm, no cumpliendo con los parámetros establecidos de la norma del MTC E 304.

3.3.2. Punto de inflamación.

Tabla N°25: Punto de inflamación

ENSAYOS	NORMA	ESPECIFICACIONES
		232
PUNTO DE INFLAMACION	MTC E 304	

FUENTE: MTC – EG 2013

Tabla N°26: Resultados del ensayo del punto de inflamación

PATRON	275
3% DE PP	278
5% DE PP	278
8% DE PP	278

FUENTE: Laboratorio de asfaltos TDM

INTERPRETACION:

Según el ensayo de punto de inflamación con la normativa MTC E 304 realizados a los diferentes especímenes obtenemos que la muestra patrón tiene una inflamación de 275°C, y al incorporar el 3%, 5%,8% de polipropileno obtenemos un resultado de un 278°C al punto de inflamación, cumpliendo con los parámetros de dicha normativa.

3.3.3. Recuperación elástica a 25°c.

Tabla N°27: Recuperación elástica.

ENSAYOS	NORMA	ESPECIFICACIONES
		-
RECUPERACION ELASTICA	MTC E 206	

FUENTE: MTC – EG 2013

Tabla N°28: Resultados del ensayo de recuperación elástica.

PATRON	13
3% DE PP	7.5

5% DE PP	8
8% DE PP	10

FUENTE: Laboratorio de asfaltos TDM

INTERPRETACION

Según el ensayo de elasticidad que tiene como normativa obtenemos que la muestra patrón tiene una elasticidad al 13%, el 3% de polipropileno incorporado tenemos una elasticidad de 7.5 %, al incorporar el 5% tenemos una elasticidad de 8% y al incorporar el 8 % de polipropileno obtenemos un 10 % de elasticidad, y se indica las especificaciones que determina dicha normatividad.

3.3.4. DUCTILIDAD

T a b	ENSAYOS	NORMA	ESPECIFICACIONES
	DUCTILIDAD	MTC E306	50

a

N°29: Ensayo de ductilidad

FUENTE: MTC – EG 2013

Tabla N°30: Resultados del ensayo de ductilidad

PATRON	85
3% DE PP	26
5% DE PP	19.5
8% DE PP	65.5

FUENTE: Laboratorio de

asfaltos TDM

INTERPRETACION:

Según el ensayo de ductilidad con la normativa del MTC E306 realizados a diferentes muestras se obtiene como resultado que la muestra patrón tiene una ductilidad de 80 cm, y al incorporar el 3 % de polipropileno obtenemos una ductilidad de 26 cm, el 5% de polipropileno incorporado obtenemos una ductilidad de 19.5 cm y el 8 % de polipropileno incorporado tenemos como resultado un 65cm, lo cual al incorporar 8% de polipropileno cumple con las especificaciones de dicha normativa.

3.3.5. PUNTO DE ABLANDAMIENTO

Tabla

N°31:

ENSAYOS	NORMA	ESPECIFICACIONES
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	ASTM D95	-

Ensayo de punto de ablandamiento

FUENTE: MTC – EG 2013

Tabla N°32: Resultados del ensayo de punto de ablandamiento

PATRON	48
3% DE PP	50
5% DE PP	57
8% DE PP	47.5

FUENTE: Laboratorio de asfaltos TDM

INTERPRETACION:

Según ensayo de punto de inflamación con la normativa ASTM D95 aplicados a diferentes muestras se obtiene como resultado que la muestra patrón tiene un ablandamiento a 48°C, y al incorporar el 3% de polipropileno tiene un ablandamiento a 50°C, el 5% de polipropileno incorporado tenemos un 57% de ablandamiento y el 8% de polipropileno incorporado tenemos un ablandamiento a 47.5° C, y se indica las especificaciones de dicha normativa.

3.3.6.VISCOSIDAD BROOKFIELD, 135°C, 20 RPM

Tabla N°33: Ensayo de viscosidad

ENSAYOS	NORMA	ESPECIFICACIONES
		-
VISCOSIDAD	ASTM D 4402	

FUENTE: ASTM D 4402

Tabla N°34: Viscosidad

PATRON	392.5
3% DE PP	912.5
5% DE PP	1265
8% DE PP	407.5

FUENTE: Laboratorio de asfaltos TDM

INTEPRETACIÓN

Según el ensayo de Viscosidad con la normativa del ASTM D 4402 realizadas a diferentes muestras se obtiene como resultado que la muestra patrón tiene una viscosidad de 392.5cp, al incorporar el 3% obtenemos una viscosidad de 912.5cp, con el 5% de polipropileno tenemos un 1265cp y con el 8% incorporado obtenemos 407.5cp, y vemos que al 5% y 3% si cumple con las especificaciones de dicha normativa.

3.4. Evaluación del diseño de mezcla asfáltica.

Para evaluar el diseño mezclas asfálticas en caliente se procedió realizar según lo indicado en el manual de ensayo de materiales MTC E 504, los cuales se obtendrá resultados de estabilidad, flujo, y las mezclas sueltas serán empleados para determinar el peso específico teórico máximo. Los agregados serán menores a 1" (25,400 mm) para probetas de 2 ½" (6.35cm) de espesor y 4" (10cm de diámetro), a continuación, se menciona las dosificaciones.

Tabla 37: Dosificación de agregados para el diseño MAC

MATERIALES	PROPORCION DE AGREGADOS (%)	gr
GRAVA < 1/2"	20.00%	240
GRAVA < 3/8"	20.00%	240
ARENA	50.00%	600

Fuente: Laboratorio UCV

Se pesa 1200 gramos de agregados para luego ser secadas al horno a

ENSAYO MARSHALL ((ASTM D-1559) - (MTC E 504))

temperaturas de 105°C - 110°C y los cementos asfálticos. Con respecto al diseño se prepararon 3 briquetas por cada porcentaje de asfalto de 4.5%, 5% y 5.5%, de igual manera se prepararon 3 briquetas por cada porcentaje modificando con polímero PP a 3%,5% y 8% la compactación se realizó manualmente con 75 golpes por cada lado. luego ser desmolda las briquetas y proceder a realizar los pesos específicos y absorción de las mismas. Por último, después de realizar las roturas se obtendrán la estabilidad y el flujo, consecuentemente los vacíos, vma y vacíos, así verificar las características de la mezcla en caliente.

ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	38			
3	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.5			
4	% DE MAT. FILLER (PASA N°200) EN PESO DE LA MEZCLA	5			
5	PESO ESPECÍFICO DEL C.A. – APARENTE.	1			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.77			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.8			
8	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.13	6.14	6.15	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1150.2	1151.5	1150.8	
10	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (gr)	1153.2	1155.3	1152	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	680	679.5	680.9	
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr) $(10 - 9)$	3	3.8	1.2	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³) $(10 - 11)$	472.6	475.8	471.1	
14	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) $((10-9) / 9) * (100)$	0.26	0.33	0.10	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm³) $((9) / (9-11))$	2.45	2.44	2.45	2.30
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.59			
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%) $((100(16-15) / 16)$	5.43	5.81	5.44	5.56
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/c) $(100-1)/((2/6)+(3+4)/7)$	2.79			
19	V.M.A. (%) $(100-(((2+3+4) (15)) / (18)))$	16.10	16.43	16.11	16.21
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%) $(100* ((19-17) / (19)))$	66.26	64.67	66.22	65.72
21	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL $((2+3+4) / ((100/16) - (1/5)))$	2.80			
22	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%) $((100*5*(21-18)) / (21*18))$	0.15			
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%) $(1-(22*(2+3+4)) / (100))$	4.36			
24	FLUJO (mm)	3.50	3.00	3.30	3.27
25	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	740.70	745.80	749.20	
26	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.062	1.059	1.056	
27	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg) $(25*26)$	786.62	789.80	791.16	789.19
28	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm) $((10*27) / (24))$	2247.50	2632.674	2397.44	2425.87

OBJETIVO N°3: DISEÑO DE MEZCLA CONVENCIONAL

TABLA N° 38: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL (4.5% CA)

En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto utilizado es de 4.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo, peso específico y el índice de rigidez para los 75 golpes.

TABLA N° 39: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL (5% CA)

ENSAYO MARSHALL ((ASTM D-1559) - (MTC E 504))					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.7			
3	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.3			
4	% DE MAT. FILLER (PASA N°200) EN PESO DE LA MEZCLA	5			
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. – APARENTE.	1			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.77			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.8			
8	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.15	6.18	6.16	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1203.3	1204.5	1201.1	
10	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (gr)	1208.6	1209.5	12010.1	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	697.0	699.2	700.1	
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr) (10 - 9)	5.3	5	9.7	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³) (10 - 11)	511.6	510.3	510.7	
14	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) (((10-9) / 9) * (100))	0.44	0.42	0.81	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm³) ((9) / (9-11))	2.38	2.38	2.40	2.39
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.569			
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%) ((100(16-15) / 16)	7.49	7.21	6.68	7.13
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/c (100-1)/((2/6)+(3+4)/7))	2.79			
19	V.M.A. (%) (100-(((2+3+4) (15)) / (18))	19.02	18.78	18.31	18.70
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%) (100* ((19-17) / (19))	60.63	61.59	63.52	61.91
21	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL ((2+3+4) / ((100/16) - (1/5)))	2.80			
22	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%) ((100*5*(21-18)) / (21*18))	0.16			
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%) (1-(22*(2+3+4)) / (100))	4.85			
24	FLUJO (mm)	2.80	2.90	3.20	2.97
25	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	446.40	450.30	451.90	
26	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.056	1.046	1.053	
27	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg) (25*26)	471.40	471.01	475.85	472.75
28	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm) ((10*27) / (24))	1683.57	1624.186	1487.03	1598.26

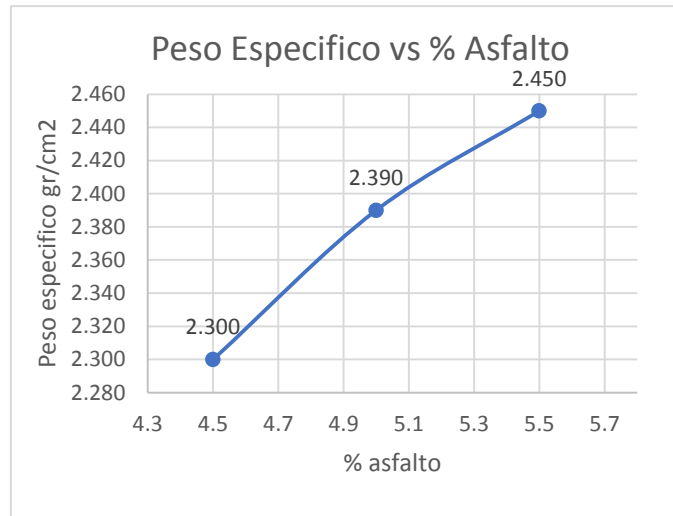
En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto adicionado es de 5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo, peso específico y el índice de rigidez para los 75 golpes.

TABLA N° 40: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL (5.5% CA)

ENSAYO MARSHALL ((ASTM D-1559) - (MTC E 504))					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.7			
3	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	52			
4	% DE MAT. FILLER (PASA N°200) EN PESO DE LA MEZCLA	5			
5	PESO ESPECÍFICO DEL C.A. – APARENTE.	1			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.77			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.8			
8	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.17	6.14	6.16	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1150.2	1151.5	1150.8	
10	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (gr)	1153.2	1155.3	1152	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	680.6	679.5	680.9	
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr) (10 - 9)	3	3.8	1.2	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³) (10 - 11)	472.6	475.8	471.1	
14	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) (((10-9) / 9) * (100))	0.26	0.33	0.10	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm³) ((9) / (9-11))	2.45	2.44	2.45	2.45
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.549			
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%) ((100(16-15) / 16)	3.91	4.26	3.92	4.04
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/c (100-1)/((2/6)+(3+4)/7))	2.79			
19	V.M.A. (%) (100-(((2+3+4) (15)) / (18))	16.98	17.31	16.99	17.09
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%) (100* ((19-17) / (19))	76.97	75.21	76.92	76.36
21	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL ((2+3+4) / ((100/16) - (1/5)))	2.80			
22	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%) (((100*5*(21-18)) / (21*18))	0.17			
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%) (1-(22*(2+3+4)) / (100))	5.36			
24	FLUJO (mm)	3.80	3.50	3.60	3.63
25	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	411.90	418.90	415.20	
26	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.049	1.059	1.053	
27	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg) (27*26)	432.08	443.62	437.21	437.63
28	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm) ((10*28) / (25))	1137.06	1267.47	1214.46	1206.33

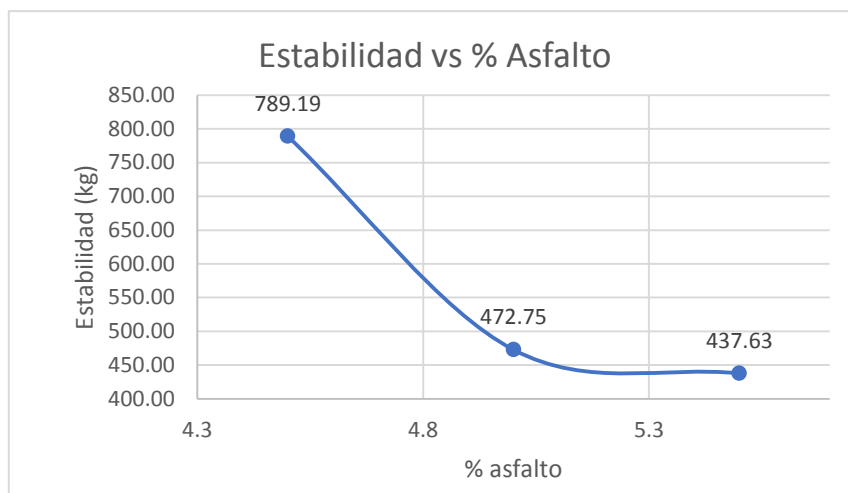
En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto adicionado es de 5.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo, peso específico y el índice de rigidez para los 75 golpes.

GRÁFICO N° 18. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.



En el gráfico N° 18 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico para 4.5% su peso específico es de 2.3 g/cm², para 5% de C.A. el peso específico es de 2.39 g/cm² y para 5.5% de C.A. su peso es de 2.45 g/cm².

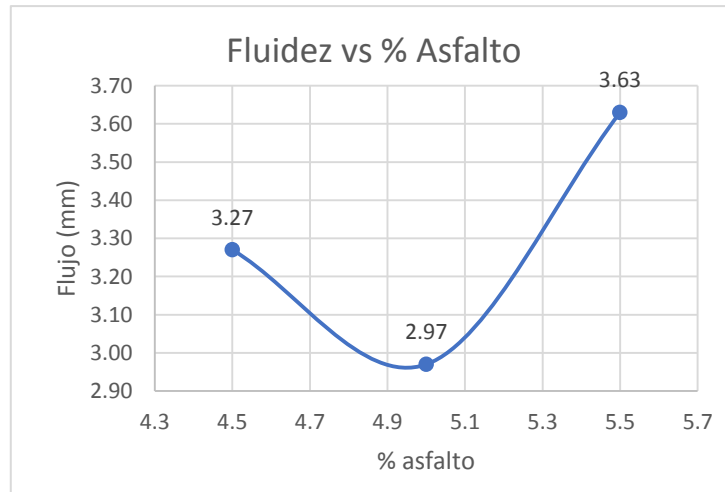
GRÁFICO N° 19: Porcentaje de cemento asfáltico vs Estabilidad



En el gráfico N° 19 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico para 4.5%

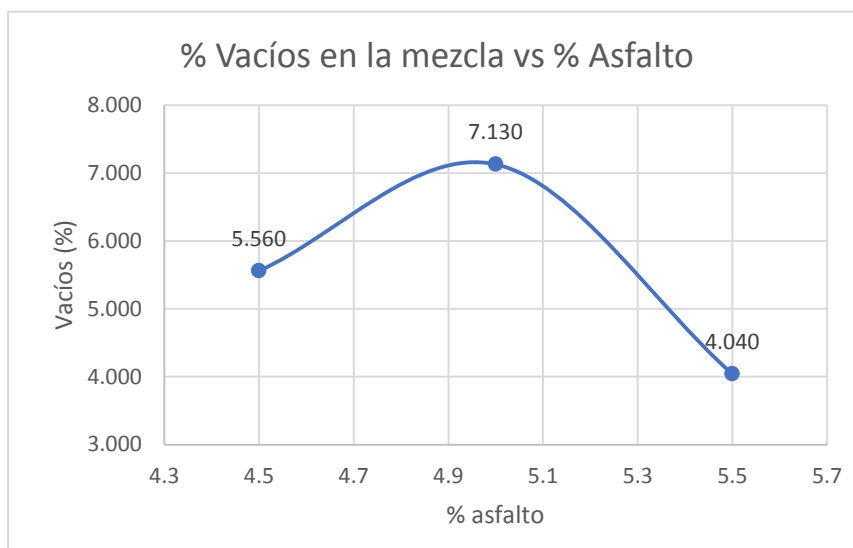
su estabilidad es de 789.19 kg, para 5% de C.A. su estabilidad es de 472.75 kg y para 5.5% de C.A. su estabilidad es de 437.63kg.

GRÁFICO N° 20: Porcentaje cemento asfáltico vs Flujo



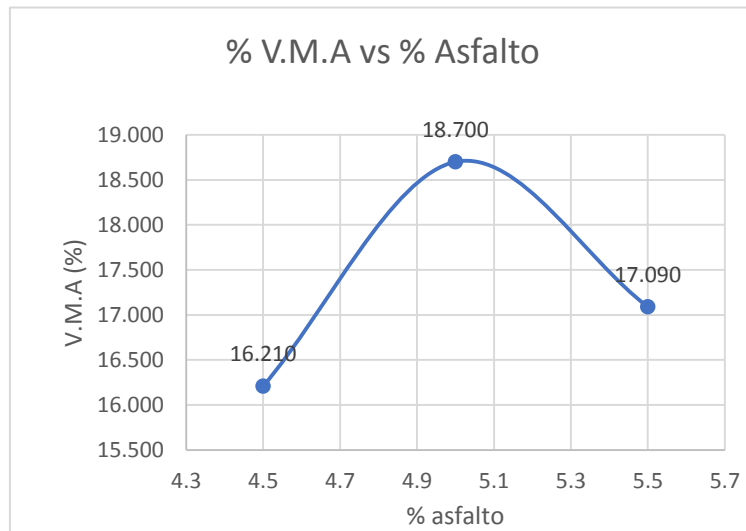
En el gráfico N° 20 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico para 4.5% su deformación es de 3.27mm, para 5% de C.A. su deformación 2.97mm y para 5.5% de C.A. su deformación es de 3.63mm.

GRÁFICO N° 21: Porcentaje cemento asfáltico vs Vacíos



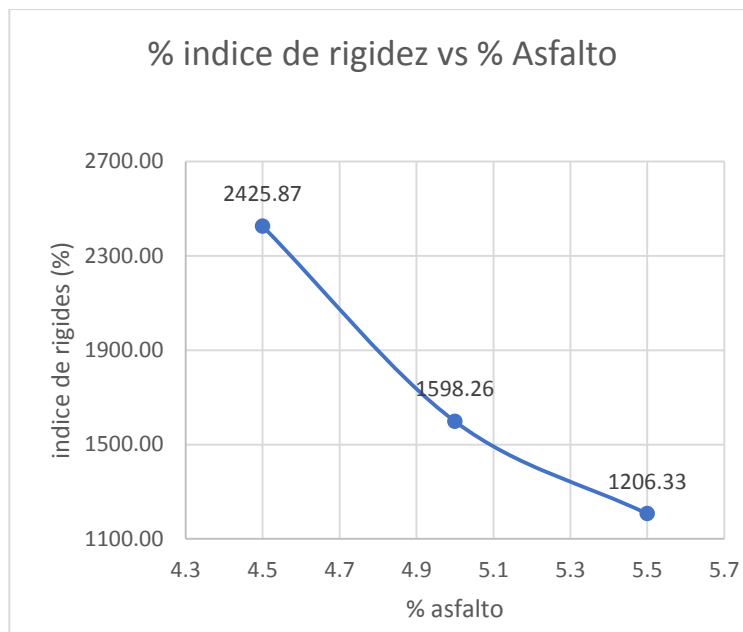
En el gráfico N° 21 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico para 4.5% el porcentaje de vacíos es de 5.56, para 5% de C.A. es de 7% de vacíos y para 5.5% de C.A. el porcentaje de vacíos es de 4.040%.

GRÁFICO N° 22: Porcentaje cemento asfáltico vs V.M.A.



En el gráfico N° 22 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico para 4.5% el porcentaje de vacíos de agregado mineral es de 16.21%, para 5% de C.A. es de 18.7% de vacíos de agregado mineral. y para 5.5% de C.A. el porcentaje de vacíos de agregado mineral es de 17.09%.

GRÁFICO N° 23: Porcentaje cemento asfáltico vs Índice de rigidez.



En el gráfico N° 23 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico para 4.5% el porcentaje de índice de rigidez es de 2425.87%, para 5% de C.A. es de 1598.26% de índice de rigidez. y para 5.5% de C.A. el porcentaje de índice de rigidez es de 1206.33%.

OBJETIVO N°4: DISEÑO DE MEZCLA MODIFICADA CON 3% DE PP5

TABLA N° 41: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA (4.5% CA CON 3% DE PP)

ENSAYO MARSHALL ((ASTM D-1559) - (MTC E 504))					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	38			
3	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.5			
4	% DE MAT. FILLER (PASA N°200) EN PESO DE LA MEZCLA	5			
5	PESO ESPECÍFICO DEL C.A. – APARENTE.	1.017			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.77			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.8			
8	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.15	6.13	6.10	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1151.9	1155.3	1151.6	
10	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (gr)	1156.8	1160.1	1151.6	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	676.6	680.6	674.3	
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr) (10 - 9)	4.9	4.8	3.7	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³) (10 - 11)	480.2	479.5	481	
14	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) $\frac{((10-9) / 9) * (100)}{}$	0.43	0.42	0.32	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm³) (9) / (9-11)	2.42	2.43	2.41	2.42
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.616			
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%) $\frac{((100(16-15) / 16)}{}$	7.22	6.82	7.63	7.22
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/c (100-1)/((2/6)+(3+4)/7))	2.79			
19	V.M.A. (%) $\frac{(100-(((2+3+4) (15) / (18))}{}$	16.98	16.63	17.35	16.99
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%) (100* ((19-17) / (19))	57.51	58.97	56.04	57.51
21	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4) / ((100/16) - (1/5))	2.82			
22	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%) (100*5*(21-18) / (21*18))	0.42			
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%) (1-(22*(2+3+4) / (100))	4.10			
24	FLUJO (mm)	3.30	3.10	3.00	3.13
25	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	675.30	680.20	674.80	
26	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.056	1.062	1.071	
27	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg) (25*26)	713.12	722.37	722.71	719.40
28	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm) ((10*27) / (24))	2160.96	2330.23	2409.04	2300.08

En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto modificado con 3% de polipropileno es de 4.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo, peso específico y el índice de rigidez para los 75 golpes.

TABLA N° 42: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA (5% CA CON 3% DE PP)

ENSAYO MARSHALL ((ASTM D-1559) - (MTC E 504))					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.7			
3	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.3			
4	% DE MAT. FILLER (PASA N°200) EN PESO DE LA MEZCLA	5			
5	PESO ESPECÍFICO DEL C.A. – APARENTE.	1.017			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.77			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.8			
8	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.10	6.14	6.15	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1186.5	1193.4	1200.1	
10	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (gr)	1189.9	1195.4	1201.5	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	700.8	701.9	703.6	
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr) (10 - 9)	3.4	2	1.4	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³) (10 - 11)	489.1	493.5	497.9	
14	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) (((10-9) / 9) * (100))	0.29	0.17	0.12	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm³) ((9) / (9-11))	2.44	2.43	2.42	2.43
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.588			
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%) ((100(16-15) / 16)	5.61	6.18	6.60	6.13
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/c (100-1)/((2/6)+(3+4)/7))	2.79			
19	V.M.A. (%) (100-(((2+3+4) (15) / (18))	16.76	17.26	17.64	17.22
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%) (100* ((19-17) / (19))	66.54	64.21	62.57	64.44
21	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL ((2+3+4) / ((100/16) - (1/5)))	2.82			
22	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%) ((100*5*(21-18) / (21*18))	0.38			
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%) (1-(22*(2+3+4) / (100))	4.64			
24	FLUJO (mm)	3.60	3.10	2.70	3.13
25	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	728.30	730.10	745.30	
26	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.071	1.059	1.056	
27	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg) (25*26)	780.01	773.18	787.04	780.07
28	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm) ((10*27) / (24))	2166.69	2494.13	2914.95	2525.25

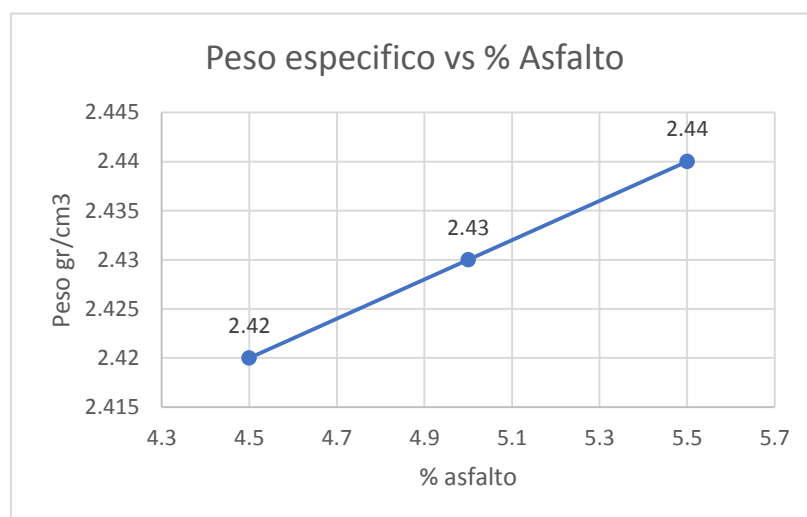
En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto modificado con 3% de polipropileno es de 5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo, peso específico y el índice de rigidez para los 75 golpes.

TABLA N° 43: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA (5.5% CA CON 3% DE PP)

ENSAYO MARSHALL ((ASTM D-1559) - (MTC E 504))					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.5			
3	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	52			
4	% DE MAT. FILLER (PASA N°200) EN PESO DE LA MEZCLA	5			
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. – APARENTE.	1.017			
6	PESO ESPECIFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.77			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.8			
8	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.17	6.12	6.17	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1186.5	1182.9	1187.1	
10	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (gr)	1190.3	1188.6	1192.3	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	700.8	699.2	701.6	
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr) (10 - 9)	3.8	5.7	5.2	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³) (10 - 11)	489.5	489.4	490.7	
14	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) $\frac{((10-9) / 9) * (100)}{}$	0.32	0.48	0.44	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm³) (9) / (9-11)	2.44	2.45	2.45	2.44
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.563			
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%) $\frac{((100(16-15) / 16)}{}$	4.69	4.58	4.60	4.62
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/c (100-1)/((2/6)+(3+4)/7))	2.79			
19	V.M.A. (%) $\frac{(100-(((2+3+4) (15)) / (18))}{}$	17.20	17.11	17.12	17.14
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%) $\frac{100 * ((19-17) / (19))}{}$	72.75	73.21	73.14	73.03
21	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL $\frac{((2+3+4) / ((100/16) - (1/5)))}{}$	2.81			
22	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%) $\frac{((100 * 5 * (21-18)) / (21 * 18))}{}$	0.31			
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%) $\frac{(1 - (22 * (2+3+4)) / (100))}{}$	5.21			
24	FLUJO (mm)	3.60	3.10	3.50	3.40
25	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	728.30	732.10	730.20	
26	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.049	1.065	1.049	
27	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg) (25*26)	763.99	779.69	765.98	769.88
28	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm) $\frac{((10 * 27) / (24))}{}$	2122.19	2515.12	2188.51	2275.27

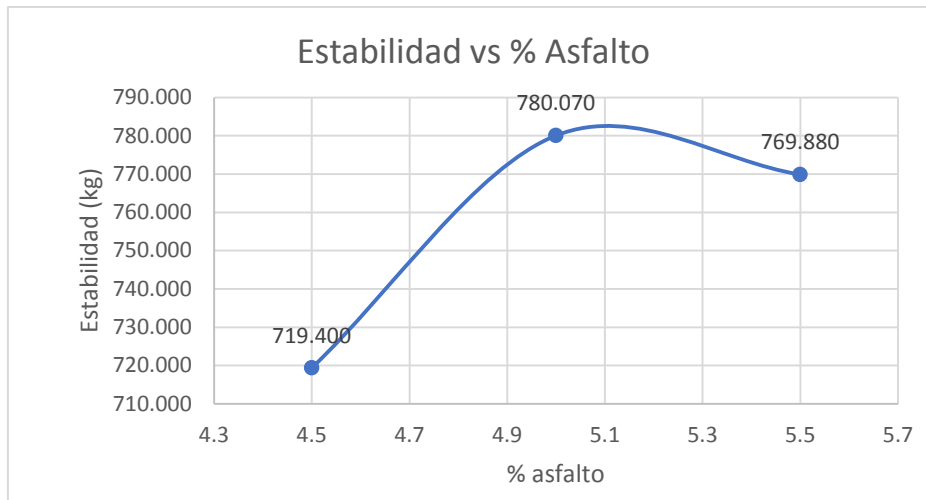
En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto modificado con 3% de polipropileno es de 5.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo, peso específico y el índice de rigidez para los 75 golpes.

GRÁFICO N° 23. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.



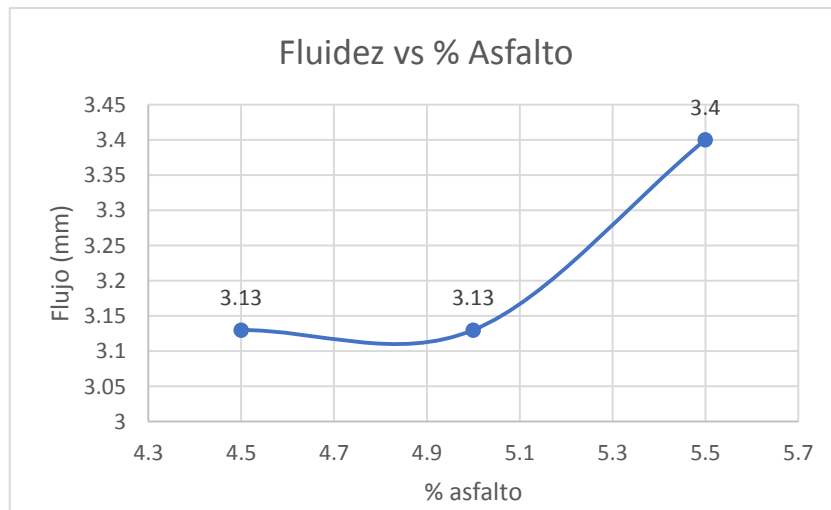
En el gráfico N° 23 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 3% de polipropileno para 4.5% su peso específico es de 2.42 g/cm², para 5% de C.A.M. el peso específico es de 2.43 g/cm² y para 5.5% de C.A. su peso es de 2.44g/cm².

GRÁFICO N° 24: Porcentaje de cemento asfáltico vs Estabilidad



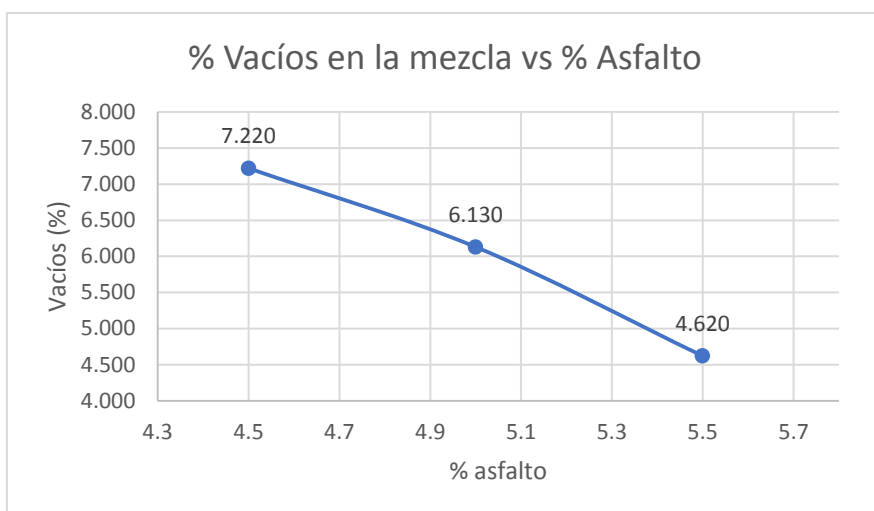
En el gráfico N° 24 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 3% de polipropileno para 4.5% su estabilidad es de 719.40 kg, para 5% de C.A.M. su estabilidad es de 780.07 kg y para 5.5% de C.A. su estabilidad es de 769.88kg.

GRÁFICO N° 25: Porcentaje cemento asfáltico vs Flujo



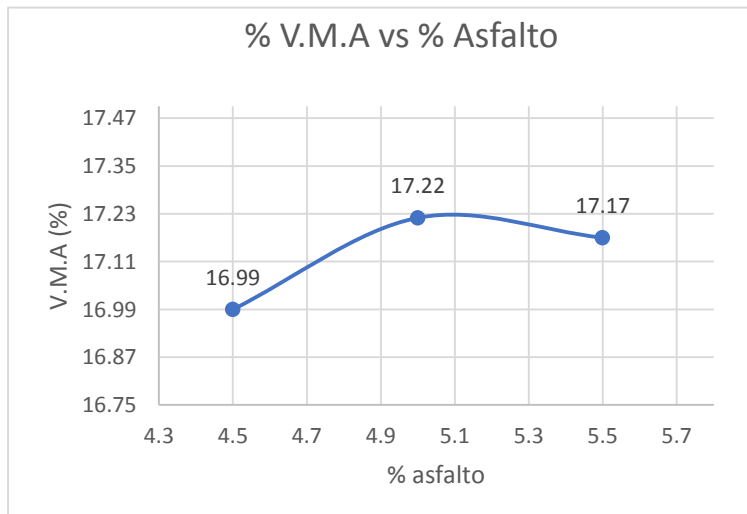
En el gráfico N° 25 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 3% de polipropileno para 4.5% su deformación es de 3.13mm, para 5% de C.A. su deformación 3.13mm y para 5.5% de C.A. su deformación es de 3.4mm.

GRÁFICO N° 26: Porcentaje cemento asfáltico vs Vacíos



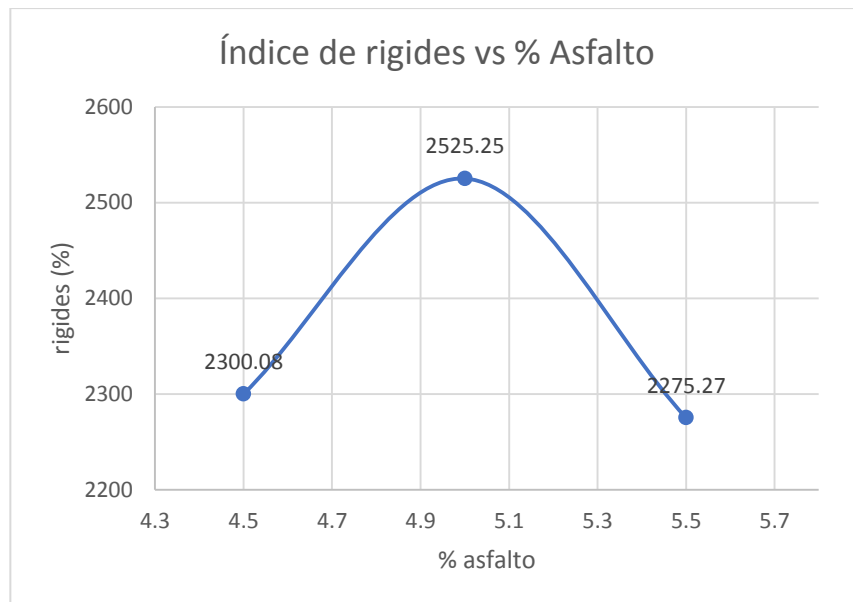
En el gráfico N° 26 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 3% de polipropileno para 4.5% el porcentaje de vacios es de 7.22, para 5% de C.A. es de 6.130% de vacios y para 5.5% de C.A. el porcentaje de vacios es de 4.62%.

GRÁFICO N° 27: Porcentaje cemento asfáltico vs V.M.A.



En el gráfico N° 27 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 3% de polipropileno, para 4.5% el porcentaje de vacios de agregado mineral es de 16.99%, para 5% de C.A. es de 17.22% de vacios de agregado mineral. y para 5.5% de C.A. el porcentaje de vacios de agregado mineral es de 17.17%.

GRÁFICO N° 28: Porcentaje cemento asfáltico vs Índice de rigidez



En el gráfico N° 28 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 3% de polipropileno, para 4.5% el porcentaje de Índice de rigidez es de 2300.08%, para 5% de C.A. es de 2525.25% de Índice de rigidez. y para 5.5% de C.A. el porcentaje de Índice de rigidez es de 2275.27%.

OBJETIVO N°4: DISEÑO DE MEZCLA MODIFICADA CON 5% DE PP5

TABLA N° 44: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA (4.5% CA CON 5% DE PP)

ENSAYO MARSHALL ((ASTM D-1559) - (MTC E 504))					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	38			
3	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.5			
4	% DE MAT. FILLER (PASA N°200) EN PESO DE LA MEZCLA	5			
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. – APARENTE.	1.017			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.77			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.8			
8	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.11	6.14	6.16	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1219.5	1223.2	1215.6	
10	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (gr)	1220.6	1225.9	1220.3	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	709.9	712.99	713.21	
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr) (10 - 9)	1.1	2.7	4.7	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³) (10 - 11)	510.7	512.91	507.09	
14	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) (((10-9) / 9) * (100))	0.09	0.22	0.39	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm³) ((9) / (9-11))	2.39	2.40	2.42	2.40
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.530			
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%) ((100(16-15) / 16)	5.41	5.24	4.36	5.00
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/c (100-1)/((2/6)+(3+4)/7))	2.79			
19	V.M.A. (%) (100-(((2+3+4) (15)) / (18))	18.03	17.88	17.12	17.67
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%) (100* ((19-17) / (19))	69.98	70.69	74.52	71.73
21	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL 2+3+4) / ((100/16) – (1/5))	2.72			
22	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%) ((100*5*(21-18)) / (21*18))	-0.90			
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%) (1-(22*(2+3+4)) / (100))	5.36			
24	FLUJO (mm)	3.00	3.10	2.80	2.97
25	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1006.10	1010.50	1002.90	
26	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.068	1.059	1.053	
27	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg) (25*26)	1074.51	1070.12	1056.05	1066.90
28	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm) ((10*27) / (24))	3581.72	3452.0	3771.62	3601.708

En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto modificado con 5% de polipropileno es de 4.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo, peso específico y el índice de rigidez para los 75 golpes por cada cara.

TABLA N° 45: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA (5% CA CON 5% DE PP)

ENSAYO MARSHALL ((ASTM D-1559) - (MTC E 504))					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.5			
3	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	52			
4	% DE MAT. FILLER (PASA N°200) EN PESO DE LA MEZCLA	5			
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. – APARENTE.	1.017			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.77			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.8			
8	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.10	6.12	6.11	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1154.7	1158.9	1156.2	
10	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (gr)	1155.8	1161.9	1159.3	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	680.6	679.5	680.9	
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr) $(10 - 9)$	1.1	3	3.1	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³) $(10 - 11)$	475.2	482.4	478.4	
14	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) $((10-9) / 9) * (100)$	0.10	0.26	0.27	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm ³) $((9) / (9-11))$	2.44	2.42	2.43	2.43
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.549			
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%) $((100(16-15) / 16)$	4.45	5.16	4.57	4.73
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/c $(100-1)/((2/6)+(3+4)/7)$)	2.79			
19	V.M.A. (%) $(100-(((2+3+4) (15) / (18))$	17.45	18.06	17.55	17.69
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%) $(100* ((19-17) / (19))$	74.49	71.42	73.97	73.29
21	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL $((2+3+4) / ((100/16) - (1/5))$	2.79			
22	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%) $((100*5*(21-18) / (21*18))$	0.08			
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%) $(1-(22*(2+3+4) / (100))$	5.43			
24	FLUJO (mm)	3.20	2.90	3.30	3.13
25	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	474.00	475.54	476.30	
26	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.056	1.046	1.062	
27	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg) $(25*26)$	500.54	497.48	505.83	501.28
28	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm) $((10*27) / (24))$	1564.20	1715.44	1532.82	1604.15

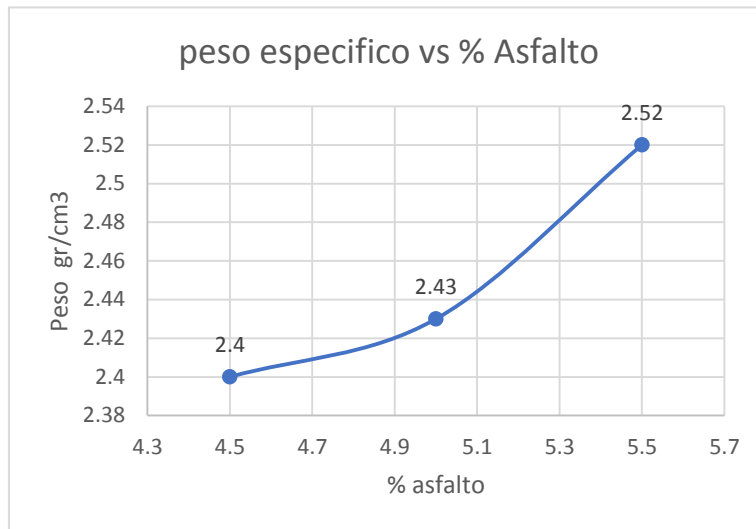
En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto modificado con 5% de polipropileno es de 5.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo, peso específico y el índice de rigidez para los 75 golpes por cada cara.

TABLA N° 46: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA (5.5% CA CON 5% DE PP)

ENSAYO MARSHALL ((ASTM D-1559) - (MTC E 504))					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.7			
3	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.3			
4	% DE MAT. FILLER (PASA N°200) EN PESO DE LA MEZCLA	5			
5	PESO ESPECÍFICO DEL C.A. – APARENTE.	1.017			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.77			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.8			
8	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.18	6.15	6.13	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1125.0	1124.9	1128.2	
10	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (gr)	1128.3	1134.2	1130	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	683.2	678.5	675.3	
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr) $(10 - 9)$	3.3	9.3	1.8	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³) $(10 - 11)$	445.1	455.7	454.7	
14	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) $((10-9) / 9) * (100)$	0.29	0.83	0.16	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm ³) $((9) / (9-11))$	2.55	2.52	2.49	2.52
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.567			
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%) $((100(16-15) / 16)$	0.80	1.83	2.96	1.86
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/c $(100-1)/((2/6)+(3+4)/7)$)	2.79			
19	V.M.A. (%) $(100-(((2+3+4) (15)) / (18))$	13.23	14.13	15.12	14.16
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%) $(100 * ((19-17) / (19))$	93.94	87.03	80.43	87.13
21	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL $((2+3+4) / ((100/16) - (1/5)))$	2.79			
22	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%) $((100*5*(21-18)) / (21*18))$	0.04			
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%) $(1-(22*(2+3+4)) / (100))$	4.96			
24	FLUJO (mm)	3.50	3.30	3.00	3.27
25	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1210.10	1211.30	1209.80	
26	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.071	1.065	1.068	
27	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg) $(25*26)$	1296.02	1296.02	1292.07	1292.71
28	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm) $((10*27) / (24))$	3702.91	3909.95	4306.89	3973.00

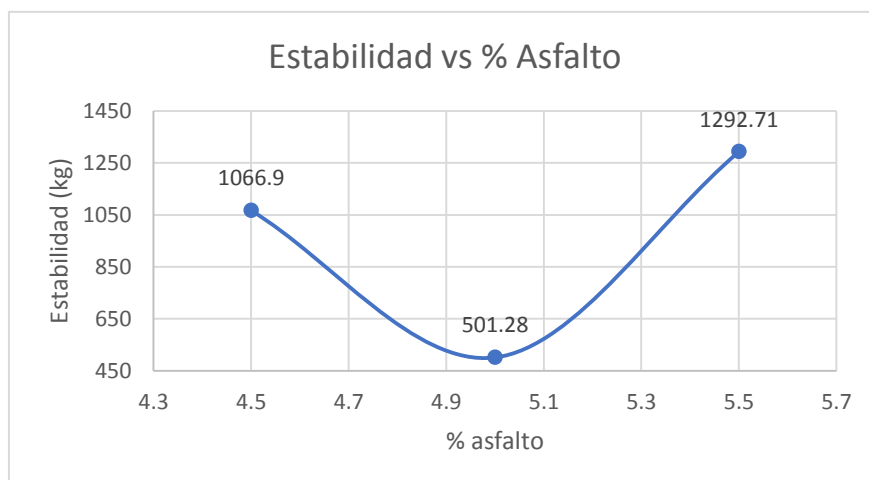
En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto modificado con 5% de polipropileno es de 5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo, peso específico y el índice de rigidez para los 75 golpes por cada cara.

GRÁFICO N° 28. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.



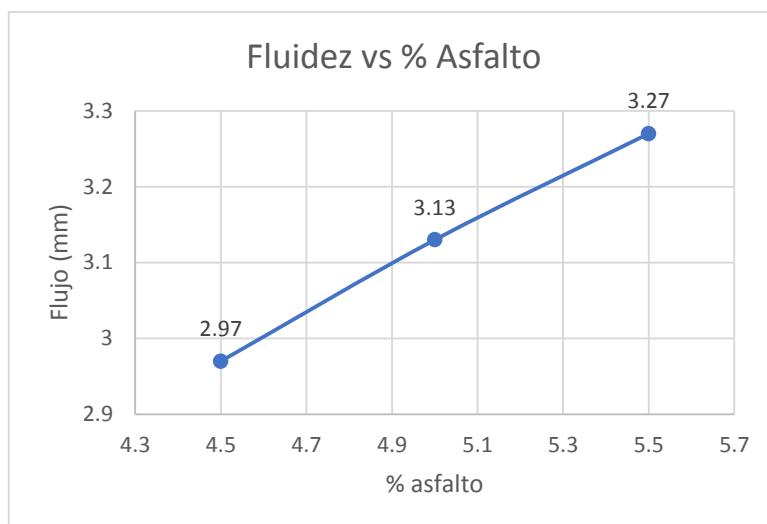
En el gráfico N° 28 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 5% de polipropileno, para 4.5% su peso específico es de 2.4g/cm², para 5% de C.A. el peso específico es de 2.43 g/cm² y para 5.5% de C.A. su peso es de 2.52g/cm².

GRÁFICO N° 29: Porcentaje de cemento asfáltico vs Estabilidad



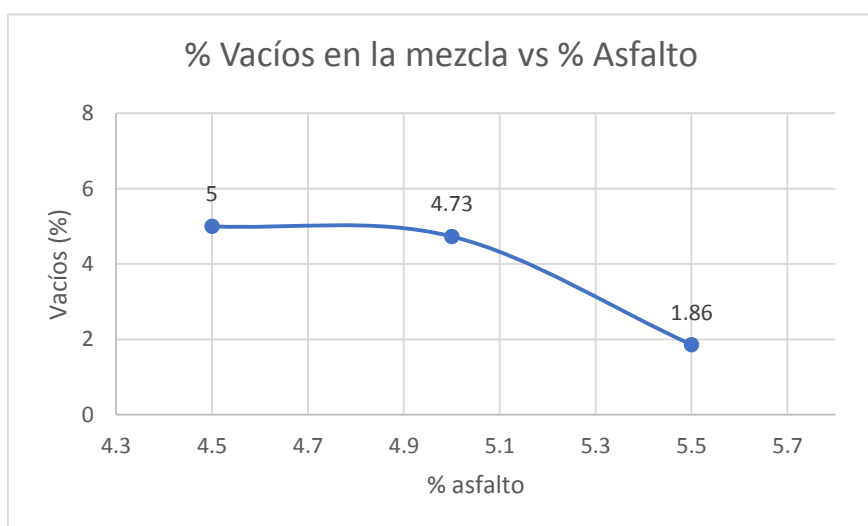
En el gráfico N° 29 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 5% de polipropileno, para 4.5% su estabilidad es de 1066.9 kg, para 5% de C.A. su estabilidad es de 501.28 kg y para 5.5% de C.A. su estabilidad es de 1292.71kg.

GRÁFICO N°30: Porcentaje cemento asfáltico vs Flujo



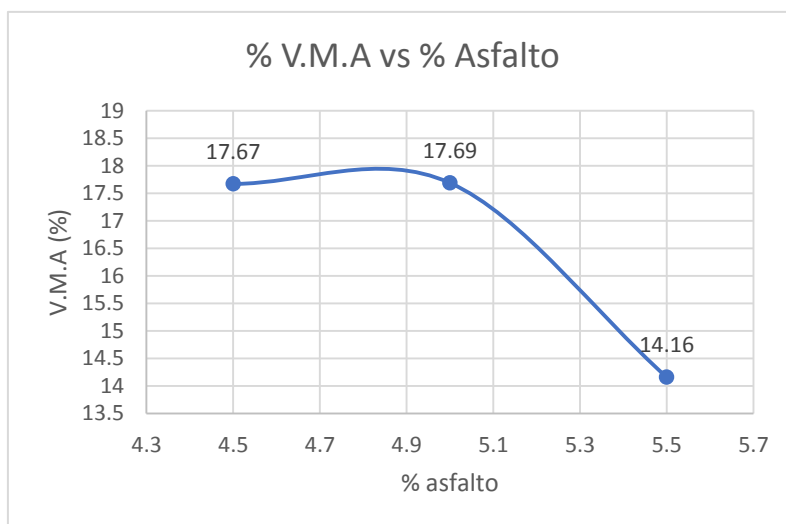
En el gráfico N° 30 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 5% de polipropileno, para 4.5% su deformación es de 2.97mm, para 5% de C.A. su deformación 3.13mm y para 5.5% de C.A. su deformación es de 3.27mm.

GRÁFICO N° 31: Porcentaje cemento asfáltico vs Vacíos



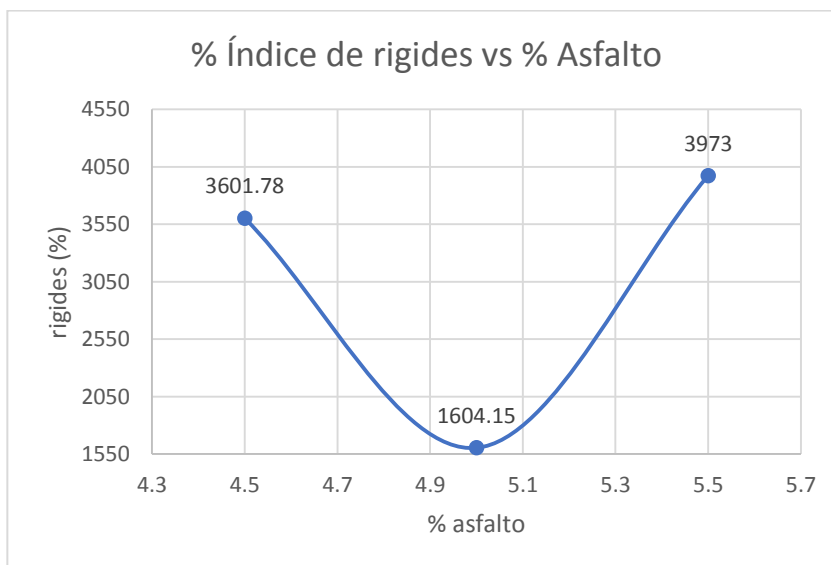
En el gráfico N° 31 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 5% de polipropileno, para 4.5% el porcentaje de vacios es de 5, para 5% de C.A. es de 4.73% de vacios y para 5.5% de C.A. el porcentaje de vacios es de 1.86%.

GRÁFICO N° 32: Porcentaje cemento asfáltico vs V.M.A.



En el gráfico N° 32 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 5% de polipropileno, para 4.5% el porcentaje de vacíos de agregado mineral es de 17.67%, para 5% de C.A. es de 17.69% de vacíos de agregado mineral. y para 5.5% de C.A. el porcentaje de vacíos de agregado mineral es de 14.16%.

GRÁFICO N° 33: Porcentaje cemento asfáltico vs Índice de rigidez



En el gráfico N° 33 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 5% de polipropileno, para 4.5% el porcentaje de Índice de rigidez es de 3601.78%, para 5% de C.A. es de 1604.15% de Índice de rigidez. y para 5.5% de C.A. el porcentaje de Índice de rigidez es de 3973.00%.

OBJETIVO N°4: DISEÑO DE MEZCLA MODIFICADA CON 8% DE PP5

TABLA N° 47: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA (4.5% CA CON 8% DE PP)

ENSAYO MARSHALL ((ASTM D-1559) - (MTC E 504))					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		4.5		
2	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA		38		
3	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA		52.5		
4	% DE MAT. FILLER (PASA N°200) EN PESO DE LA MEZCLA		5		
5	PESO ESPECÍFICO DEL C.A. – APARENTE.		1.017		
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")		2.77		
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO		2.8		
8	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.17	6.16	6.15	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1218.8	1217.9	1217.6	
10	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (gr)	1220.1	1220.5	1219.3	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	728.6	730.5	728.3	
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr) (10 - 9)	1.3	2.6	1.7	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³) (10 - 11)	491.5	490	491	
14	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) (((10-9) / 9) * (100))	0.11	0.21	0.14	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm³) ((9) / (9-11))	2.49	2.50	2.49	2.49
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041		2.546		
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%) (((100(16-15) / 16)	2.34	1.86	2.26	2.15
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/c (100-1)/((2/6)+(3+4)/7))		2.79		
19	V.M.A. (%) (100-(((2+3+4) (15)) / (18))	14.83	14.41	14.76	14.67
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%) (100* ((19-17) / (19))	84.20	87.12	84.64	85.34
21	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL ((2+3+4) / ((100/16) - (1/5)))		2.74		
22	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%) ((100*5*(21-18)) / (21*18))		-0.64		
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%) (1-(22*(2+3+4)) / (100))		5.11		
24	FLUJO (mm)	3.10	2.90	2.80	2.93
25	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	849.30	850.20	849.60	
26	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.046	1.053	1.056	
27	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg) (25*26)	888.37	895.70	897.18	893.60
28	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm) ((10*27) / (24))	2865.70	3087.11	3204.21	3052.34

En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto modificado con 8% de polipropileno es de 4.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo, peso específico y el índice de rigidez para los 75 golpes por cada cara.

TABLA N° 48: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA (5% CA CON 8% DE PP)

ENSAYO MARSHALL ((ASTM D-1559) - (MTC E 504))					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.7			
3	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.3			
4	% DE MAT. FILLER (PASA N°200) EN PESO DE LA MEZCLA	5			
5	PESO ESPECÍFICO DEL C.A. – APARENTE.	1.017			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.77			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.8			
8	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.00	6.10	6.11	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1152.1	1152.6	1152.9	
10	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (gr)	1153.6	1153.2	1153.0	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	685.9	686.0	686.3	
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr) $(10 - 9)$	1.5	0.6	0.1	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³) $(10 - 11)$	467.7	467.2	466.7	
14	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) $((10-9) / 9) * (100)$	0.13	0.05	0.01	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm ³) $((9) / (9-11))$	2.47	2.47	2.47	2.47
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.518			
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%) $((100(16-15) / 16)$	1.86	1.90	1.87	1.88
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/c $(100-1)/((2/6)+(3+4)/7)$)	2.79			
19	V.M.A. (%) $(100-(((2+3+4) (15)) / (18)))$	15.79	15.83	15.81	15.81
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%) $(100* ((19-17) / (19)))$	88.25	88.01	88.15	88.14
21	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL $((2+3+4) / ((100/16) - (1/5)))$	2.73			
22	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%) $((100*5*(21-18)) / (21*18))$	-0.77			
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%) $(1-(22*(2+3+4)) / (100))$	5.74			
24	FLUJO (mm)	3.50	3.10	3.00	3.20
25	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	553.20	555.20	556.10	
26	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.103	1.071	1.068	
27	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg) $(25*26)$	610.18	594.62	593.91	599.57
28	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm) $((10*27) / (24))$	1743.37	1918.16	1979.72	1880.40

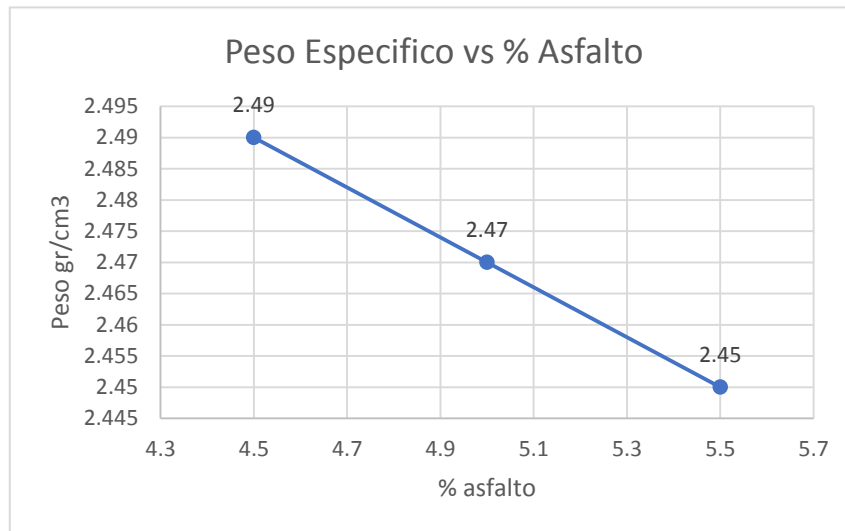
En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto modificado con 8% de polipropileno es de 5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo, peso específico y el índice de rigidez para los 75 golpes por cada cara.

TABLA N° 49: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA (5.5% CA CON 8% DE PP)

ENSAYO MARSHALL ((ASTM D-1559) - (MTC E 504))					
ITEM	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.5			
3	% DE AGREGADO GRUESO (>N°4) EN PESO DE LA MEZCLA	52			
4	% DE MAT. FILLER (PASA N°200) EN PESO DE LA MEZCLA	5			
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. – APARENTE.	1.017			
6	PESO ESPECIFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.77			
7	PESO ESPECIFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.8			
8	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.1	6.12	6.15	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1165.3	1168.4	1166.1	
10	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (gr)	1166.2	1170.2	1170.4	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	691.3	690.3	689.1	
12	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr) (10 - 9)	0.9	1.8	4.3	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³) (10 - 11)	474.9	480	481.3	
14	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) (((10-9) / 9) * (100))	0.08	0.15	0.37	
15	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm³) (9) / (9-11)	2.46	2.44	2.44	2.45
16	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.549			
17	PORCENTAJE DE VACÍOS (%) ((100(16-15) / 16)	3.55	4.15	4.09	3.93
18	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/c (100-1)/((2/6)+(3+4)/7))	2.79			
19	V.M.A. (%) (100-(((2+3+4) (15) / (18))	16.67	17.18	17.14	17.00
20	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%) (100* ((19-17) / (19))	78.69	75.87	76.11	76.89
21	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL ((2+3+4) / ((100/16) - (1/5)))	2.79			
22	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%) (((100*5*(21-18)) / (21*18))	0.08			
23	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%) (1-(22*(2+3+4)) / (100))	5.43			
24	FLUJO (mm)	3.30	2.50	2.90	2.90
25	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	580.90	581.60	583.60	
26	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.071	1.065	1.056	
27	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg) (25*26)	622.14	619.40	616.28	619.28
28	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm) ((10*27) / (24))	1885.28	2477.62	2125.11	2162.67

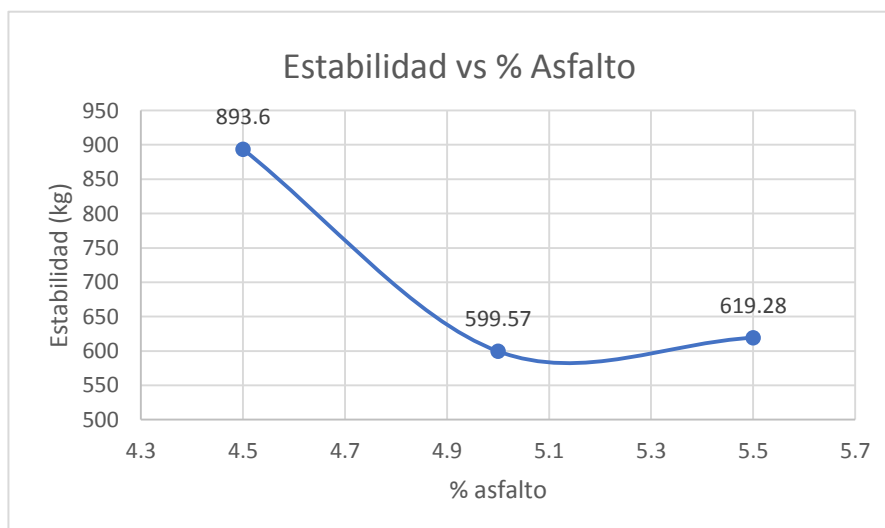
En la tabla se observa los resultados del ensayo Marshall, el porcentaje de asfalto modificado con 8% de polipropileno es de 5.5%, que se obtuvo resultado de los vacíos, la estabilidad, flujo, peso específico y el índice de rigidez para los 75 golpes por cada cara.

GRÁFICO N° 33. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.



En el gráfico N° 33 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con el 8% de polipropileno para 4.5% su peso específico es de 2.49 g/cm², para 5% de C.A. el peso específico es de 2.47 g/cm² y para 5.5% de C.A. su peso es de 2.45 g/cm².

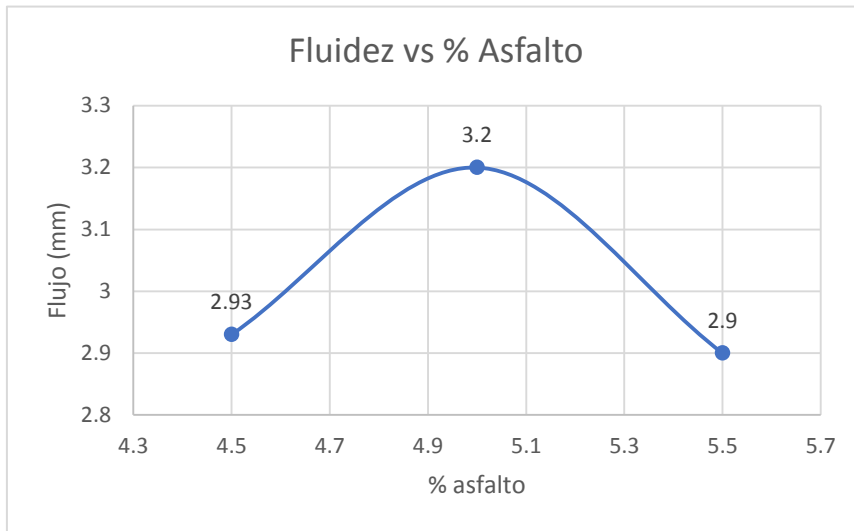
GRÁFICO N°34: Porcentaje de cemento asfáltico vs Estabilidad



En el gráfico N° 34 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 8% de polipropileno, para 4.5% su estabilidad es de 893.6 kg, para 5% de C.A.

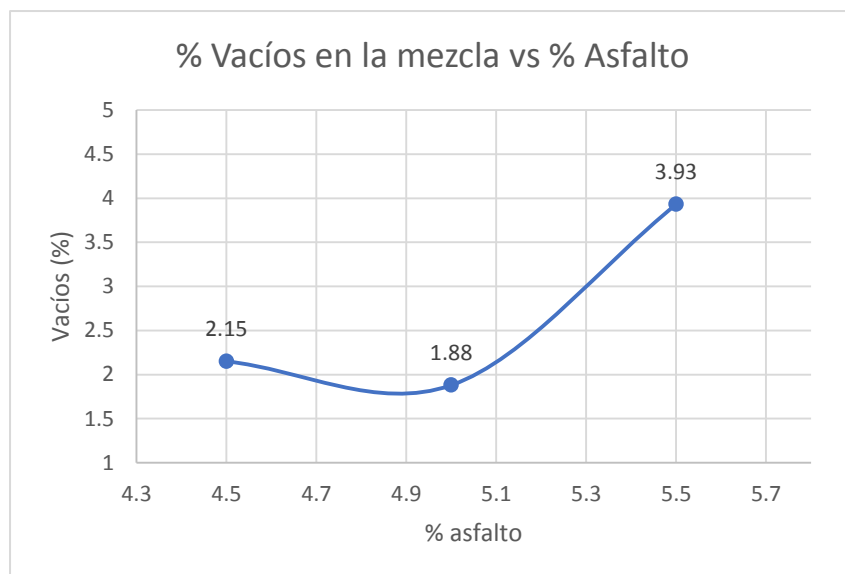
su estabilidad es de 599.57 kg y para 5.5% de C.A. su estabilidad es de 619.28kg.

GRÁFICO N°35: Porcentaje cemento asfáltico vs Flujo



En el gráfico N° 35 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 8% de polipropileno, para 4.5% su deformación es de 2.93mm, para 5% de C.A. su deformación 3.2mm y para 5.5% de C.A. su deformación es de 2.9mm.

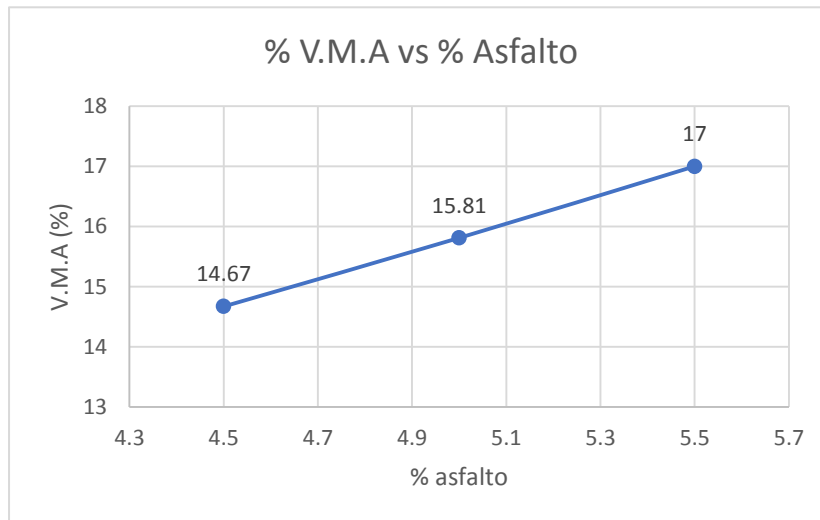
GRÁFICO N° 36: Porcentaje cemento asfáltico vs Vacíos



En el gráfico N° 36 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado

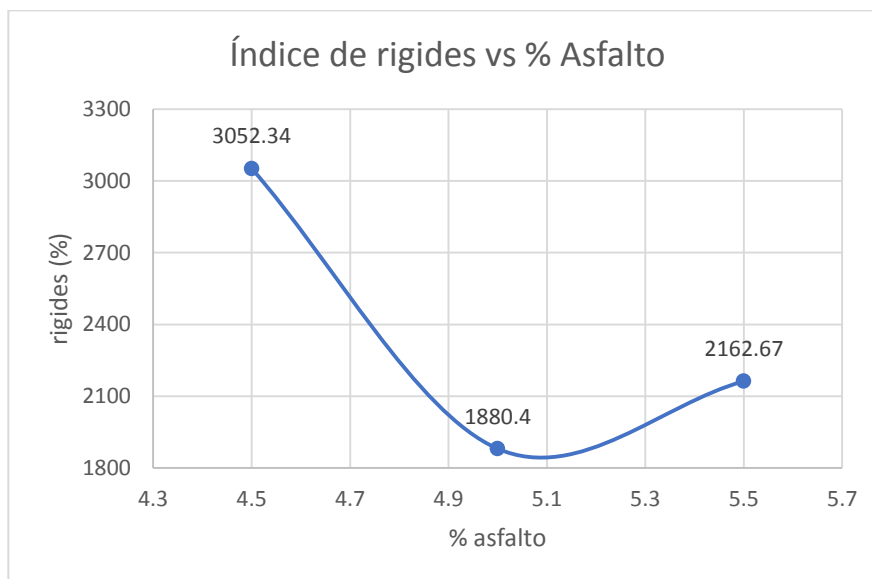
con 8% de polipropileno, para 4.5% el porcentaje de vacios es de 2.25, para 5% de C.A. es de 1.88% de vacios y para 5.5% de C.A. el porcentaje de vacios es de 3.93%.

GRÁFICO N°37: Porcentaje cemento asfáltico vs V.M.A.



En el gráfico N° 37 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 8% de polipropileno, para 4.5% el porcentaje de vacios de agregado mineral es de 14.67%, para 5% de C.A. es de 15.81% de vacios de agregado mineral. y para 5.5% de C.A. el porcentaje de vacios de agregado mineral es de 17%.

GRÁFICO N° 38: Porcentaje cemento asfáltico vs Índice de rigidez

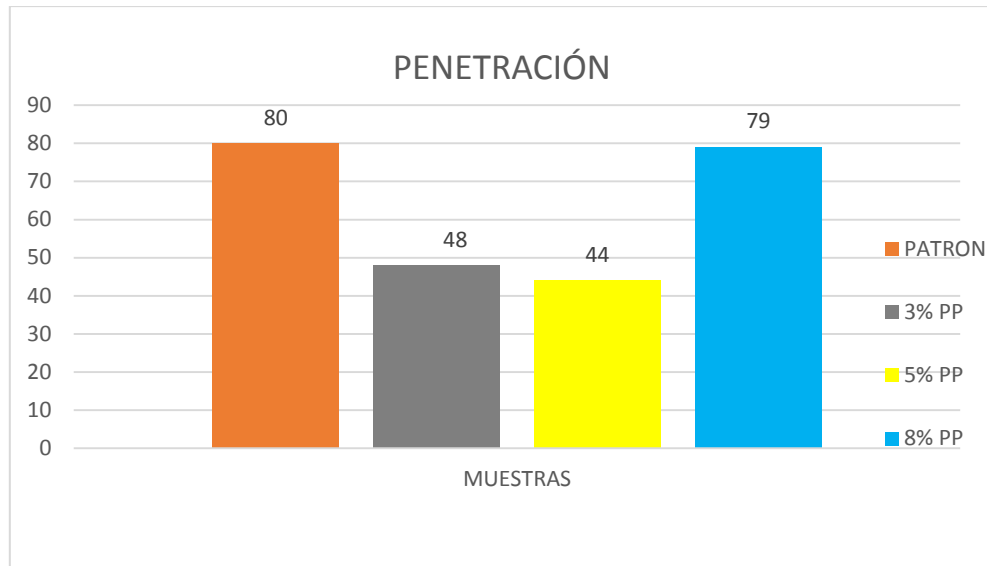


En el gráfico N° 38 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico modificado con 8% de polipropileno, para 4.5% el porcentaje de Índice de rigidez es de 3052.34%,

para 5% de C.A. es de 1880.4% de Índice de rigidez. y para 5.5% de C.A. el porcentaje de Índice de rigidez es de 2162.67%.

OBJETIVO N°5: COMPARACIÓN DE MEZCLAS CONVENSIONAL Y MODIFICADA

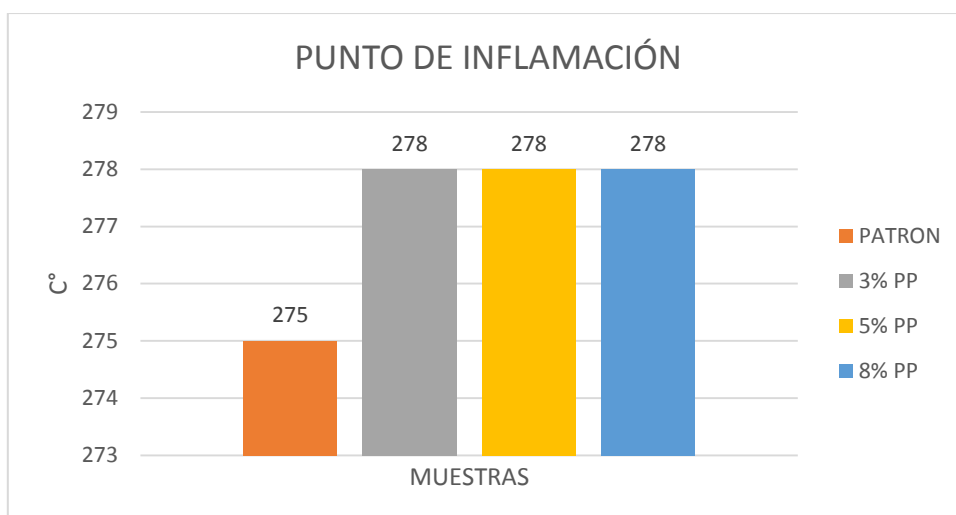
GRAFICO N°38: Asfalto convencional vs asfalto modificado con 3%5%8% de PP5.



INTERPRETACION:

Según el ensayo de penetración realizados a los diferentes especímenes obtenemos que la muestra patrón tiene una penetración de 80 mm, al incorporar el 3% de polipropileno obtenemos una penetración de 48 mm, el 5% de polipropileno incorporado tener una penetración de 44 mm y el 8% incorporado de polipropileno tenemos un 79 mm, no estando dentro de los parámetros establecidos de la norma del MTC E 304 por tanto no cumple.

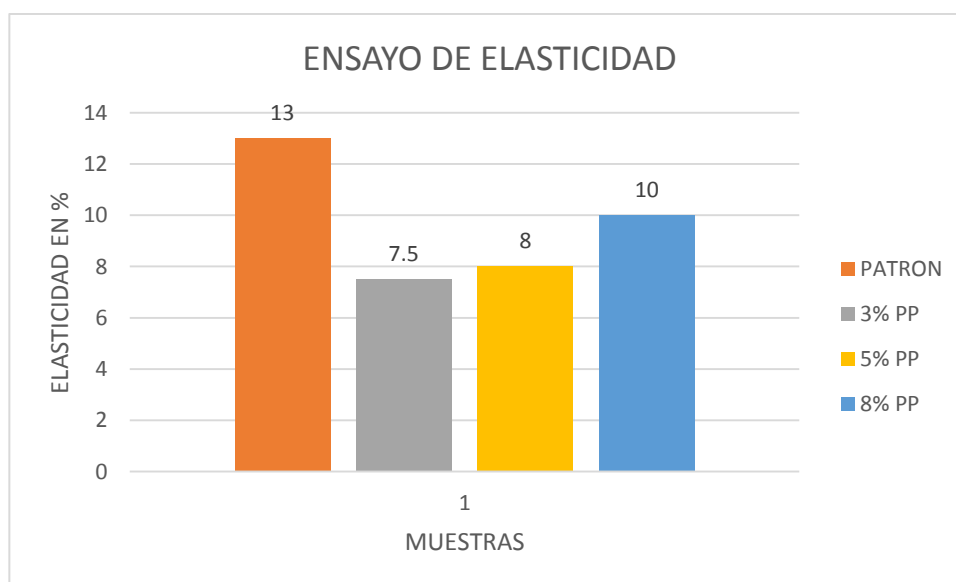
GRAFICO N°39: Asfalto convencional vs asfalto modificado con 3%5%8% de PP5.



INTERPRETACION:

Según el ensayo de punto de inflamación con la normativa MTC E 304 realizados a los diferentes especímenes obtenemos que la muestra patrón tiene una inflamación de 275°C, y al incorporar el 3%, 5%,8% de polipropileno obtenemos un resultado de un 278°C al punto de inflamación, cumpliendo con los parámetros de dicha normativa.

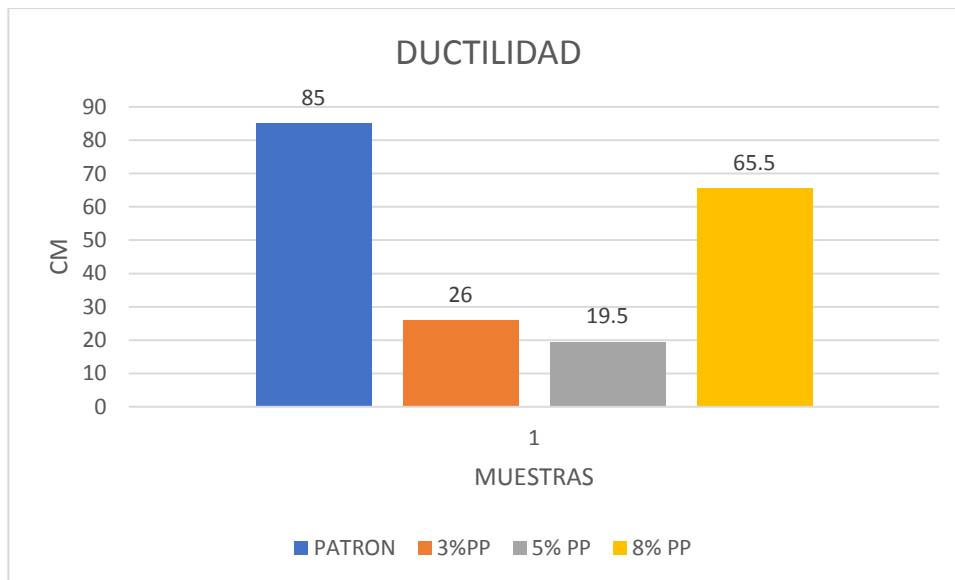
GRAFICO N°40: Asfalto convencional vs asfalto modificado con 3%5%8% de PP5.



INTERPRETACION

Según el ensayo de elasticidad que tiene como normativa obtenemos que la muestra patrón tiene una elasticidad al 13%, el 3% de polipropileno incorporado tenemos una elasticidad de 7.5 %, al incorporar el 5% tenemos una elasticidad de 8% y al incorporar el 8 % de polipropileno obtenemos un 10 % de elasticidad, y se indica las especificaciones que determina dicha normatividad.

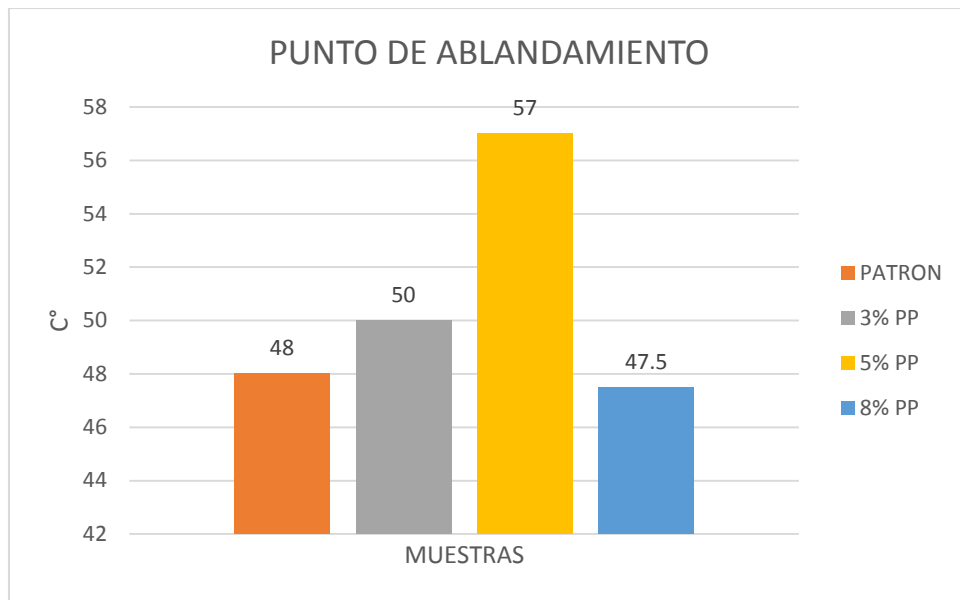
GRAFICO N°41: Asfalto convencional vs asfalto modificado con 3%5%8% de PP5



INTERPRETACION:

Según el ensayo de ductilidad con la normativa del MTC E306 realizados a diferentes muestras se obtiene como resultado que la muestra patrón tiene una ductilidad de 80 cm, y al incorporar el 3 % de polipropileno obtenemos una ductilidad de 26 cm, el 5% de polipropileno incorporado obtenemos una ductilidad de 19.5 cm y el 8 % de polipropileno incorporado tenemos como resultado un 65cm, lo cual al incorporar polipropileno cumpliendo con las especificaciones de dicha normativa.

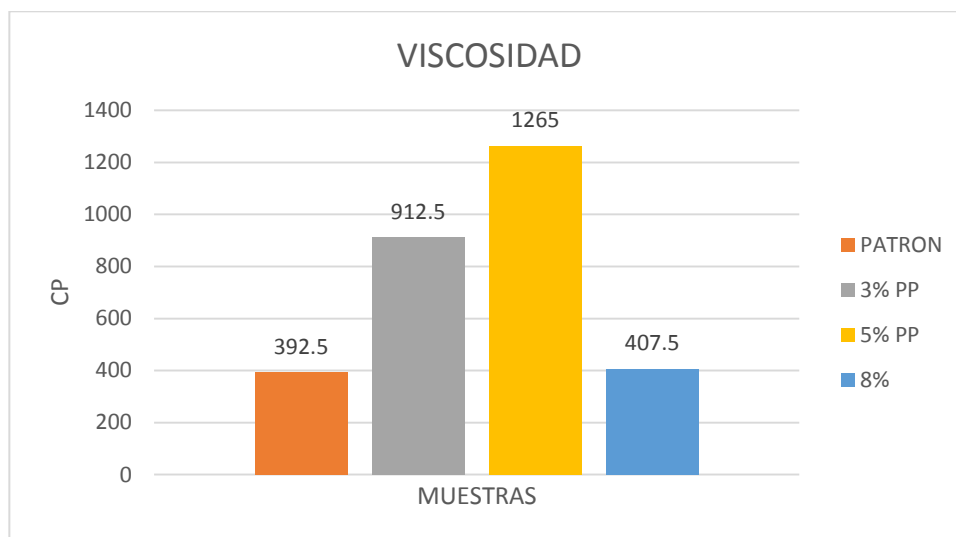
GRAFICO N°42: Asfalto convencional vs asfalto modificado con 3%5%8% de PP5



INTERPRETACION:

Según ensayo de punto de inflamación con la normativa ASTM D95 aplicados a diferentes muestras se obtiene como resultado que la muestra patrón tiene un ablandamiento a 48°C, y al incorporar el 3% de polipropileno tiene un ablandamiento a 50°C, el 5% de polipropileno incorporado tenemos un 57% de ablandamiento y el 8% de polipropileno incorporado tenemos un ablandamiento a 47.5° C, y se indica las especificaciones de dicha normativa.

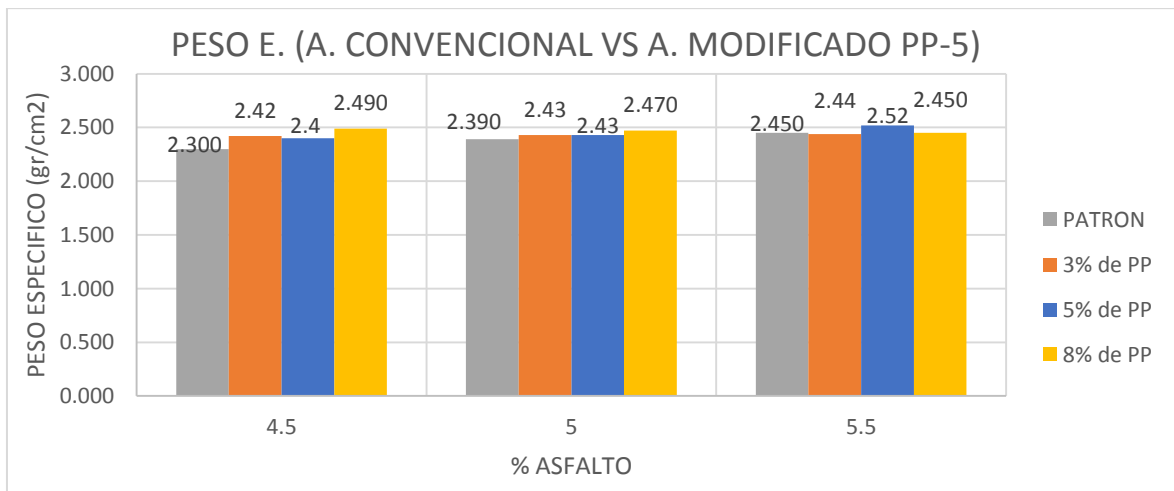
GRAFICO N°43: Asfalto convencional vs asfalto modificado con 3%5%8% de PP5



INTEPRETACIÓN

Según el ensayo de Viscosidad con la normativa del ASTM D 4402 realizadas a diferentes muestras se obtiene como resultado que la muestra patrón tiene una viscosidad de 392.5cp, al incorporar el 3% obtenemos una viscosidad de 912.5cp, con el 5% de polipropileno tenemos un 1265cp y con el 8% incorporado obtenemos 407.5cp, y vemos que al 5% y 3% si cumple con las especificaciones de dicha normativa.

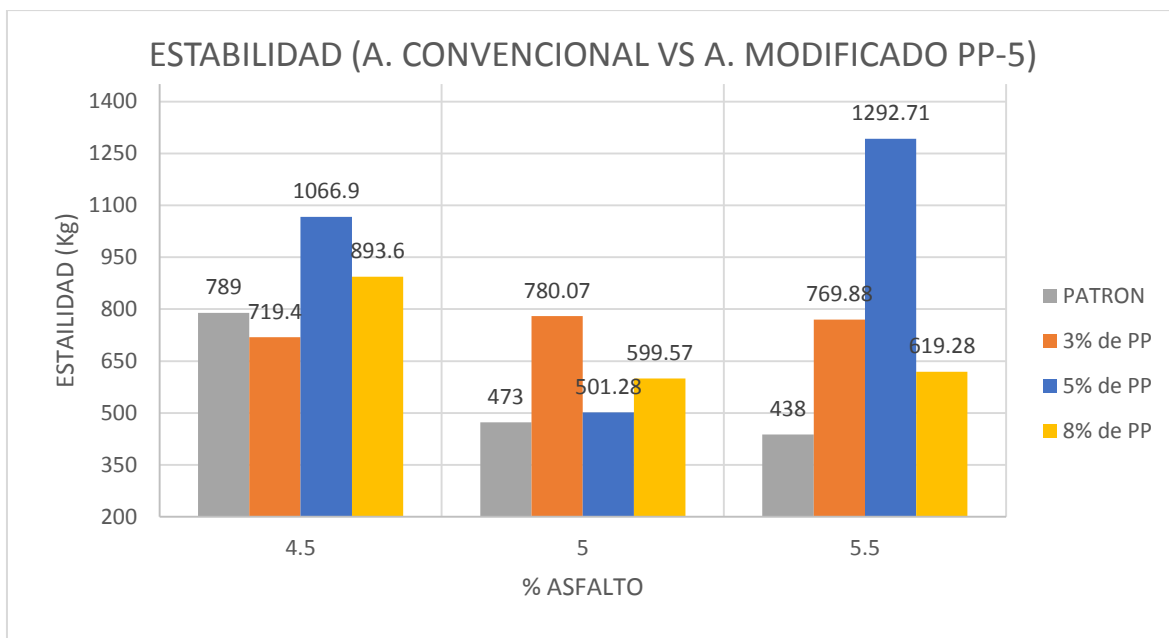
GRÁFICO N° 45. Cemento asfáltico vs Peso específico.



Interpretación:

Según el gráfico mostrado se observa que 4.5% y 5% de C.A. obtienen los datos menores, por tanto, el peso específico mayor de la mezcla asfáltica convencional es de 2.45 gr/cm². en tanto la mezcla modificada con polímeros PP5 es de 2.52 gr/cm² con un óptimo de asfalto de 5.5%, al tener un alto peso específico nos indica que se tendrá una densidad mayor, por lo tanto, el pavimento logrará un rendimiento perdurable.

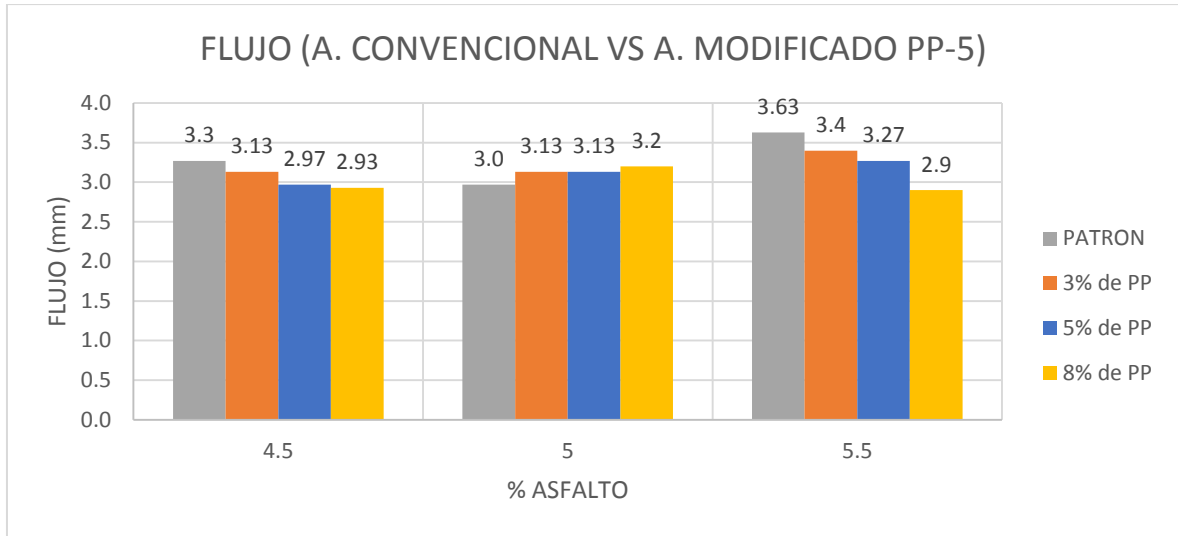
GRÁFICO N° 46: Cemento asfáltico vs Estabilidad



Interpretación

Se observa que la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional es de 789 kg, menor a la de la mezcla modificada con el 5% de polímeros PP5 de 1066.9 kg en el óptimo de asfalto 4.5%, pero también se observa que la mayor estabilidad se centra en el óptimo de asfalto de 5.5% con una estabilidad de asfalto modificado con 5% de PP es de 1292.71kg, mientras que el asfalto convencional es 438kg que se encuentra por debajo de un asfalto modificado. Esto quiere decir que un asfalto modificado tiene la capacidad de resistir desplazamientos y deformaciones bajo las cargas de tránsito pesado y repetitivo, evitando fallas de ahuellamientos y ondulaciones.

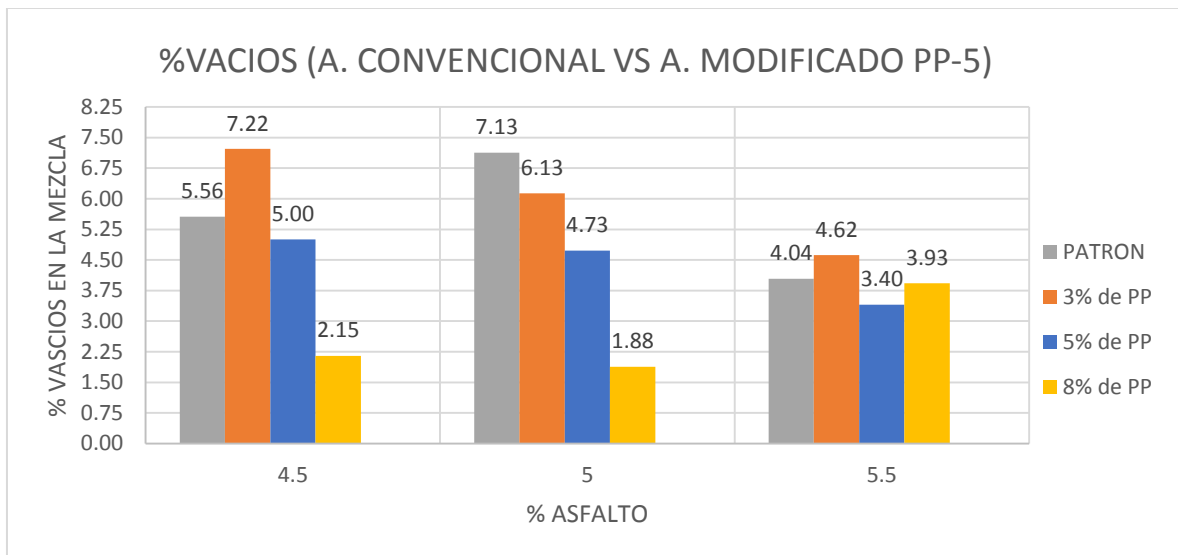
GRÁFICO N° 47: cemento asfáltico vs Flujo



Interpretación

El flujo es la medida por deformación durante el ensayo de estabilidad donde la mezcla convencional presenta un 3.63mm con un 2.9mm de mezcla modificada con 8% de polímeros PP5 en el óptimo de asfalto de 5.5%, los valores obtenidos para los dos tipos de mezcla, esencialmente representan el comportamiento a la hora de deformarse frente a la acción de cargas, donde una fluencia alta causa demasiado plasticidad, es decir, tienden a deformarse bajo cargas de tránsito y cuando se incrementa la temperatura.

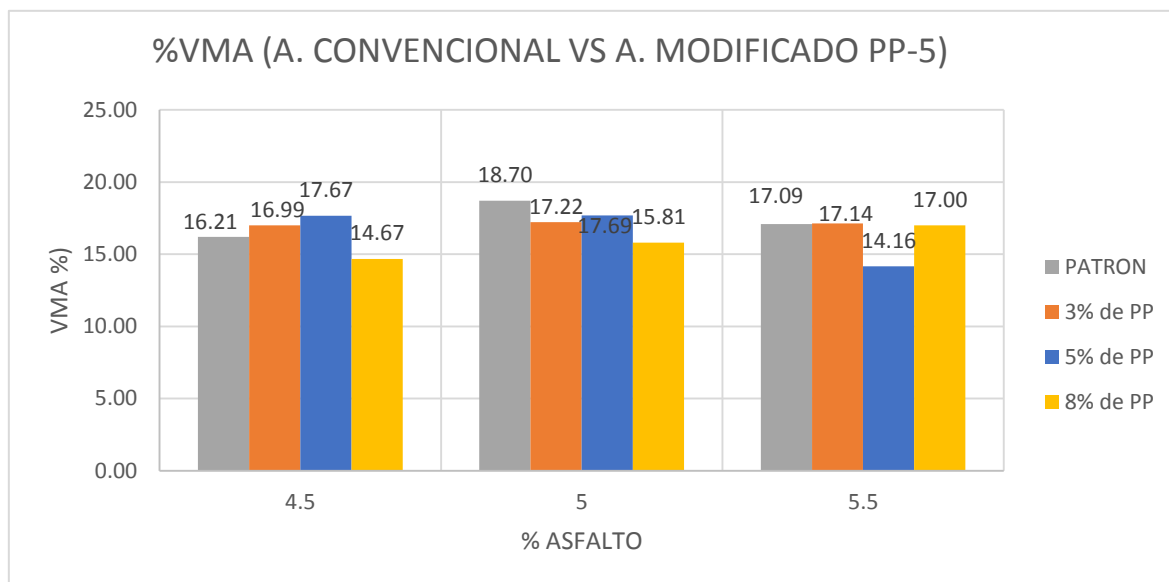
GRÁFICO N° 48: Cemento asfáltico vs Vacíos



Interpretación

Según el porcentaje de vacíos que especifica la norma en un rango de 3% - 5%, lo cual se obtiene en la mezcla convencional 4.04% cumple con lo especificado, pero también tenemos al asfalto modificado con 5% de polímero PP5 con un 3.40% de vacíos que también cumple con lo especificado en el óptimo de asfalto de 5.5%, por lo tanto nos permite tener compactación adicional bajo el tráfico y proporcionar la fluidez del asfalto durante esa compactación.

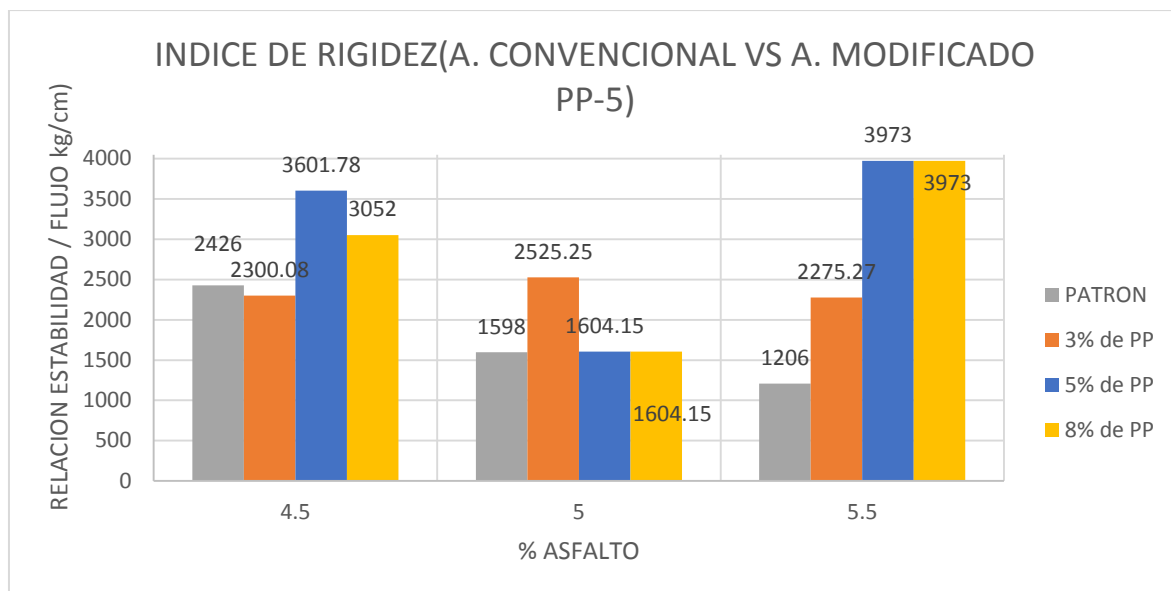
GRÁFICO N° 49: Cemento asfáltico vs V.M.A.



Interpretación

En el gráfico se observa que en el 4.5% y 5% son los números más altos de vacíos por tanto, la mezcla asfáltica modificada con 5% de polímeros PP5 presenta un menor porcentaje de V.M.A (vacíos del agregado mineral) con un 14.16% frente a 17.09% de la mezcla convencional en el óptimo de 5.5% del cemento asfáltico, es decir, que el asfalto se adhiere más al agregado por ende se tiene menor porcentaje de V.M.A. donde logra formar un espesor durable a la película de asfalto así evitar desprendimientos y/o pulimientos de agregados.

GRÁFICO N° 50: Índice de rigidez



Interpretación

Se observa el grafico que para 4.5% y 5% se tiene los menores datos de rigidez por tanto se trabaja con el óptimo del asfalto de 5.5% el cual indica que el índice de rigidez del concreto asfáltico convencional es de 1206 kg/cm y el concreto asfáltico modificado con 5% de polímero PP5 presenta una rigidez de 3973 kg/cm, representado un incremento de 40%. Por lo tanto, se logra comprobar que la incorporación de polímeros PP a la mezcla asfáltica en caliente mejora la resistencia a la compresión, asimismo aporta una mayor rigidez a posibles deformaciones que tenga la carpeta de rodadura a futuro.

OBJETIVO N°6: BENEFICIOS ECONOMICOS.

3.5. Costos.

3.6.1 costos de producción.

En las siguientes tablas, se muestra los costos de producción de la mezcla asfáltica reflejados en el análisis de precios unitarios tanto convencional como modificado.

Tabla N°50. Análisis de Precios Unitarios – Concreto Asfáltico convencional

APU MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL					
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70				
Rendimiento	m3/DIA				
Costo unitario directo por: m3	S/.498.03	(sin igv)			
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio s/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OFICIAL	hh	1.0000	0.0321	16.05	0.51
OPERARIO	hh	1.0000	0.0321	19.53	0.63
PEON	hh	3.0000	0.0964	14.44	4.17
					5.31
Materiales					
PETROLEO DIESEL # 2	gal		5.8000	10.84	62.87
FILLER (P/ ASFALTO)	m3		0.1200	21.94	2.63
PIEDRA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.5200	34.98	18.19
ARENA (P/ ASFALTO)	m3		0.4300	61.97	26.65
CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70	kg		132.29	2.61	345.30
					455.64
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	2	0.1
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0321	170.08	5.46
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1.0000	0.0321	172.83	5.55
GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2.0000	0.0643	139.38	8.96
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1.0000	0.0321	530.00	17.01
					37.08
					498.03

Se puede observar que el cemento asfáltico tiene mayor incidencia en el costo de producción, representando un 75.78 % de costo total de materiales.

Tabla N° 51. Análisis de Precios Unitarios – Concreto Asfáltico Modificado con PP

APU MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL					
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70				
Rendimiento	m3/DIA				
Costo unitario directo por: m3	S/. 490.17	(sin igv)			
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial

				S/.	S/.
Mano de Obra					
OFICIAL	hh	1	0.0321	16.05	0.51
OPERARIO	hh	1	0.0321	19.53	0.63
PEON	hh	3	0.0964	14.44	4.17
					5.31
Materiales					
PETROLEO DIESSEL # 2	gal		5.8	10.84	62.87
FILLER (P/ ASFALTO)	m3		0.16	21.94	3.51
PIEDRA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.40	34.98	13.92
ARENA (P/ ASFALTO)	m3		0.43	61.97	26.64
CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70	kg		125.01	2.61	326.28
SILLA PLASTICA MOLIDA (PP5)	kg		7.28	2	14.56
					447.78
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	2	0.1
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	1	0.0321	170.08	5.46
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1	0.0321	172.83	5.55
GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2	0.0643	139.38	8.96
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1	0.0321	530	17.01
					37.08
490.17					

Se puede observar que el porcentaje de incidencia del cemento asfáltico modificado con PP es de 70.00% del costo de los materiales. Asimismo, el costo total de producción por m3 de mezcla asfáltica modificada es de S/. 490.17 soles, representando un 1.58 % menos en comparación al costo de la mezcla asfáltica tradicional.

3.6. Beneficios.

3.6.1. Ahorra en la producción de la mezcla asfáltica.

Para determinar esta variable, se procede a comparar los costos del concreto asfáltico tradicional frente al concreto asfáltico modificado. En la siguiente tabla 52, se muestra dichos resultados.

Tabla 52. Ahorro en la producción total de mezcla asfáltica

DESCRIPCIÓN	CONCRETO ASFALTICO TRADICIONAL	CONCRETO ASFALTICO MODIFICADO
PRECIO MEZCLA ASFÁLTICA TOTAL	S/.498.03	S/.490.17
AHORRO (M3)	S/ 7.86	

Se puede observar que el precio total de la mezcla asfáltica modificada se tiene un ahorro de 7.86 soles por metro³ con respecto al concreto asfáltico convencional y a su vez añadiéndole un mejor comportamiento.

IV. DISCUSIONES:

Ballena, J. (2016), concluye que a medida que aumenta polietileno en porcentajes de 5% hace que la estabilidad tenga un balance proporcional al de la muestra patrón y esto hace que a medida que se le incorpora el desecho plástico vaya aumentando la estabilidad en un punto máximo. Este valor de

incorporación de polímero concuerda con resultados de la investigación por lo que se determinó que al momento de incorporar 5% de polímero PP5 se tiene una máxima estabilidad de 1292.71kg en el cual tiene semejanza con lo especificado por dicho autor

Rodríguez F. (2010), obtuvo como resultado que el asfalto convencional contiene un 16.65% de vacíos en el agregado mineral mientras que en el asfalto modificado disminuye los vacíos en el agregado mineral con 15.5%, la cual presenta una disminución de 1.15% con respecto al convencional. Por lo tanto, se acepta el resultado de la investigación ya especificada ,ya que un asfalto modificado con polímero polipropileno tiene una mayor reducción de vacíos en el agregado mineral, por ello la mezcla asfáltica modificada con polímeros polipropileno tiene una mejor trabajabilidad a la hora de realizar la mezcla, se determinó que los vacíos del agregado mineral de la mezcla asfáltica modificada es de 14.16% y la convencional es de 17.09%, presenta una disminución de 2.93% con respecto al convencional, se puede decir que un concreto asfáltico modificado reduce notablemente el porcentaje de vacíos a comparación de un concreto asfáltico convencional.

Según el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013), especifica que los porcentajes de vacíos deben estar entre 3% a 5% para un concreto asfáltico en caliente, con respecto al resultado de la presente investigación se obtuvo un 3.9% dentro del margen normativo, cual es necesario contener un cierto porcentaje de vacío adecuado para permitir alguna compactación adicional bajo la carga del tráfico así evitar fallas de exudación por el cual coincide dentro de los parámetros especificados por dicho manual.

Por otro lado, Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013), nos muestra los parámetros que debe de cumplir un pavimento flexible por el método Marshall, dentro de los parámetros nos dice que el flujo debe estar entre 3 a 8 milímetros para considerarse flexible y la estabilidad debe ser como mínimo 8.15 kN a lo que equivale a 1200kg. Los

resultados de la muestra patrón es de 2426kg con un 5.5% de cemento asfáltico, Al incorporar polímero polipropileno podemos percatarnos que los resultados obtenidos en el laboratorio están por encima de la norma y del patrón. Resultados según los diferentes porcentajes al cual se adiciona, en el 5.0% de polipropileno con un 5.5% de cemento asfáltico muestra 3973kg, por ello se observa que la flexibilidad disminuye y la resistencia a la deformación aumenta, pero se encuentra dentro de los parámetros de diseño que se requiere.

Para el presente proyecto de investigación se utilizó el método Marshall para asfaltos elaborados con mezcla asfáltica en caliente lo que permite determinar la combinación de los agregados y asfalto en relaciones exactas, los agregados y los componentes asfálticos deben comportarse de manera similar en temperaturas altas y bajas sin presentar efectos, por lo tanto, al presentarse temperaturas altas de servicios en zonas calida daña la resistencia. En el proceso para obtener la resistencia de la mezcla asfáltica modificada con polímero polipropileno se empleó el aparato Marshall (MTC E 504). La temperatura del agua que fueron sometidas las briquetas fue de 60°C, para tener una simulación de las condiciones que estará sometido la carpeta asfáltica modificada en servicio. Por consiguiente se determinó que el óptimo contenido del cemento asfáltico es de 5.5% teniendo en cuenta una mezcla fluida, por lo consecuente el parámetro de relación estabilidad / flujo, observando una mezcla que cumple con las especificaciones establecidas en el reglamento, el polímero polipropileno que se utiliza en el concreto asfáltico dio como resultado un porcentaje de 5 % con respecto al peso del PEN 60/ 70 con una combinación de 37.5% de piedra chancada, 52% de arena y 5% de material filler, procedentes de la cantera san pedrito

V. CONCLUSIONES:

1. Se determinó que la propiedad del cemento asfáltico es el carbono que se encuentra entre 60% y 90%, y el Hidrogeno que está dentro de 7% y 10%, y

azufre que está dentro de 0.5% y 10%, teniendo un 95% de similitud con las propiedades del polipropileno que está compuesto por un 70% de carbono, 6% de hidrogeno, 12% de azufre, 2% de oxígeno, 10% de nitrógeno, 2% de óxido de silicio y derivados como cromo, níquel, plomo y cadmio.

2. La calidad del cemento asfáltico cumple con los parámetros que indica el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013), con los siguientes resultados, punto de inflamación 278°C, recuperación elástica 8%, ductilidad 85cm, punto de ablandamiento 57°C y la viscosidad 1265cp.
3. El diseño del concreto asfáltico modificado con polímero polipropileno obtenido del ensayo Marshall es de 37.5% de piedra chancada, 52% de arena y 5% de material filler procedente de la cantera San Pedrito, el polímero polipropileno que se utiliza en la mezcla asfáltica dio como resultado un porcentaje de 5 % con respecto al peso del PEN 60/ 70 en el óptimo de asfalto de 5.5%.
4. El porcentaje óptimo de polímero polipropileno para el concreto asfáltico es el 5% con respecto al peso del pen 60-70. Con este porcentaje tenemos una estabilidad de 1292.71kg, que está por encima del porcentaje de la muestra patrón que tiene 789kg en este parámetro. Y un flujo de 3.27mm que es una deformación menor a comparación de la muestra patrón que se deforma un 3.63mm, teniendo una influencia notable el polipropileno.
5. Se llegó a la conclusión que el índice de rigidez de la mezcla asfáltica 4.5% y 5% se tiene los menores datos de rigidez por tanto se trabaja con el óptimo del asfalto de 5.5% el cual indica que el índice de rigidez del concreto asfáltico convencional es de 1206 kg/cm y el concreto asfáltico modificado

con 5% de polímero PP presenta una rigidez de 3973 kg/cm, representado un incremento de 40%. Por lo tanto, se logra comprobar que la incorporación de polímeros PP a la mezcla asfáltica en caliente mejora la resistencia a la compresión, asimismo aporta una mayor rigidez a posibles deformaciones que tenga la carpeta de rodadura a futuro.

6. Finalmente, un concreto asfáltico modificado con polipropileno mejora notablemente sus propiedades físicas y mecánicas en comparación a un concreto asfáltico convencional.

7. En cuanto a la economía, la producción de la mezcla asfáltica convencional presenta un costo unitario directo por m³ de S/ 494.72, mientras que la mezcla modificada con polímeros polipropileno con S/ 486.86. se puede observar que se tiene un ahorro de s/. 7.86 por metro cúbico, esto se debe a que al incorporar polímero polipropileno se disminuye la cantidad bitumen.

VI. RECOMENDACIONES:

Para el distrito de Nuevo Chimbote se recomienda aplicar el uso del asfalto modificado con polímeros PP, para las vías con tránsito denso, ya que mejora notablemente las propiedades físicas y mecánicas por sus grandes beneficios de sus propiedades especificadas en dicha investigación.

Los agregados, son parte fundamental de todo concreto asfáltico y es necesario realizar todos los estudios normados a fin de conocer el comportamiento que van a tener durante su puesta en servicio.

A las Empresas que elaboran concretos asfálticos y municipalidades se recomienda el empleo de un concreto asfáltico con polímero polipropileno ya que constituye una solución más económica a largo plazo, para proyectos viales en donde se requiere mezclas de gran durabilidad y resistencia a las deformaciones permanentes.

Se recomienda complementar el presente estudio realizando pruebas de fatiga a las mezclas analizadas, debido a que, por ser mezclas asfálticas con un alto índice de rigidez, estas podrían ser susceptibles a las fisuras, obteniéndose por otro lado las fallas por fatiga dinámica (altas cargas de tráfico).

A los futuros investigadores se debe tener presente que este concreto asfáltico solo es factible para el Distrito de Nuevo Chimbote, puesto que para otros distritos se tendría que evaluar las condiciones de clima, cantera y diseño, las cuales no cumplirían con las mismas especificaciones técnicas y normas empleadas en este diseño de mezcla asfáltica, pero si puede ser empleada como un modelo de estudio para el desarrollo de futuras investigaciones.

VII. REFERENCIAS:

AIMACAÑA, Juan. Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales, Universidad Técnica De Ambato, 2017.121 pp.

ASSHTO 93. Diseño de pavimentos. La Paz, Bolivia: 2006. 237pp.

AVELLAN, Marta. Asfaltos modificados con polímeros. Universidad San Carlos de Guatemala, 2007. 162 pp.

BALLENA, José. Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío, Universidad Señor De Sipán, 2016.152 pp.

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, Perú: 2012. 38 pp.

CANEVAROLO, Junior. Ciencia de los polímeros. 2da ed. Universidad de tecnología de polímeros Inglaterra, 2006. 282 pp. ISBN: 8005083010.

CESPEDES, Jose. Los pavimentos en las vías terrestres. 1ra.ed. Cajamarca: Universidad de la UNC, 2002.320 pp.

GALVAN, Luis. Criterios de análisis y diseño de una mezcla asfáltica en frío con pavimento reciclado y emulsión asfáltica, Universidad Nacional De Ingeniería: Lima, Perú: 2015. 99 pp.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. MANUAL DE CARRETERAS - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. Lima, Perú: 2013. 1265 pp.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima, Perú: 2016. 1270 pp.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Aspecto del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. México,2010. 246 pp.

PINEDO, Cesar. Diseño de la carpeta asfáltica modificada con polímero polietileno para el mejoramiento del camino vecinal nuevo shupishiña morales 2016, Universidad Cesar Vallejo: Tarapoto, Perú: 2016.280 pp.

RAMIREZ, Lina. Pavimentos con polímeros reciclados, Escuela De Ingeniería De Antioquia, 2011. 72 pp.

Resistencia mecánica evaluada en el ensayo Marshall de mezclas densas en calientes elaboradas con asfalto modificados con desechos de policloruro de vinilo PVC, polietileno de alta densidad (PEAD), y poliestireno (PS). Colombia, vol. 6(11). diciembre 2017.

ISSN: 1692-3324.

RODRIGUEZ, Fernando. Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero, Universidad Austral de Chile,2010. 80 pp.

THE ASPHALT INSTITUTE. Manual del asfalto. España: Urmo, 1969. 477 pp.

THE ASPHALT INSTITUTE. Manual del asfalto. España: Urmo, 1982. 70 pp.

VALDIVIA, Vitmer. Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros SBS en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57. Tesis (Ingeniero Civil), Universidad Cesar Vallejo : Lima, Perú: 2017. 162 pp

VARGAS, Nadia. Efecto de la adición de fibra de polímeros reciclados en el valor del cbr de suelos granulares en pavimentos, Universidad Continental, 2017. 155 pp.

ANEXOS

ANEXO 1

**Factor de corrección para la
estabilidad**

TABLA N° 53: Factor de corrección para la estabilidad

ESPESOR (mm)	FACTOR	ESPESOR (mm)	FACTOR	ESPESOR (mm)	FACTOR
31,5	3.902	36,5	3.030	41,5	2.246
31,6	3.884	36,6	3.014	41,6	2.234
31,7	3.867	36,7	2.999	41,7	2.223
31,8	3.850	36,8	2.983	41,8	2.211
31,9	3.833	36,9	2.968	41,9	2.199
32,0	3.815	37,0	2.952	42,0	2.187
32,1	3.798	37,1	2.936	42,1	2.175
32,2	3.780	37,2	2.921	42,2	2.163
32,3	3.763	37,3	2.905	42,3	2.151
32,4	3.745	37,4	2.889	42,4	2.139
32,5	3.728	37,5	2.874	42,5	2.128
32,6	3.710	37,6	2.858	42,6	2.116
32,7	3.693	37,7	2.843	42,7	2.104
32,8	3.675	37,8	2.827	42,8	2.092
32,9	3.658	37,9	2.811	42,9	2.080
33,0	3.640	38,0	2.796	43,0	2.070
33,1	3.623	38,1	2.780	43,1	2.060
33,2	3.605	38,2	2.763	43,2	2.050
33,3	3.588	38,3	2.745	43,3	2.040
33,4	3.570	38,4	2.728	43,4	2.030
33,5	3.554	38,5	2.710	43,5	2.020
33,6	3.538	38,6	2.693	43,6	2.010
33,7	3.522	38,7	2.675	43,7	2.000
33,8	3.506	38,8	2.658	43,8	1.990
33,9	3.490	38,9	2.640	43,9	1.980
34,0	3.474	39,0	2.623	44,0	1.970
34,1	3.458	39,1	2.605	44,1	1.960
34,2	3.442	39,2	2.588	44,2	1.950
34,3	3.426	39,3	2.570	44,3	1.940
34,4	3.410	39,4	2.553	44,4	1.930
34,5	3.394	39,5	2.535	44,5	1.920
34,6	3.378	39,6	2.517	44,6	1.912
34,7	3.362	39,7	2.500	44,7	1.904
34,8	3.346	39,8	2.486	44,8	1.896
34,9	3.330	39,9	2.471	44,9	1.888
35,0	3.311	40,0	2.457	45,0	1.879
35,1	3.293	40,1	2.443	45,1	1.871
35,2	3.274	40,2	2.428	45,2	1.863
35,3	3.255	40,3	2.414	45,3	1.855
35,4	3.236	40,4	2.399	45,4	1.847
35,5	3.218	40,5	2.385	45,5	1.839
35,6	3.199	40,6	2.371	45,6	1.831
35,7	3.180	40,7	2.356	45,7	1.823
35,8	3.161	40,8	2.342	45,8	1.814
35,9	3.143	40,9	2.328	45,9	1.806
36,0	3.124	41,0	2.313	46,0	1.798
36,1	3.105	41,1	2.299	46,1	1.790
36,2	3.086	41,2	2.284	46,2	1.782
36,3	3.068	41,3	2.270	46,3	1.774
36,4	3.049	41,4	2.258	46,4	1.766

ESPESOR (mm)	FACTOR	ESPESOR (mm)	FACTOR	ESPESOR (mm)	FACTOR
46,5	1.758	51,5	1.435	56,5	1.216
46,6	1.750	51,6	1.430	56,6	1.213
46,7	1.742	51,7	1.425	56,7	1.209
46,8	1.734	51,8	1.420	56,8	1.205
46,9	1.726	51,9	1.415	56,9	1.201
47,0	1.718	52,0	1.410	57,0	1.198
47,1	1.710	52,1	1.405	57,1	1.194
47,2	1.702	52,2	1.400	57,2	1.190
47,3	1.694	52,3	1.395	57,3	1.187
47,4	1.686	52,4	1.390	57,4	1.184
47,5	1.678	52,5	1.386	57,5	1.181
47,6	1.670	52,6	1.381	57,6	1.178
47,7	1.663	52,7	1.377	57,7	1.174
47,8	1.656	52,8	1.373	57,8	1.171
47,9	1.649	52,9	1.368	57,9	1.168
48,0	1.643	53,0	1.364	58,0	1.165
48,1	1.636	53,1	1.359	58,1	1.162
48,2	1.629	53,2	1.355	58,2	1.159
48,3	1.622	53,3	1.351	58,3	1.156
48,4	1.615	53,4	1.346	58,4	1.153
48,5	1.608	53,5	1.342	58,5	1.149
48,6	1.601	53,6	1.338	58,6	1.146
48,7	1.594	53,7	1.333	58,7	1.143
48,8	1.588	53,8	1.329	58,8	1.140
48,9	1.581	53,9	1.324	58,9	1.137
49,0	1.574	54,0	1.320	59,0	1.134
49,1	1.567	54,1	1.316	59,1	1.131
49,2	1.560	54,2	1.311	59,2	1.128
49,3	1.554	54,3	1.307	59,3	1.124
49,4	1.549	54,4	1.303	59,4	1.121
49,5	1.543	54,5	1.298	59,5	1.118
49,6	1.538	54,6	1.294	59,6	1.115
49,7	1.532	54,7	1.289	59,7	1.112
49,8	1.526	54,8	1.285	59,8	1.109
49,9	1.521	54,9	1.281	59,9	1.106
50,0	1.515	55,0	1.276	60,0	1.103
50,1	1.509	55,1	1.272	60,1	1.099
50,2	1.504	55,2	1.268	60,2	1.096
50,3	1.498	55,3	1.263	60,3	1.093
50,4	1.493	55,4	1.259	60,4	1.090
50,5	1.487	55,5	1.254	60,5	1.087
50,6	1.481	55,6	1.250	60,6	1.084
50,7	1.476	55,7	1.246	60,7	1.081
50,8	1.470	55,8	1.243	60,8	1.078
50,9	1.465	55,9	1.239	60,9	1.074
51,0	1.460	56,0	1.235	61,0	1.071
51,1	1.455	56,1	1.231	61,1	1.068
51,2	1.450	56,2	1.228	61,2	1.065
51,3	1.445	56,3	1.224	61,3	1.062
51,4	1.440	56,4	1.220	61,4	1.059

ESPESOR (mm)	FACTOR	ESPESOR (mm)	FACTOR	ESPESOR (mm)	FACTOR
61,5	1.056	66,4	0,936	71,3	0,834
61,6	1.053	66,5	0,934	71,4	0,832
61,7	1.049	66,6	0,932	71,5	0,830
61,8	1.046	66,7	0,930	71,6	0,829
61,9	1.043	66,8	0,928	71,7	0,828
62,0	1.040	66,9	0,925	71,8	0,826
62,1	1.037	67,0	0,923	71,9	0,825
62,2	1.035	67,1	0,920	72,0	0,824
62,3	1.032	67,2	0,918	72,1	0,823
62,4	1.029	67,3	0,915	72,2	0,821
62,5	1.027	67,4	0,913	72,3	0,820
62,6	1.024	67,5	0,910	72,4	0,819
62,7	1.021	67,6	0,908	72,5	0,818
62,8	1.019	67,7	0,905	72,6	0,816
62,9	1.016	67,8	0,903	72,7	0,815
63,0	1.013	67,9	0,900	72,8	0,814
63,1	1.011	68,0	0,898	72,9	0,813
63,2	1.008	68,1	0,895	73,0	0,811
63,3	1.005	68,2	0,893	73,1	0,810
63,4	1.003	68,3	0,890	73,2	0,808
63,5	1.000	68,4	0,888	73,3	0,806
63,6	0,998	68,5	0,886	73,4	0,804
63,7	0,995	68,6	0,884	73,5	0,802
63,8	0,993	68,7	0,883	73,6	0,800
63,9	0,990	68,8	0,881	73,7	0,798
64,0	0,988	68,9	0,879	73,8	0,796
64,1	0,985	69,0	0,877	73,9	0,794
64,2	0,983	69,1	0,875	74,0	0,792
64,3	0,980	69,2	0,873	74,1	0,790
64,4	0,978	69,3	0,871	74,2	0,788
64,5	0,975	69,4	0,869	74,3	0,786
64,6	0,973	69,5	0,868	74,4	0,784
64,7	0,970	69,6	0,866	74,5	0,782
64,8	0,968	69,7	0,864	74,6	0,780
64,9	0,965	69,8	0,862	74,7	0,779
65,0	0,963	69,9	0,860	74,8	0,778
65,1	0,960	70,0	0,858	74,9	0,776
65,2	0,958	70,1	0,856	75,0	0,775
65,3	0,956	70,2	0,854	75,1	0,774
65,4	0,954	70,3	0,853	75,2	0,773
65,5	0,953	70,4	0,851	75,3	0,771
65,6	0,951	70,5	0,849	75,4	0,770
65,7	0,949	70,6	0,847	75,5	0,769
65,8	0,947	70,7	0,845	75,6	0,768
65,9	0,945	70,8	0,843	75,7	0,766
66,0	0,943	70,9	0,841	75,8	0,765
66,1	0,941	71,0	0,839	75,9	0,764
66,2	0,939	71,1	0,838	76,0	0,763
66,3	0,938	71,2	0,836	76,1	0,761


FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE VIAS(INV)

ANEXO 2

FICHA TECNICA DE LA SILLA DE POLIPROPILENO

GRAFICO N°51: FICHA TECNICA DE LA SILLA DE POLIPROPILENO

SENA – Regional Tolima
Centro de Comercio y Servicios

	SENA REGIONAL TOLIMA FICHA TECNICA DE ESPECIFICACIONES
ELEMENTO: ARCHIVADOR DE MADERA HORIZONTAL PARA PUESTOS DE ATENCION PÚBLICO	
CANTIDAD: UNA (1) UNIDAD	
APLICACION: Sala EmprendeT. Centro de Comercio y Servicios	
<small>FECHA: 01 de Noviembre de 2012</small>	

Silla modelo 1101

ESPECIFICACIONES:

Código: 1101 color de asiento/ color de estructura

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

- ✓ Apilable hasta 6 sillas , economiza espacio y facil transportacion.
- ✓ Diseño ergonómico fomentando una postura correcta.
- ✓ Certificación ante el CIDETEM, que cumple con los estándares BIFMA.
- ✓ Certificación de materiales libres de metales toxicos

CARACTERÍSTICAS DEL ASIENTO:

- ✓ Asiento en polipropileno de alta calidad, brindando máxima resistencia y comodidad.
- ✓ Nuestros pigmentos cumplen con la norma FDA
- ✓ Variedad de colores

DIMENSIONES	
Altura al asiento	25cm /10"
Ancho total de la silla	39 cm
Profundidad/Apertura	33 cm



ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título:

“Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall - 2018”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de infraestructura vial

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Las construcciones de pavimentos sostenibles y resistentes tienen como objetivo resolver el problema social y técnico de pavimentos, ya que en la actualidad se construyen con un alto grado de mano de obra no especializada, y arrojando como resultado pavimentos pocos durables y de baja calidad.

El problema que afecta al distrito de Nuevo Chimbote es que existen pavimentos que no han realizado ninguna inspección ni mantenimiento después de su construcción, es por ello que presentan muchas deficiencias, tales como, grietas, ahuellamientos, deformaciones. Provocando un tránsito incómodo y un alto grado de accidentes.

VARIABLE	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	DIMENSIONES	INDICADORES	JUSTIFICACIÓN	HIPOTESIS
INDEPENDIENTE Polipropileno	¿Cómo influye la incorporación del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico?	<p>GENERAL. Las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico mejoraran al incorporar polipropileno, frente a un concreto asfáltico convencional.</p> <p>ESPECIFICO Determinar la composición química y caracterización del polipropileno.</p> <p>Determinar la calidad del cemento asfáltico convencional y</p>	<p>Propiedades mecánicas del polipropileno</p> <p>Propiedades químicas del polipropileno.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la flexión. • Resistencia a la tracción. • Resistencia a la compresión. • Resistencia al corte • Resistencia química a la humedad y al calor sin deformarse. • Dureza superficial. 	<p>El proyecto tiene la finalidad de dar a conocer el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico, incorporándole desechos plásticos de tipo polipropileno y que porcentaje será el indicado para una buena dosificación, así mismo diseñar una mezcla de concreto asfáltico que cumpla con las propiedades necesarias y su posible efecto en la reducción de futuros deterioros de pavimentos, en beneficio del distrito.</p> <p>Por otro lado, este proyecto intenta dar a conocer la importancia de reutilizar los desechos plásticos desde</p>	<p>Las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico mejoraran al incorporar polipropileno, frente a un concreto asfáltico convencional.</p>

<p>DEPENDIENTE</p> <p>Propiedades mecánicas y físicas del concreto asfáltico.</p>		<p>modificado con 3%, 5% y 8% de polipropileno</p> <p>Realizar el diseño de mezclas de concreto asfáltico convencional</p> <p>Realizar el diseño de mezclas de concreto asfáltico incorporando un 3%,5% y 8% de polipropileno.</p> <p>Identificar los beneficios que presenta el concreto asfáltico modificado con polipropileno a comparación de un concreto asfáltico convencional.</p>	<p>Propiedades físicas del concreto asfáltico.</p> <p>Propiedades mecánicas del concreto asfáltico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad. • Vacíos. • Vma • Adhesión • Flujo. • Índice de rigidez. • Grado de Viscosidad. • Grado de Penetración. • Ductilidad de 25°C. • Punto de inflamación • Punto de ablandamiento • recuperación elástica 	<p>lo más simple hasta grandes infraestructuras, con esto disminuirá la contaminación ambiental que cada día nos está afectando con mayor intensidad.</p> <p>Conociendo la problemática se justifica este proyecto de investigación para explicar si la mezcla de concreto asfáltico con diferentes proporciones de polipropileno 3%, 5% y 8%, es el adecuado para el empleo en obras de infraestructuras viales (pavimentos), y de no ser así, sustentar en qué tipo de obras pueden ser utilizadas. También se tendrá en cuenta todos los factores que influyen en un adecuado diseño y como se puede mejorar.</p>	
--	--	--	---	---	--	--

--	--	--	--	--	--	--

ANEXO 4

PROTOCOLOS



ENSAYO DE RESISTENCIAS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

(MTC E 504, ASTM D1559)

PROYECTO: " "

SOLICITANTE:

ASUNTO : RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE

UNIDAD : MUESTRA PATRÓN

TABLA: CUADRO DE RESUMEN DE ENSAYO MARSHALL

ITEM	*A.C.	DENSIDAD	RICE ASTM	% VACIOS DE MEZCLA	V.M.A	% VACIOS LLENOS DE ASFALTO	ESTABILIDAD	FLUJO	INDICE DE RIGIDEZ
			D-2041						
	%	gr/cc		%	%	%	Kg.	mm	Kg/cm
1									
2									
3									
RESULTADO DE DISEÑO									
4									
COMPROBACION DE DISEÑO									
5									
6									
7									
ESPECIFICACIONES TECNICAS									
				3- 5	13,0 MIN	65 - 75	815 Kg. MIN	2- 4	2500 - 3500

Observaciones:

De acuerdo a los resultados se propone utilizar la proporcion de 5.1%, para establecer una mayor aproximacion a lo propuesto en las Especificaciones Tecnicas

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Lener Hamilton Vinasova Vasquez
TECNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

GRÁFICO N° 53: Protocolo ensayo de análisis granulométrico



ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

TESIS : "

"

TESISTA :

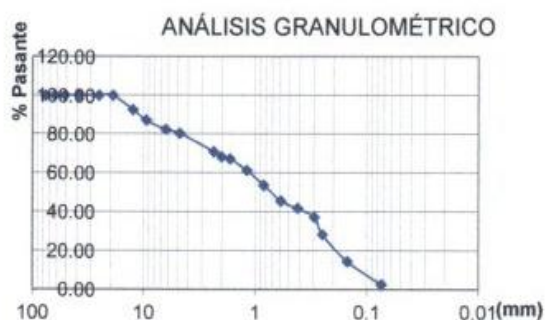
ASUNTO : ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE- PROV. DE SANTA - ANCASH

UNIDAD : MUESTRA C - 01

TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Pasante
3/4		
1/2		
3/8		
1/4		
Nº 4		
Nº 8		
Nº 10		
Nº 12		
Nº 16		
Nº 20		
Nº 30		
Nº 40		
Nº 50		
Nº 60		
Nº 100		
Nº 200		
P Nº 200		



Grava (%)	
Arena (%)	
Finos (%)	
Límite Líquido	
Límite Plástico	
Índice Plasticidad	
Clasif. SUCS	
Clasif. AASHTO	
Contenido de Humedad	

Nota:

SUCS:

AASHTO:

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

R.F.I.
Leniz Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO


fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

ANEXO 5

ENSAYOS

Figura 54: Ensayo Químico del polipropileno (silla plástica)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
 LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI




INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: SAAVEDRA CORTEZ ROGER
TESIS	: "Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall – 2018"
MUESTRA	: Silla plástica reciclado
FECHA DE INGRESO	: 15 DE AGOSTO DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS
CARBONO	%	70
HIDROGENO	%	6
AZUFRE	%	12
OXIGENO	%	2
NITROGENO	%	10
OXIDO DE SILICIO	%	2
CROMO	ppm	23
NIQUEL	ppm	8
PLOMO	ppm	134
CADMIO	ppm	113

Método de espectrometría de gases
 Método de ensayo para sulfatos por digestión – espectrofotómetro
 Método de ensayo por Absorción Atómica

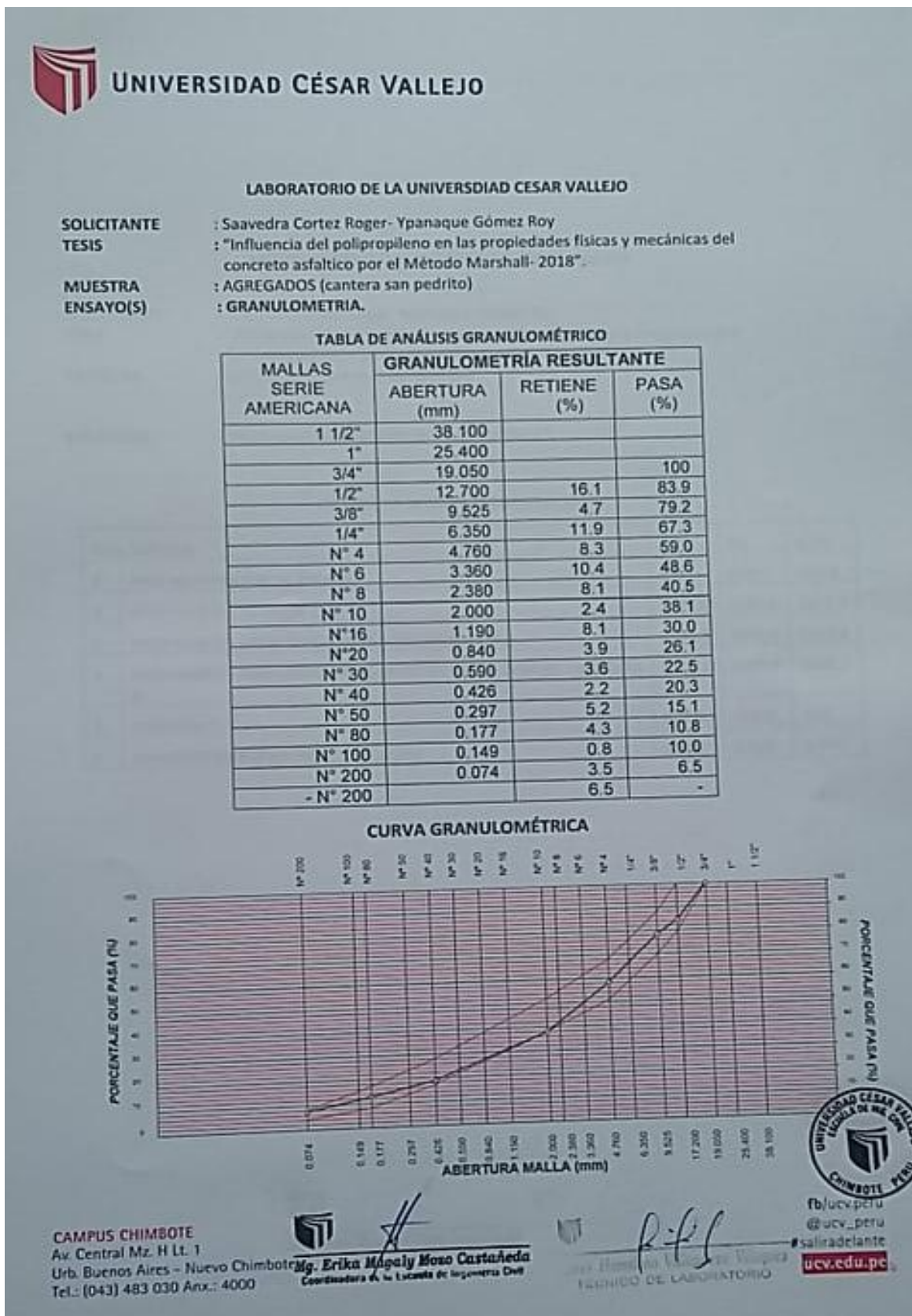
TRUJILLO, 23 DE AGOSTO DEL 2018



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
 ☎ 949959632 / 942844957


Fuente: Laboratorio (Universidad Nacional de Trujillo)

Figura 55: Ensayo de granulometría y curva granulométrica



Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 56: Ensayo de Peso específico y absorción de agregados

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

SOLICITANTE : Saavedra Cortez Roger- Ypanaque Gómez Roy
TESIS : "Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el Método Marshall- 2018".
MUESTRA : AGREGADOS (cantera san pedrito)
ENSAYO(S) : PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN.


AGREGADO FINO

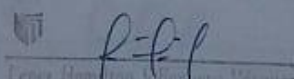
MUESTRA	#2
Peso seco del agregado A	1530.00
Peso del agregado saturado y superficialmente seco (en aire) E	1540.25
Peso del agregado saturado y superficialmente seco (sumergido) I	995.35
Volumen de la masa+ volumen de vacíos $\bar{V}=(E-I)$	544.9
Volumen de la masa $U=O-(E-A)$	534.65
Peso específico bulk (base seca) A/O	2.80
Peso específico bulk (base saturada) E/O	2.83
Peso aparente (base seca) A/U	2.86
ABSORCION $((E-A) / A) *100$	0.67


AGREGADO GRUESO

MUESTRA	#1
Peso seco del agregado A	1530.00
Peso del agregado saturado y superficialmente seco (en aire) E	1539.2
Peso del agregado saturado y superficialmente seco (sumergido) I	988.4
Volumen de la masa+ volumen de vacíos $\bar{V}=(E-I)$	550.8
Volumen de la masa $U=O-(E-A)$	541.6
Peso específico bulk (base seca) A/O	2.77
Peso específico bulk (base saturada) E/O	2.79
Peso aparente (base seca) A/U	2.82
ABSORCION $((E-A) / A) *100$	0.60

CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


 Lenny Hamilton
 TÉCNICO DE LABORATORIO


 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 ESCUELA DE ING. CIVIL
 CHIMBOTE PERU
 fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 57: Ensayo de índice de plasticidad


 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

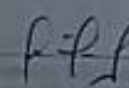
LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO


SOLICITANTE : Saavedra Cortez Roger- Ypanaque Gómez Roy
TESIS : "Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el Método Marshall- 2018"
MUESTRA : AGREGADOS (cantera san pedrito)
ENSAYO(S) : ÍNDICE DE PLASTICIDAD.

LIMITE LIQUIDO				
CODIGO DE MUESTRA	# 40	#200	#40	#200
Nº DE TARA		M-1		M-2
P. Tara + S. Húmedo		27.22		27.3
P. Tara +s. Seco		23.97		24.18
Agua	N.P	3.25	N.P	3.17
Peso de la tara		11.95		11.75
Suelo Seco		12.02		12.48
% de Humedad		27.04		25.44
Nº DE Golpes		24		13
LIMITE PLÁSTICO				
CODIGO DE MUESTRA	# 40	#200	#40	#200
Nº DE TARRO				
P. Tara + S. Húmedo				
P. Tara +s. Seco				
Agua	N.P	N.P	N.P	N.P
Peso de tara				
Suelo Seco				
% de Humedad				
Nº DE Golpes				
LIMITE LIQUIDO				
LIMITE PLASTICO				
INDICE PLASTICO	N.P	N.P	N.P	N.P

CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx. 4000


Mg. Erika Magaly Moso Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



 Erika Magaly Moso Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



fb/ucvperu
 @ucv_peru
 #salvadefante
 ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 58: Ensayo equivalente de arena




UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

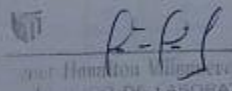
SOLICITANTE : Saavedra Cortez Roger- Ypanaque Gómez Roy
TESIS : "Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el Método Marshall- 2018".
MUESTRA : AGREGADOS (cantera san pedrito)
ENSAYO(S) : EQUIVALENTE DE ARENA

MUESTRA		ARENA		
Hora de entrada de saturación	(A)	9:00	9:15	9:30
Salida saturación(a+10)	2	9:10	9:25	9:40
hHora entrada a decantación	(B)	9:15	9:30	10:00
Salida decantación (b+20)	4	9:35	9:50	10:20
Lectura arcilla (pulg)	5	6.1	6.2	6.4
Lectura arena(pulg)	6	2.7	2.9	3.1
Equivalente arena (6/5*100) (%)	7	44.28%	46.78	48.44
Promedio equiv. Arena (%)		47%		


CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil




Mg. Hamilton Villegas Vázquez
 JEFE DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 59: Ensayo de Abrasión



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

SOLICITANTE : Saavedra Cortez Roger- Ypanaque Gómez Roy
TESIS : "Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el Método Marshall- 2018".
MUESTRA : AGREGADOS (cantera san pedrito)

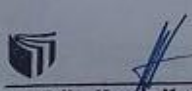
ENSAYO(S) : ABRACIÓN LOS ÁNGELES.

PASA	RET.	GRADO "A"(12)	GRADO "B"(11)	GRADO "C"(08)	GRADO "D"(06)	GRADO "1"(12)	GRADO "2"(12)	GRADO "3"(12)
3"	2 ½"					2500g		
2 ½"	2"					2500g		
2"	1 ½"					5000g	5000g	
1 ½"	1"	1250g					5000g	5000
1"	¾"	1250g						5000
¾"	½"	1250g	2500g					
½"	3/8"	1250g	2500g					
3/8"	Nº3			2500g				
Nº2	Nº4			2500g				
Nº4	Nº8				5000g			

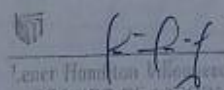
NOTA: los números entre paréntesis indican la cantidad de esferas

código de muestra	M.1			
Peso del agregado inicial	5000			
gradación	B			
Peso material ret. en la malla nº12	4255,1			
peso material pasa en malla nº12	744,9			
porcentaje de desgaste	15%			


CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil




Lenin Hamilton Villegas Velazquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 60: Ensayos de calidad del cemento asfáltico PEN 60/70




TDM ASFALTOS - LABORATORIO

INFORME DE ENSAYOS N° 022-2018

SOLICITANTE	SR. ROGER SAAVEDRA - SR. ROY YPANAQUE GOMEZ
PROYECTO	TESIS
PRODUCTO	ASFALTO
CODIGO DE MUESTRA	PATRON
PROCEDENCIA	---
FECHA DE MUESTREO	---
FECHA DE RECEPCION	16/10/2018

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	RESULTADO
VISCOSIDAD BROOKFIELD, 135°C, 20 RPM	D 4402	cP	392.5
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	80
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°C	48
PUNTO DE INFLAMACION	D 92	°C	275
RECUPERACION ELASTICA LINEAL, 25°C, 20 cm	D 6084	%	13
DUCTILIDAD, 25°C, 5 cm/min	D 113	cm	85

OBSERVACIONES: _____


 TDM ASFALTOS S.A.C.
 Oswaldo Gonzales


Fecha de emisión: Lurin, 19 de Octubre del 2018

Original: Cliente
 Copia 1: AREA TECNICA

TDM ASFALTOS S.A.C. Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Proderas de Lurin - Lurin. Teléfono 511-6169300 Fax: 511-6169313

Fuente: Laboratorio (TDM Asfaltos)

Figura 61: Certificado de calidad del C.A. modificado con 3% de polímeros PP




TDM ASFALTOS - LABORATORIO

INFORME DE ENSAYOS N° 023-2018

SOLICITANTE	SR. ROGER SAAVEDRA - SR. ROY YPANAQUE GOMEZ
PROYECTO	TESIS
PRODUCTO	ASFALTO
CODIGO DE MUESTRA	3% PP
PROCEDENCIA	---
FECHA DE MUESTREO	---
FECHA DE RECEPCION	16/10/2018

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	RESULTADO
VISCOSIDAD BROOKFIELD, 135°C, 20 RPM	D 4402	cP	912,5
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	48
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°C	50
PUNTO DE INFLAMACION	D 92	°C	278
RECUPERACION ELASTICA LINEAL, 25°C, 20 cm	D 6084	%	7,5
DUCTILIDAD, 25°C, 5 cm/min	D 113	cm	26

OBSERVACIONES: LA MUESTRA PRESENTO MATERIAL NO DISUELTO QUE FUE FILTRADO A PETICION DEL SOLICITANTE Y PREVIO A LA REALIZACION DE ENSAYOS.



TDM ASFALTOS S.A.C.
Oswaldo Gonzaless

Fecha de emisión: Lurin, 19 de Octubre del 2018


Original: Cliente
Copia 1: AREA TECNICA

TDM ASFALTOS S.A.C. Mz. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Telefono 511-6169300 Fax: 511-6169313

REG-III-TEC-139.V01

Fuente: Laboratorio (TDM Asfaltos)

Figura 62: Certificado de calidad del C.A. modificado con 5% de polímeros PP



TDM ASFALTOS - LABORATORIO

INFORME DE ENSAYOS N° 024-2018

SOLICITANTE	SR. ROGER SAAVEDRA - SR. ROY YPANAQUE GOMEZ
PROYECTO	TESIS
PRODUCTO	ASFALTO
CODIGO DE MUESTRA	5% PP
PROCEDENCIA	—
FECHA DE MUESTREO	—
FECHA DE RECEPCIÓN	16/10/2018

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	RESULTADO
VISCOSIDAD BROOKFIELD, 135°C, 20 RPM	D 4402	cP	1265
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	44
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°C	57
PUNTO DE INFLAMACION	D 92	°C	278
RECUPERACION ELASTICA LINEAL, 25°C, 20 cm	D 6084	%	8
DUCTILIDAD, 25°C, 5 cm/min	D 113	cm	19.5

OBSERVACIONES: LA MUESTRA PRESENTO MATERIAL NO DISUELTUO QUE FUE FILTRADO A PETICION DEL SOLICITANTE Y PREVIO A LA REALIZACION DE ENSAYOS.


 TDM ASFALTOS S.A.C.
 Oswaldo Gonzalez


Fecha de emisión: Lurin, 19 de Octubre del 2018

Original Cliente
Copia 1: AREA TECNICA

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

Fuente: Laboratorio (TDM Asfaltos)

Figura 63: Certificado de calidad del C.A. modificado con 8% de polímeros PP




TDM ASFALTOS - LABORATORIO

INFORME DE ENSAYOS N° 025-2018

SOLICITANTE	SR. ROGER SAAVEDRA - SR. ROY YPANAQUE GOMEZ
PROYECTO	TESIS
PRODUCTO	ASFALTO
CODIGO DE MUESTRA	8% PP
PROCEDENCIA	---
FECHA DE MUESTREO	---
FECHA DE RECEPCION	16/10/2018

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	RESULTADO
VISCOSIDAD BROOKFIELD, 135°C, 20 RPM	D 4402	cP	407,5
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	79
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°C	47,5
PUNTO DE INFLAMACION	D 92	°C	278
RECUPERACION ELASTICA LINEAL, 25°C, 20 cm	D 6084	%	10
DUCTILIDAD, 25°C, 5 cm/min	D 113	cm	65,5

OBSERVACIONES: LA MUESTRA PRESENTO MATERIAL NO DISUELTO QUE FUE FILTRADO A PETICION DEL SOLICITANTE Y PREVIO A LA REALIZACION DE ENSAYOS.



TDM ASFALTOS S.A.C.
Oswaldo Gonzales


Fecha de emisión: Lurin, 19 de Octubre del 2018

Original: Cliente
Copia 1: AREA TECNICA

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

Fuente: Laboratorio (TDM Asfaltos)

Figura 64: Ensayo Peso específico teórico máximo (Convencional)

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**


LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

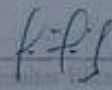
SOLICITANTE : Saavedra Cortez Roger- Ypanaque Gómez Roy
TESIS : "Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del Concreto asfáltico por el Método Marshall- 2018".
MUESTRA : AGREGADOS (cantera san pedrito)
ENSAYO(S) : PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO "RICE".


CONCRETO ASFÁLTICO CONVENCIONAL

DESCRIPCION	4.5%	5%	5.5%
1 PESO MUESTRA SUELTA (EN AIRE).	831	870.5	846.3
2 PESO FRASCO + AGUA (25°C) gr.	1677.9	1677.9	1677.9
3 PESO FRASCO + AGUA (25°C) + PESO MUESTRA SUELTA gr.	2508.9	2548.4	2524.2
4 PESO FRASCO + AGUA (25°C) + PESO MUESTRA SUELTA DESPUES DE ENSAYO gr.	2188.1	2209.6	2192.2
5 VOLUMEN (3-4) c.c.	320.8	338.8	332
6 GRAVEDAD ESPÉCIFICA (RICE) (1/5) gr/c.c.	2.590	2.569	2.549

CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

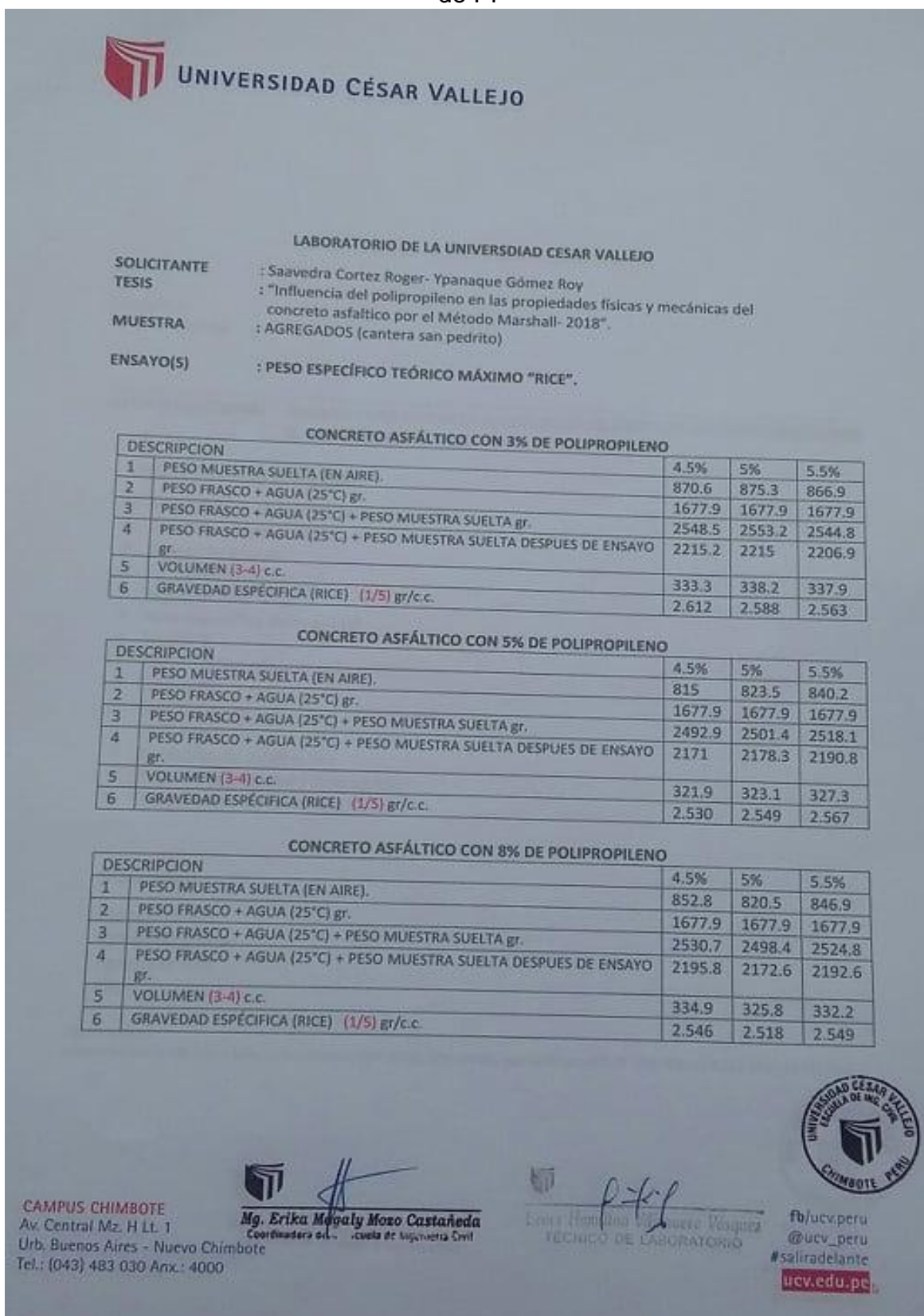

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de L. Escuela de Ingeniería Civil


 Juan Francisco Viquez
 Encargado de LABORATORIO


 fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe


Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 65: Ensayo Peso específico teórico máximo Modificado con 3%, 5% Y 8% de PP



Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 66: Reporte de resultados del ensayo Marshall (Convencional)

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

SOLICITANTE : Saavedra Cortez Roger- Ypanaque Gómez Roy
TESIS : "Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el Método Marshall- 2018".
MUESTRA : AGREGADOS Y ASFALTO
IDENTIFICACION : Concreto asfáltico convencional.

ASTM D 6927(2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL METODO MARSHALL.


Características de la Mezcla:

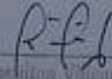
▪ N° de golpes de compactación por cara	:	75		
▪ Cemento asfáltico %	:	4.5	5	5.5
▪ Agregado grueso	:	38	37.7	37.5
▪ Agregado fino	:	52.5	52.3	52
▪ Material filler	:	5	5	5
▪ Peso específico bulk, g/cm ³	:	2.30	2.39	2.45
▪ Vacíos %	:	5.56	7.13	4.04
▪ Vacíos llenos con cemento asfáltico	:	65.72	61.91	76.36
▪ V.M.A. %	:	16.21	18.70	17.09
▪ Estabilidad kg	:	789.19	472.75	437.63
▪ Flujo mm.	:	3.27	2.97	3.63
▪ Absorción de asfalto. %	:	0.15	0.16	0.17
▪ Relación estabilidad / flujo kg/cm	:	2425.87	1598.26	1206.33
▪ Temperatura de la mezcla °C	:		120-160	


Materiales:

Tipo de asfalto : PEN 60-70
 Agregado grueso : Piedra chancada – Cantera (san pedrito)
 Agregado fino : Arena chancada – cantera (san pedrito)
 Filler : piedra (#200).

Observaciones:
 Manual de ensayo de Materiales para carreteras (EM-2016), 2da edición, aprobado con R.D. N° 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

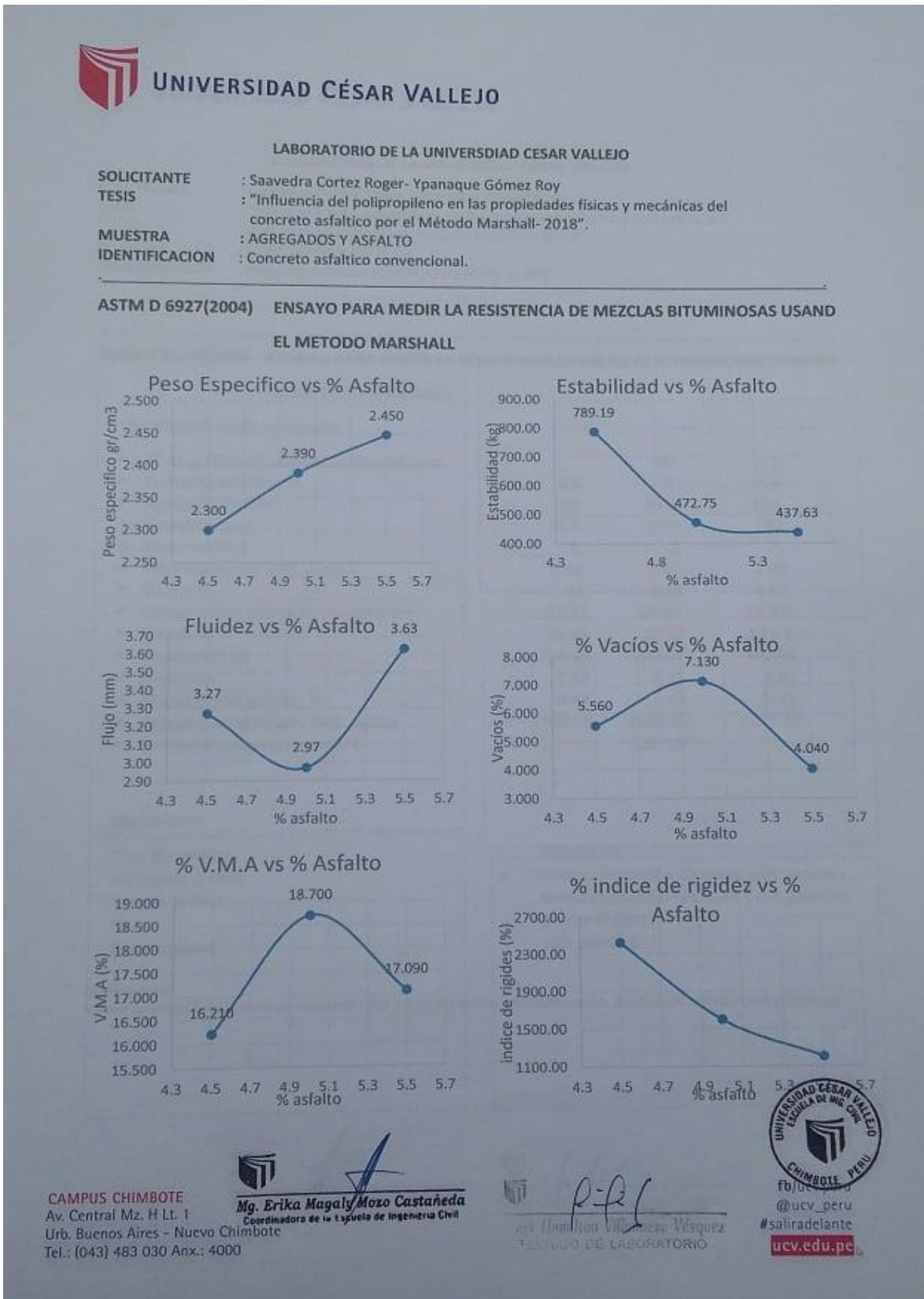

Ing. Ramón Villalón Viquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO


 fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #salradelante
 ucv.edu.pe

CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 67: Gráficos de resultados de la mezcla asfáltica convencional



Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 68: Reporte de resultados del ensayo Marshall modificado con 3% de PP.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

SOLICITANTE : Saavedra Cortez Roger- Ypanaque Gómez Roy
TESIS : "Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el Método Marshall- 2018".
MUESTRA : AGREGADOS Y ASFALTO
IDENTIFICACION : concreto asfáltico modificado con 3% de PP5.

ASTM D 6927(2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL METODO MARSHALL.

Características de la Mezcla:

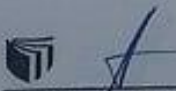
▪ N° de golpes de compactación por cara	:		75	
▪ Cemento asfáltico %	:	4.5	5	5.5
▪ Agregado grueso	:	38	37.7	37.5
▪ Agregado fino	:	52.5	52.3	52
▪ Material filler	:	5	5	5
▪ Peso específico bulk, g/cm ³	:	2.42	2.43	2.44
▪ Vacíos %	:	7.22	6.13	4.62
▪ Vacíos llenos con cemento asfáltico	:	57.51	64.44	73.03
▪ V.M.A. %	:	16.99	17.22	17.14
▪ Estabilidad kg	:	719.40	780.07	769.88
▪ Flujo mm.	:	3.13	3.13	3.40
▪ Absorción de asfalto. %	:	0.42	0.38	0.31
▪ Relación estabilidad / flujo kg/cm	:	2300.08	2525.25	2275.27
▪ Temperatura de la mezcla °C	:		120-160	

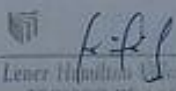
Materiales:


Tipo de asfalto : PEN 60-70
 Agregado grueso : Piedra chancada – Cantera (san pedrito)
 Agregado fino : Arena chancada – cantera (san pedrito)
 Filler : piedra (#200).
 Polipropileno : silla plástica.

Observaciones:
 Manual de ensayo de Materiales para carreteras (EM-2016), 2da edición, aprobado con R.D. N° 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001.

CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

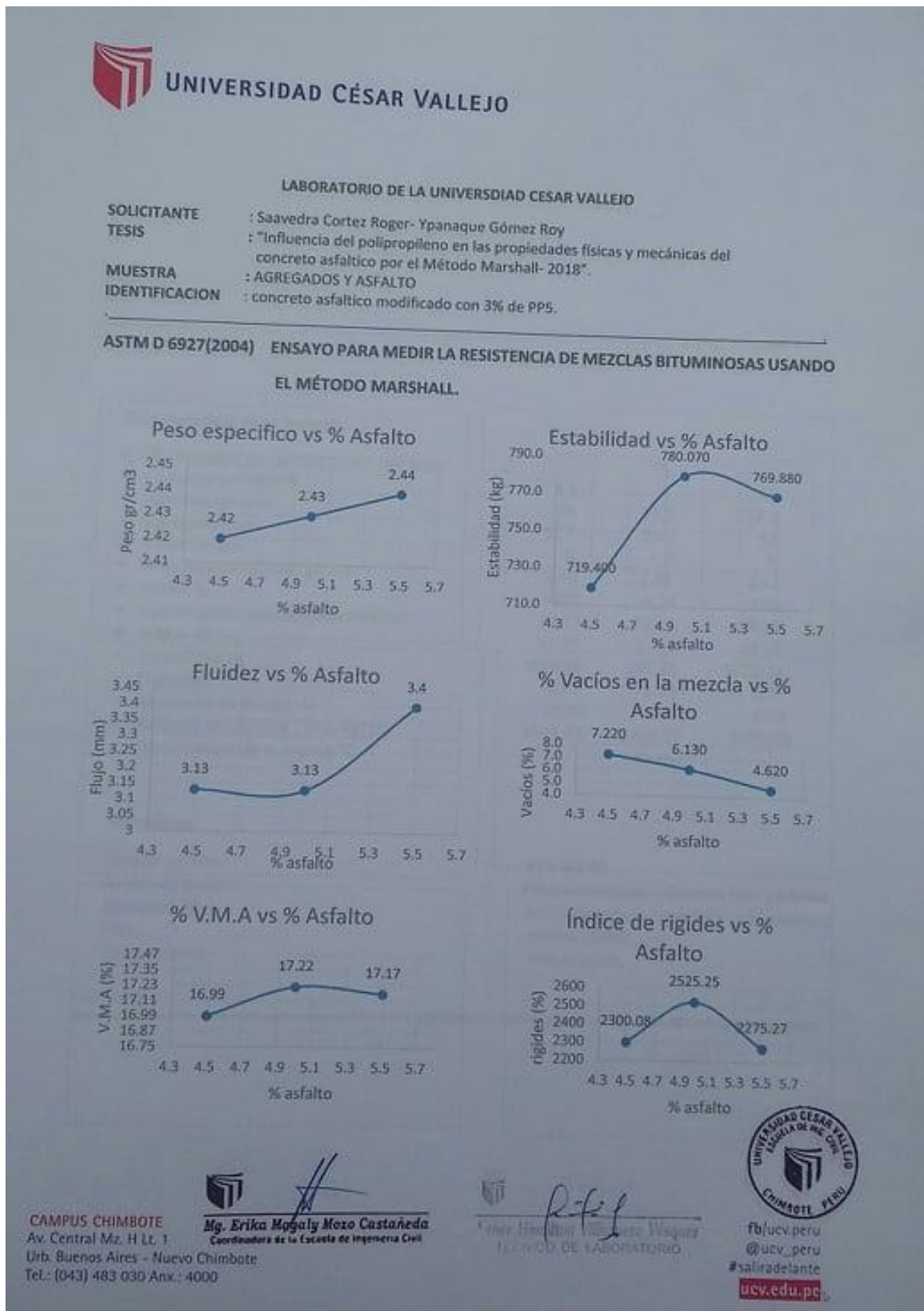

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Higinio Quispe Viquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO


 fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe


Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 69: Gráficos de resultado de la mezcla asfáltica modificada con 3% de PP



Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 70: Reporte de resultados del ensayo Marshall modificado con 5% de PP.

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

SOLICITANTE : Saavedra Cortez Roger- Ypanique Gómez Roy
TESIS : "Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el Método Marshall- 2018".
MUESTRA : AGREGADOS Y ASFALTO
IDENTIFICACION : concreto asfáltico modificado con 5% de PPS.

ASTM D 6927(2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHALL.

Características de la Mezcla:

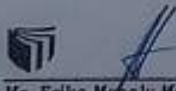
▪ N° de golpes de compactación por cara	:	75		
▪ Cemento asfáltico %	:	4.5	5	5.5
▪ Agregado grueso	:	38	37.7	37.5
▪ Agregado fino	:	52.5	52.3	52
▪ Material filler	:	5	5	5
▪ Peso específico bulk, g/cm ³	:	2.40	2.43	2.52
▪ Vacíos %	:	5.00	4.73	1.86
▪ Vacíos llenos con cemento asfáltico	:	71.73	73.29	87.13
▪ V.M.A. %	:	17.67	17.69	14.16
▪ Estabilidad kg	:	1066.90	501.28	1292.71
▪ Flujo mm.	:	2.97	3.13	3.27
▪ Absorción de asfalto. %	:	-0.90	0.08	0.04
▪ Relación estabilidad / flujo kg/cm	:	3601.78	1604.15	3973.00
▪ Temperatura de la mezcla °C	:		120-160	


Materiales:


Tipo de asfalto : PEN 60-70
 Agregado grueso : Piedra chancada – Cantera (san pedrito)
 Agregado fino : Arena chancada – cantera (san pedrito)
 Filler : piedra (#200).
 Polipropileno : silla plástica.

Observaciones:
 Manual de ensayo de Materiales para carreteras (EM-2016), 2da edición, aprobado con R.D. N° 028-2001-MTC/15-17 del 16/01/2001

CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H LL 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

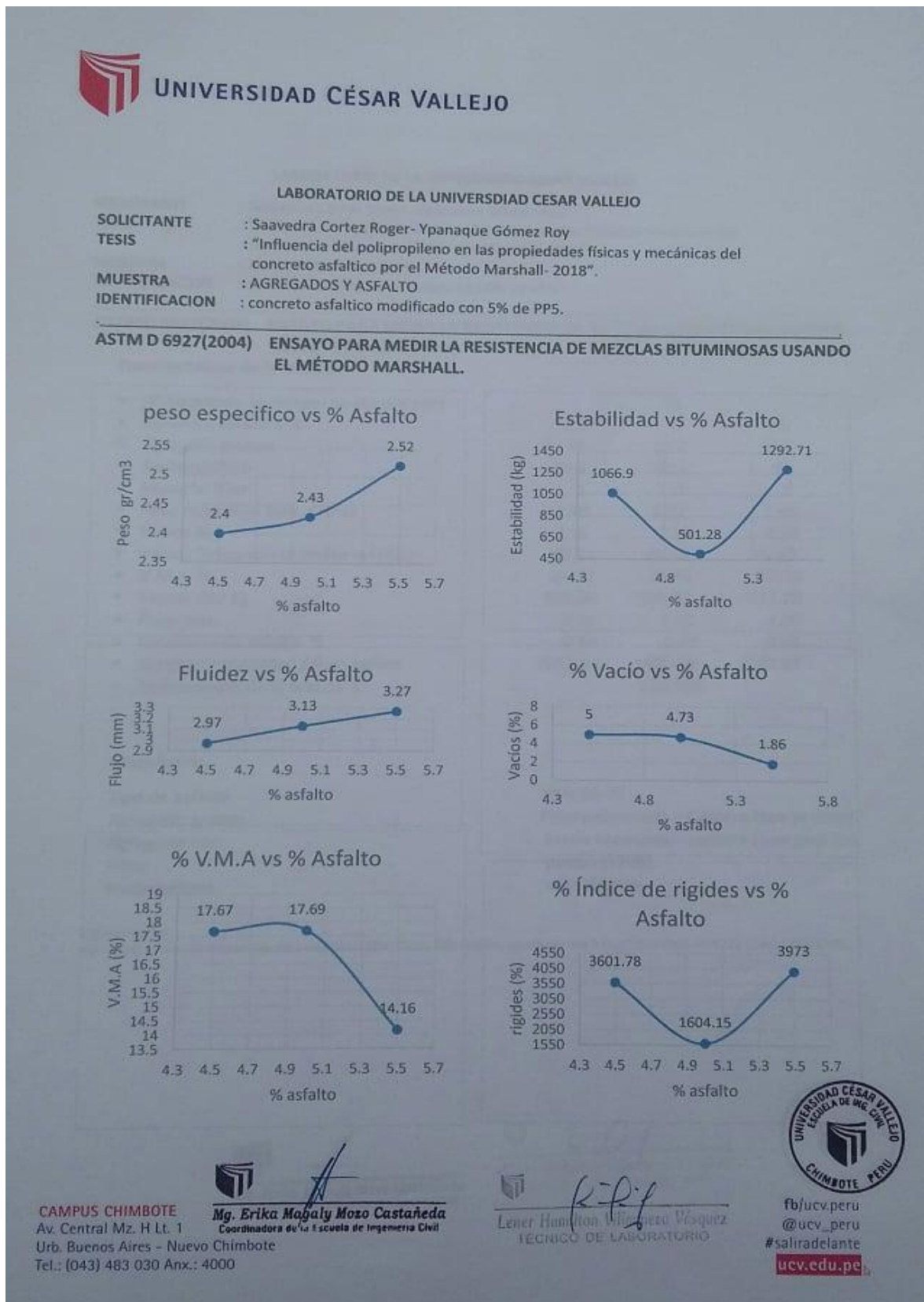

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Facultad de Ingeniería Civil


 Leivy Hernández
 TÉCNICO DE LABORATORIO


 fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe


Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 71: Gráficos de resultado de la mezcla asfáltica modificada con 5% de PP



Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 72: Reporte de resultados del ensayo Marshall modificado con 8% de PP.

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

SOLICITANTE : Saavedra Cortez Roger- Ypanaque Gómez Roy
TESIS : "Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el Método Marshall- 2018".
MUESTRA : AGREGADOS Y ASFALTO
IDENTIFICACION : concreto asfáltico modificado con 8% de PP5.

ASTM D 6927(2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHALL.


Características de la Mezcla:

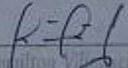
▪ N° de golpes de compactación por cara	:		75	
▪ Cemento asfáltico %	:	4.5	5	5.5
▪ Agregado grueso	:	38	37.7	37.5
▪ Agregado fino	:	52.5	52.3	52
▪ Material filler	:	5	5	5
▪ Peso específico bulk, g/cm ³	:	2.49	2.47	2.45
▪ Vacíos %	:	2.15	1.88	3.93
▪ Vacíos llenos con cemento asfáltico	:	85.34	88.14	76.89
▪ V.M.A. %	:	14.67	15.81	17.00
▪ Estabilidad kg	:	893.60	599.57	619.28
▪ Flujo mm.	:	2.93	3.20	2.90
▪ Absorción de asfalto. %	:	-0.64	-0.77	0.08
▪ Relación estabilidad / flujo kg/cm	:	3052.34	1880.40	2162.67
▪ Temperatura de la mezcla °C	:		120-160	


Materiales:

Tipo de asfalto : PEN 60-70
 Agregado grueso : Piedra chancada – Cantera (san pedrito)
 Agregado fino : Arena chancada – cantera (san pedrito)
 Filler : piedra (#200).
 Polipropileno : silla plástica.

Observaciones:
 Manual de ensayo de Materiales para carreteras (EM-2016), 2da edición, aprobado con R.D. N° 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

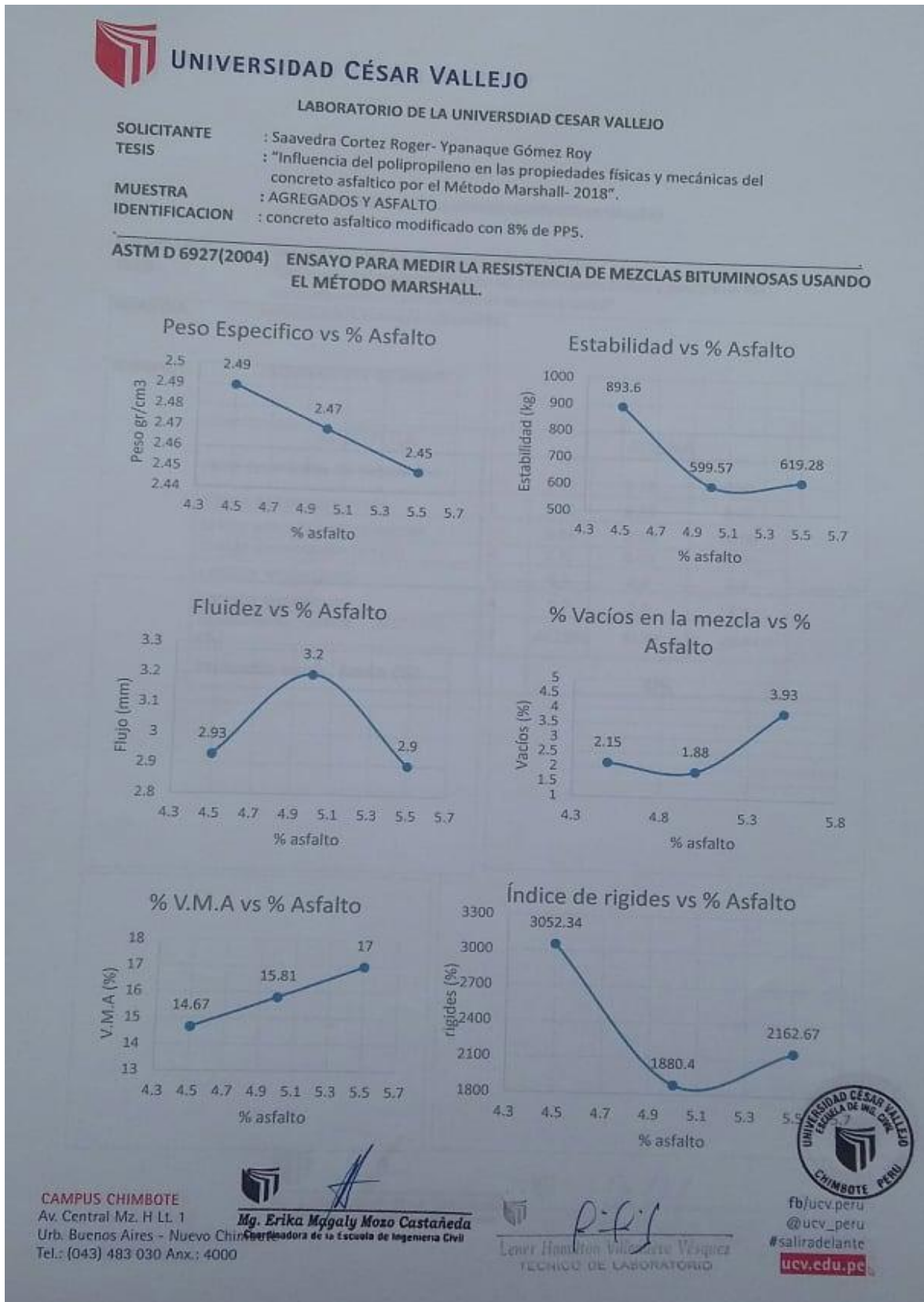

Javier Hamilton Vela Viquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO


 Fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #salitadelante
 ucv.edu.pe

CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires – Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 73: Gráficos de resultado de la mezcla asfáltica modificada con 8% de PP



Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)


Figura 74: Reporte de resultado del ensayo a la tracción del polipropileno

SAAVEDRA - YPANAQUE

POLIPROPILENO

25.09.2018 // 19:01:31

s [mm]	F [KN]	EPS [%]	SIGMA [N/mm ²]
07:00:00.0	0.201	0.043	3.347
07:00:00.1	0.402	0.379	6.707
07:00:00.3	0.571	1.051	9.523
07:00:00.5	0.570	1.720	9.505
07:00:00.7	0.586	2.397	9.773
07:00:00.9	0.620	3.084	10.335
07:00:01.1	0.617	3.755	10.292
07:00:01.3	0.617	4.430	10.279
07:00:01.5	0.621	5.101	10.354
07:00:01.7	0.624	5.778	10.404
07:00:01.9	0.637	6.447	10.616
07:00:02.1	0.664	7.119	11.060
07:00:02.3	0.689	7.793	11.484
07:00:02.5	0.719	8.470	11.990
07:00:02.7	0.744	9.150	12.402
07:00:02.9	0.769	9.821	12.821
07:00:03.1	0.797	10.490	13.289
07:00:03.3	0.847	11.162	14.120
07:00:03.5	0.882	11.844	14.700
07:00:03.7	0.918	12.523	15.294
07:00:03.9	0.972	13.213	16.193
07:00:04.1	0.995	13.885	16.586
07:00:04.3	1.048	14.564	17.461
07:00:04.5	1.105	15.243	18.416
07:00:04.7	1.169	15.920	19.490
07:00:04.9	1.218	16.589	20.302
07:00:05.1	1.278	17.276	21.301
07:00:05.3	1.345	17.948	22.413
07:00:05.5	1.367	18.625	22.787
07:00:05.7	1.450	19.294	24.174
07:00:05.9	1.515	19.966	25.248
07:00:06.1	1.612	20.643	26.872
07:00:06.3	1.677	21.314	27.952
07:00:06.5	1.750	21.994	29.170
07:00:06.8	1.808	22.668	30.138
07:00:07.0	1.871	23.342	31.181
07:00:07.2	1.950	24.024	32.492
07:00:07.4	1.980	24.698	33.004
07:00:07.6	2.013	25.375	33.554
07:00:07.8	2.045	26.049	34.091
07:00:08.0	2.082	26.718	34.703
07:00:08.2	2.074	27.395	34.559
07:00:08.4	2.059	28.070	34.309
07:00:08.6	2.023	28.759	33.710
07:00:08.8	1.852	29.433	30.868

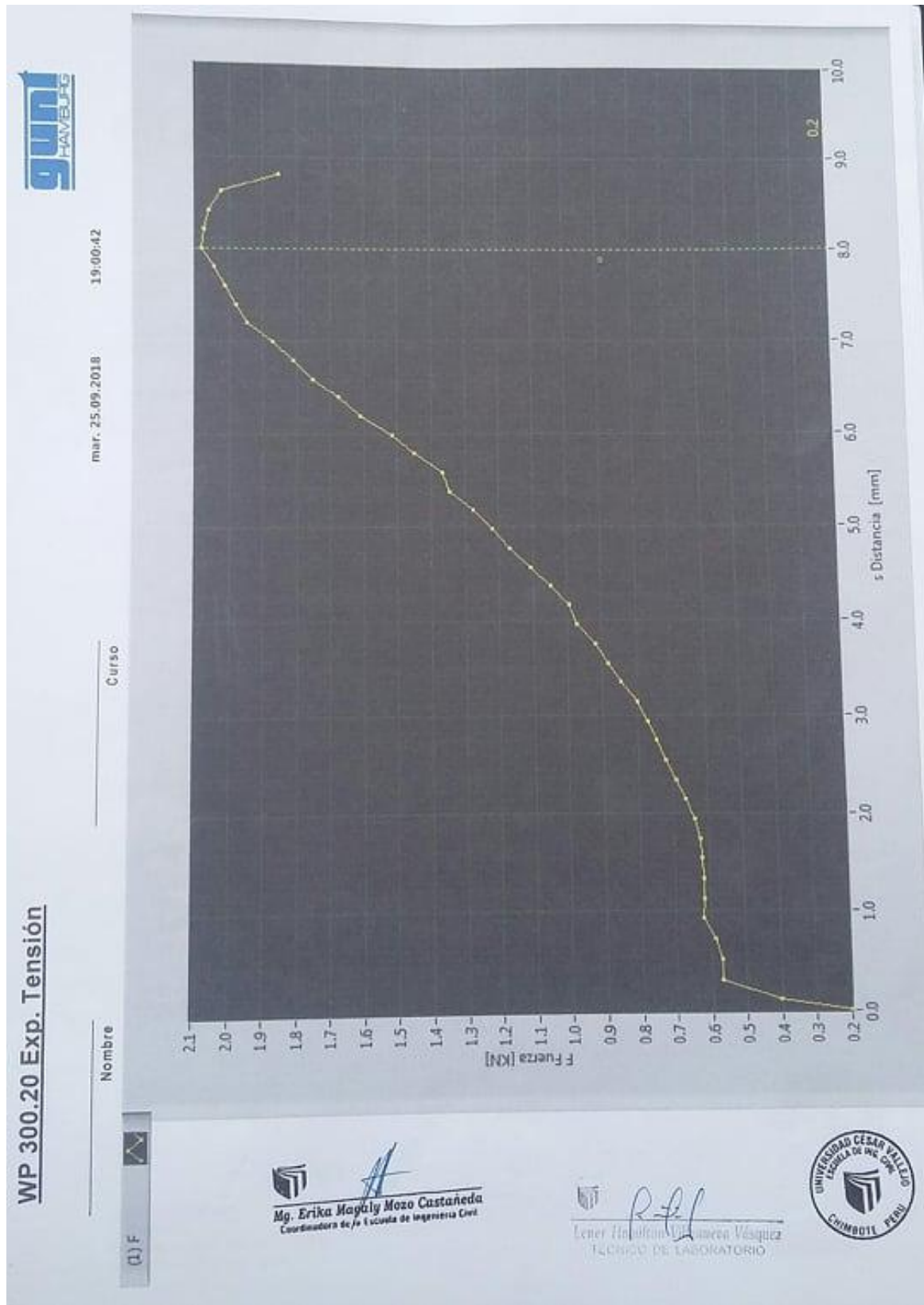


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Mg. Ramón Víctor Vasquez
JEFE DE LABORATORIO

Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 75: Curva del ensayo a la tracción del polipropileno



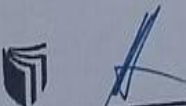
Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

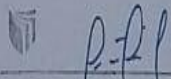
Figura 76: Reporte de resultado del ensayo a la compresión del polipropileno


gunt
HAMBURG

WP300.20 Reporte de Prueba

Tipo de Experimento	Exp. Compresión según
Probeta	PP 5
Designación de la Prueba	E50.0 x 5.0 x 50.0 DIN 50145
Temp. de Prueba	20 °C
Tipo de Medida del Cambio de Longitud	Entre las Placas de Compresión
Lubricación de Placas Intermedias	
Resistencia a la Presión	0.0 N/mm ²
Deformación en Rotura	0.0 %
Secuencia de Mediciones	SAAVEDRA CORTEZ - YPANAQUE GOMEZ
Fecha de Prueba	06/10/2018 / 01:33 p.m.
Responsable	
Firma	


Ing. Erika Maaly Mozo Castañeda
Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Vidaneco Vósquez
TECNICO DE LABORATORIO



Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)


Figura 77: Reporte de resultado del ensayo a la compresión del polipropileno

SAAVEDRA CORTEZ -
YRANIQUE COMEZ


PP 5

06.10.2018 // 13:34:21


s [mm]	F [KN]	EPS [%]	SIGMA [N/mm ²]
07:00:00.0	0.202	0.177	0.809
07:00:00.1	0.408	0.330	1.631
07:00:00.3	0.615	0.646	2.459
07:00:00.4	0.817	0.846	3.267
07:00:00.5	1.058	1.067	4.231
07:00:00.6	1.268	1.276	5.070
07:00:00.7	1.497	1.498	5.986
07:00:00.8	1.732	1.708	6.927
07:00:00.9	1.999	1.913	7.996
07:00:01.0	2.381	2.124	9.525
07:00:01.1	2.749	2.327	10.995
07:00:01.2	3.130	2.549	12.521
07:00:01.3	3.393	2.746	13.571
07:00:01.4	3.608	2.971	14.432
07:00:01.5	3.840	3.157	15.359
07:00:01.7	3.771	3.559	15.085
07:00:01.9	3.564	3.850	14.258
07:00:02.1	3.354	4.210	13.415
07:00:02.1	3.154	4.342	12.615
07:00:02.3	2.879	4.652	11.516



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

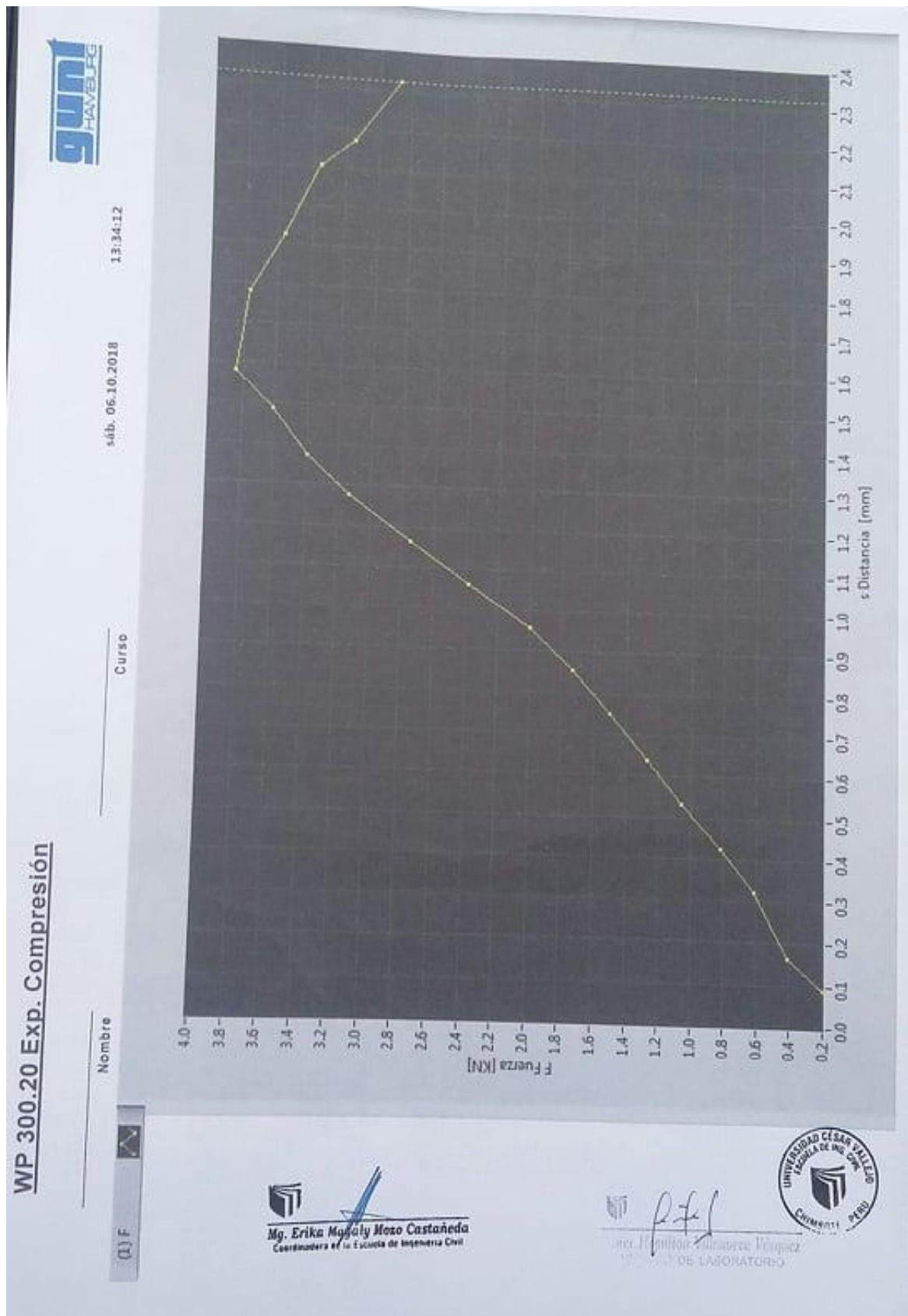


Genier Hamilton
TÉCNICO DE LABORATORIO



Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 78: Curva del ensayo a la compresión del polipropileno




Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

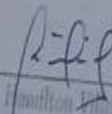
Figura 79: Reporte de resultado del ensayo a la flexión del polipropileno

guni
HAMBURG

WP300.20 Reporte de Prueba

Tipo de Experimento	Exp. Flexión
Probeta	Definir
Designación de la Prueba	B= 17.0 mm / H= 10.0 mm /
Temp. de Prueba	20 °C
Fza. Max. de Prueba	1.09 kN
Claro de Apoyo	L= 100 mm
Tolerancia a la Flexión	0.000 mm/kN
Módulo de Elasticidad	E= 0 N/mm ²
Secuencia de Mediciones	SAAVEDRA CORTEZ - YPANAQUE GOMEZ
Fecha de Prueba	06/10/2018 / 01:04 p.m.
Responsable	
Firma	

 
Mg. Erika Magaly Moso Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

 
Lener Hamilton Echevarría Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO


UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
ESCUELA DE ING. CIVIL
CHIMOTE PERU

Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)


Figura 80: Reporte de resultado del ensayo a la flexión del polipropileno


SARREDAY CORTEZ
LABORATORIO


PP 1

06.30.2018 // 11:00pm

L	F
[mm]	[KN]
07.0000.2	0.817
07.0000.4	0.820
07.0000.6	0.805
07.0000.8	0.804
07.0001.0	0.814
07.0001.2	0.814
07.0001.4	0.816
07.0001.6	0.815
07.0001.8	0.815
07.0002.0	0.811
07.0002.2	0.814
07.0002.4	0.817
07.0002.6	0.820
07.0002.8	0.815
07.0003.0	0.841
07.0003.2	0.845
07.0003.4	0.840
07.0003.6	0.815
07.0003.8	0.802
07.0004.0	0.806
07.0004.2	0.821
07.0004.4	0.825
07.0004.6	0.828
07.0004.8	0.827
07.0005.0	0.825
07.0005.2	0.825
07.0005.4	0.825
07.0005.6	0.825
07.0005.8	0.825
07.0006.0	0.825
07.0006.2	0.825
07.0006.4	0.825
07.0006.6	0.825
07.0006.8	0.825
07.0007.0	0.825
07.0007.2	0.842
07.0007.4	0.843
07.0007.6	0.842
07.0007.8	0.834
07.0008.0	0.834
07.0008.2	0.834
07.0008.4	0.838
07.0008.6	0.842
07.0008.8	0.842
07.0009.0	0.838
07.0009.2	0.841
07.0009.4	0.845
07.0009.6	0.845
07.0009.8	0.845
07.0010.0	0.845
07.0010.2	0.845
07.0010.4	0.845
07.0010.6	0.845
07.0010.8	0.845
07.0011.0	0.845
07.0011.2	0.845
07.0011.4	0.845
07.0011.6	0.845
07.0011.8	0.845
07.0012.0	0.845
07.0012.2	0.845
07.0012.4	0.845
07.0012.6	0.845
07.0012.8	0.845
07.0013.0	0.845
07.0013.2	0.845
07.0013.4	0.845
07.0013.6	0.845
07.0013.8	0.845
07.0014.0	0.845
07.0014.2	0.845
07.0014.4	0.845
07.0014.6	0.845
07.0014.8	0.845
07.0015.0	0.845
07.0015.2	0.845
07.0015.4	0.845
07.0015.6	0.845
07.0015.8	0.845
07.0016.0	0.845
07.0016.2	0.845
07.0016.4	0.845
07.0016.6	0.845
07.0016.8	0.845
07.0017.0	0.845
07.0017.2	0.845
07.0017.4	0.845

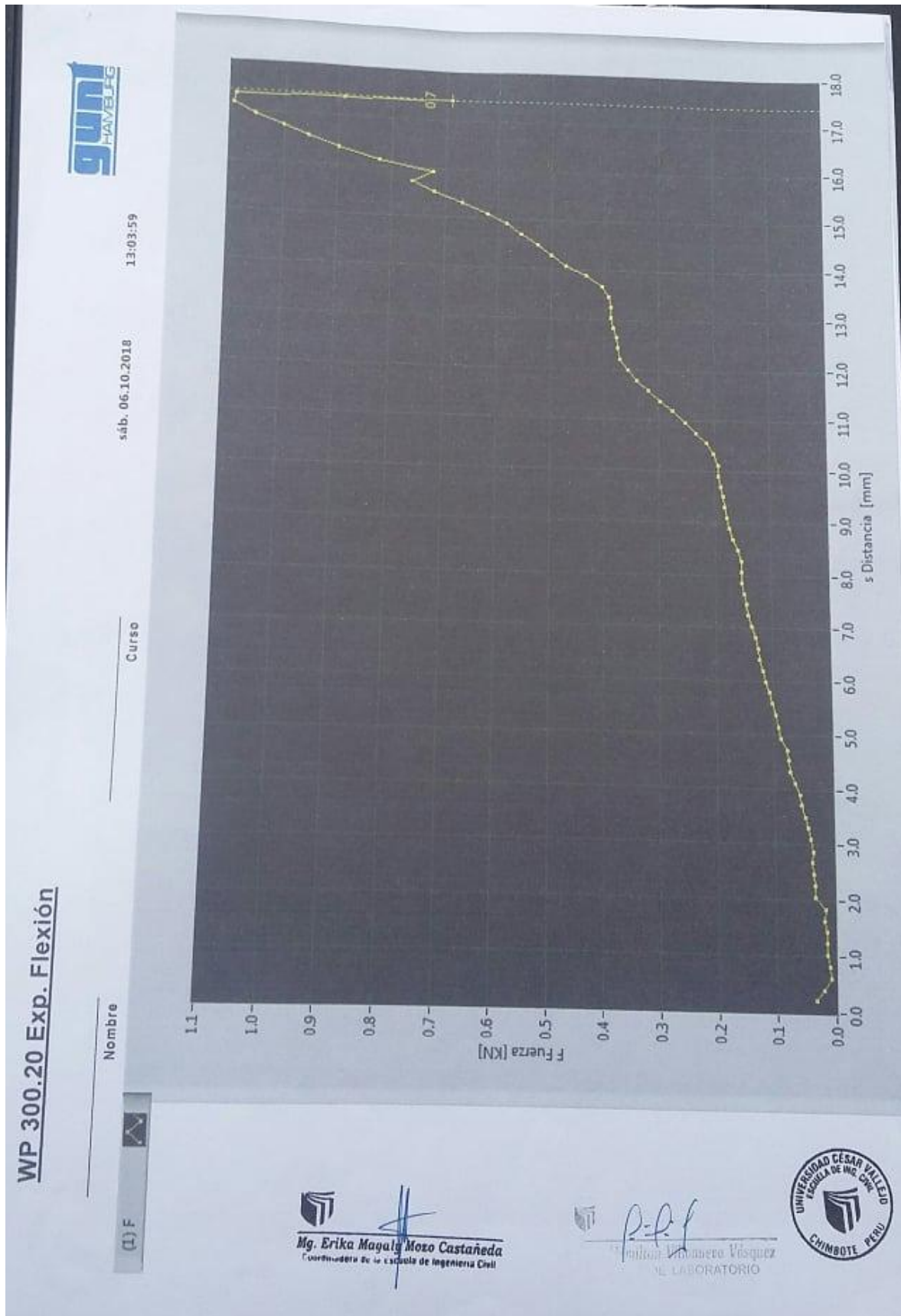

 Ms. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Laboratorio de Control de Calidad


 Erika Magaly Mozo Castañeda
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD


 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA
 CHIMBOTE - PERÚ

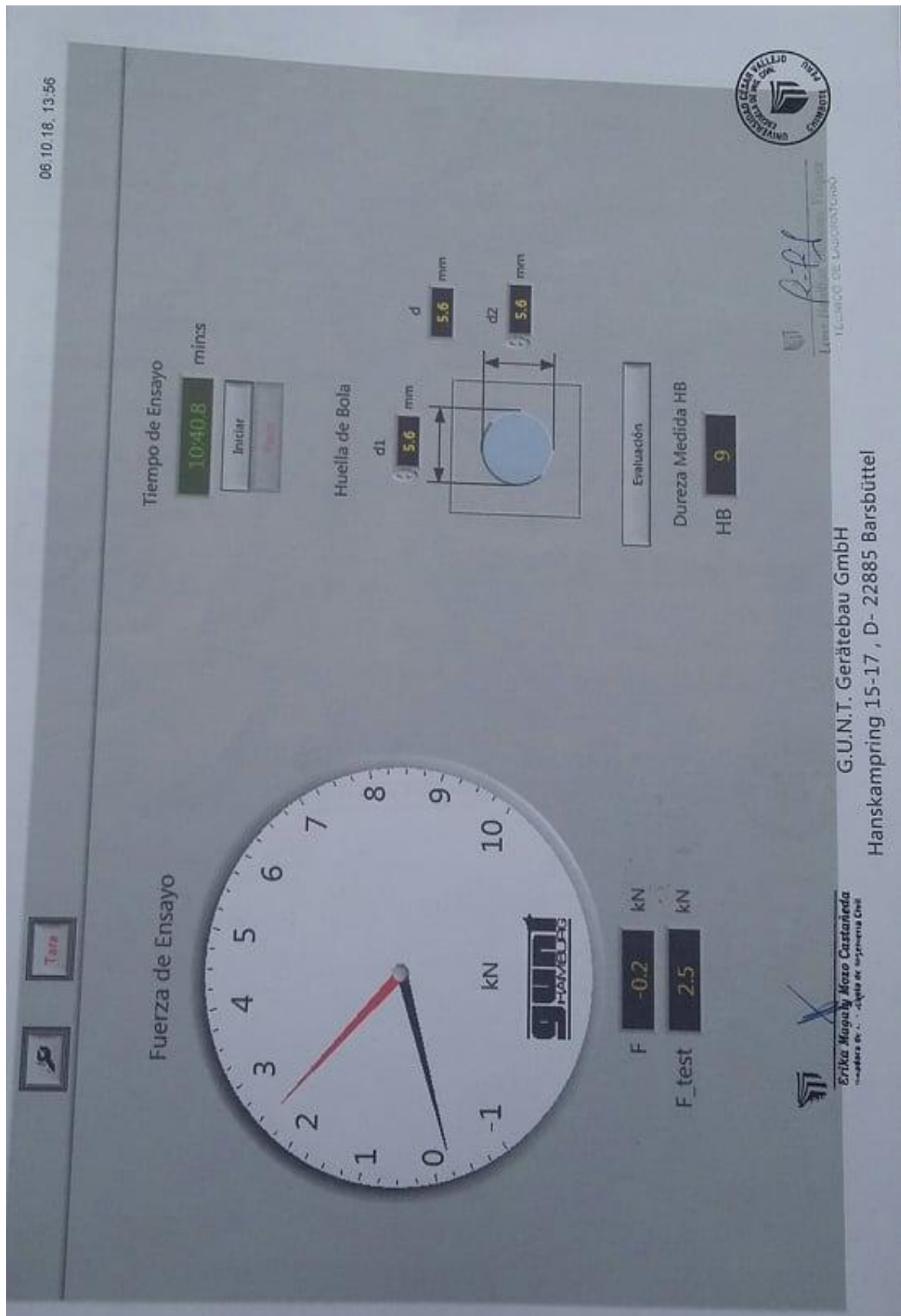
Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 81: Reporte de resultado del ensayo a la flexión del polipropileno



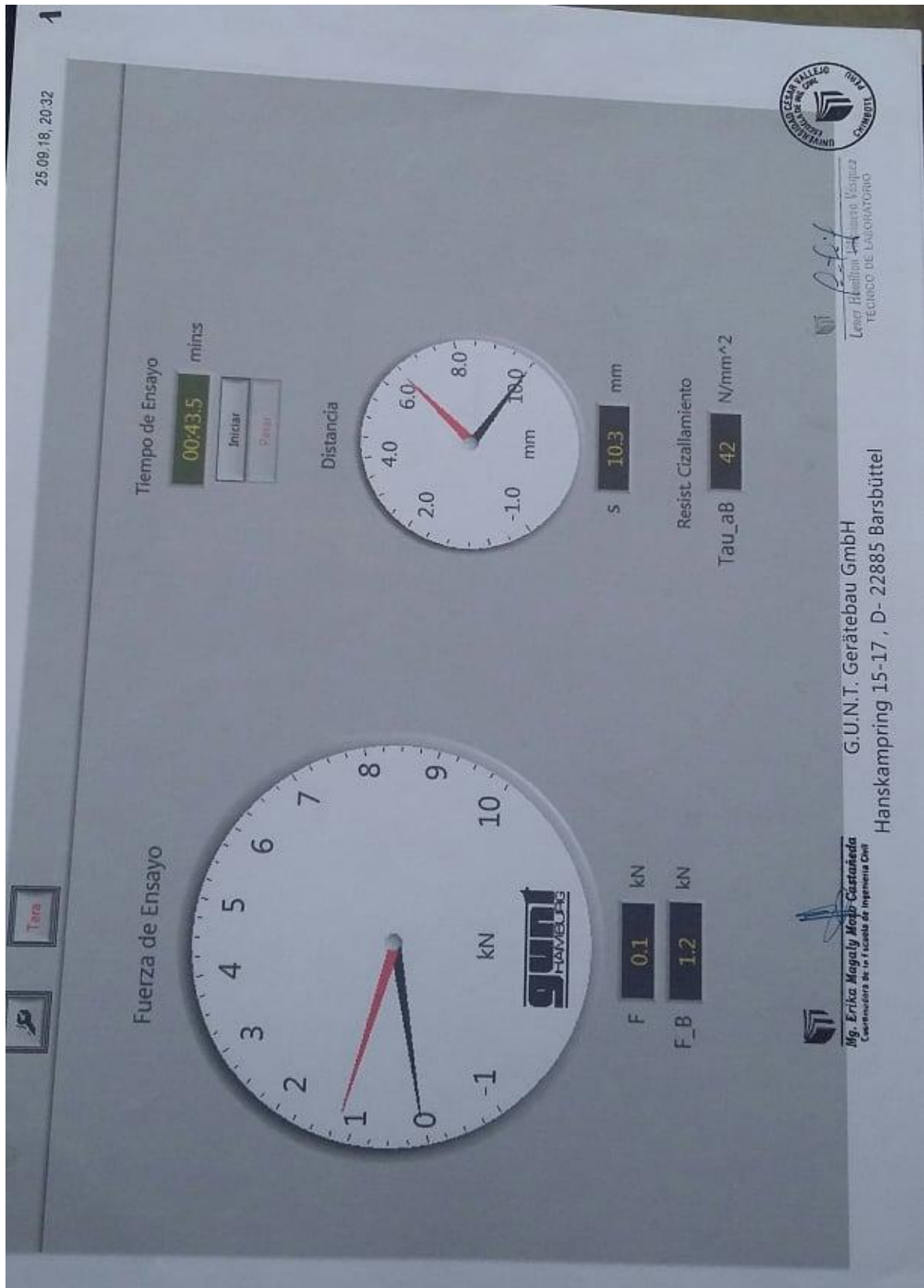
Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 82: Reporte de resultado del ensayo a la dureza del polipropileno (Brinell)



Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 83: Reporte 1 de resultado del ensayo al corte del polipropileno (cizallamiento).



Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

Figura 84: Reporte 2 de resultado del ensayo al corte del polipropileno (cizallamiento).



Fuente: Laboratorio (Universidad Cesar Vallejo)

ANEXO 6

PANEL

FOTOGRAFÍCO

TRITURACION DEL POLIPROPILENO



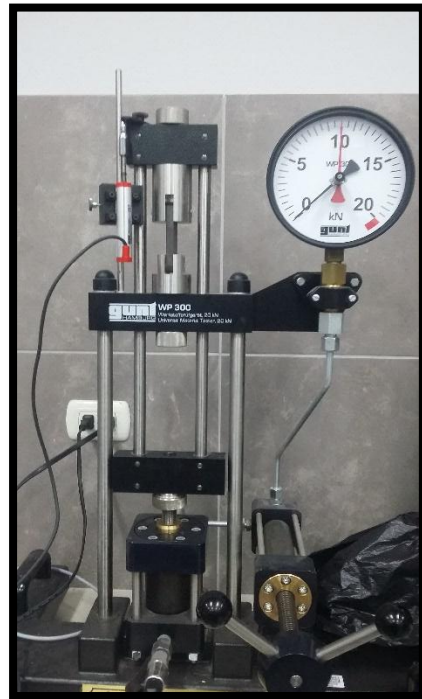
ENSAYO DE TRACCION



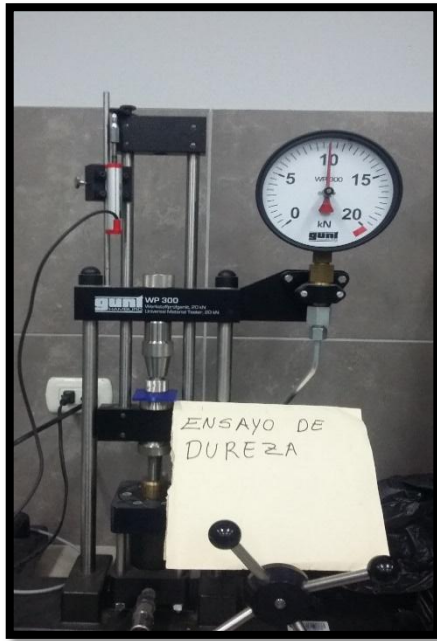
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION



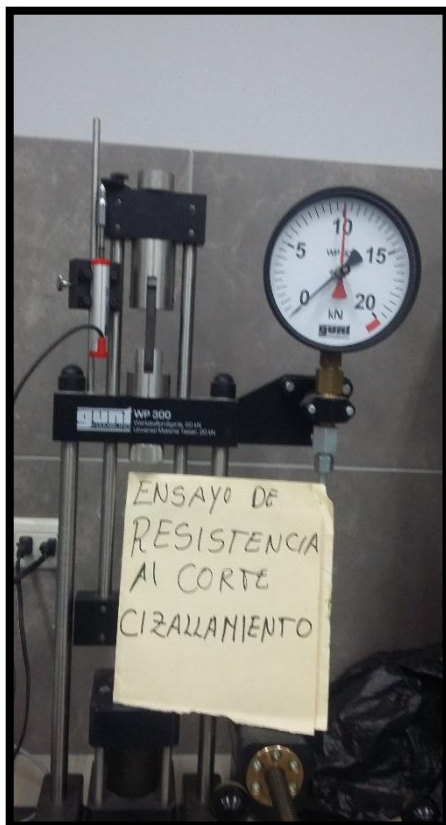
ENSAYO DE COMPRESION



ENSAYO DUREZA BRINELL



ENSAYO A LA CORTURA (METODO DEL CIZALLAMIENTO)



ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADOS

TAMIZADO DE LOS AGREGADOS
ANGELES



ENSAYO DE ABRASION LOS
ANGELES



LABORATORIOS DE ASFALTO TDM PARA ENSAYO DE CALIDAD DEL
ASFALTO



DISEÑO DE MEZCLA CONVENCIONAL (4.5% CA)

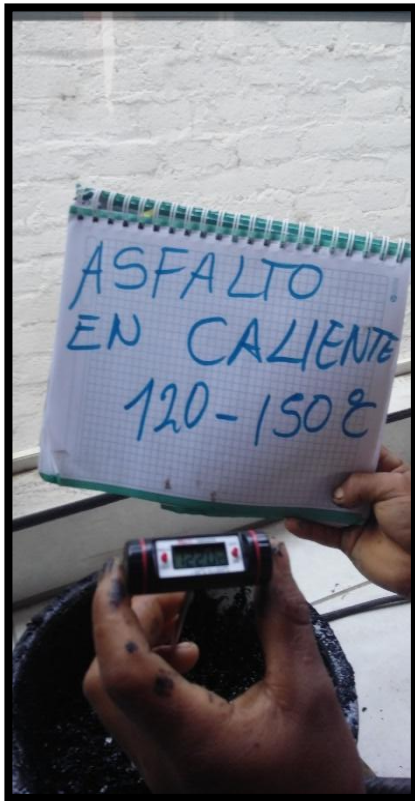
PESO ESPECIFICO DEL MATERIAL
120°)



COLLARIN AL HORNO (90° -



ASFALTO EN CALIENTE 120° - 150°C
VACEADO DE ASFALTO





DEL

ESPECIMEN



COMPACTACION DEL ESPECIMEN

ESPEC

PESO SURMERGIDO
ESPECIMEN

PESO EN SECO DEL



BAÑO DEL ESPECIMEN AL 60°C
MARSHAL

MUESTRA COLOCADA PARA EL ENSAYO



ESPECIMEN EN EL ENSAYO MARSHALL AL 4.5 % C.A



DISEÑO DE MEZCLA CONVENCIONAL (5% CA)

PESO ESPECIFICO DEL MATERIAL

COLLARIN AL HORNO (90° -120°)

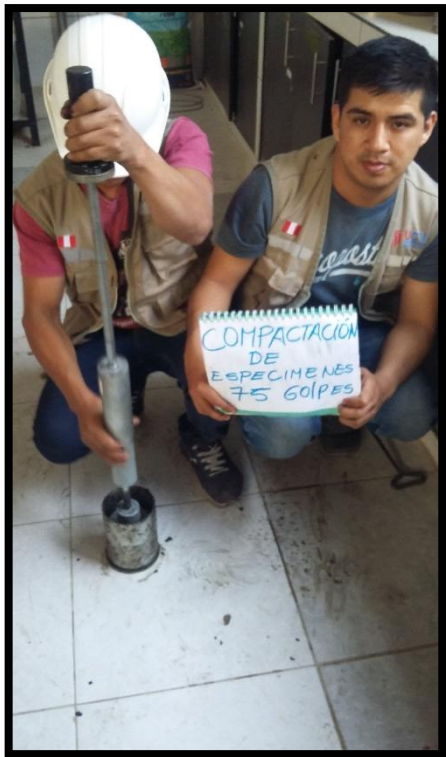


ASFALTO EN CALIENTE (120 – 150°c)

VACEADO DEL ASFALTO



COMPACTACION DEL ESPECIMEN



PESO EN SECO DEL ESPECIMEN

PESO SUMERGIDO DEL ESPECIMEN

BAÑO DEL



ESPECI
MEN
AL
60°C
MUEST
RA
COLOC
ADA
PARA
EL
ENSAY

O MARSHALL



ENSAYO MARSHALL DE LA MUESTRA PATRON (5 % C.A)



DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL (5.5% CA)

PESO ESPECIFICO DEL ESPECIMEN
(120°C)

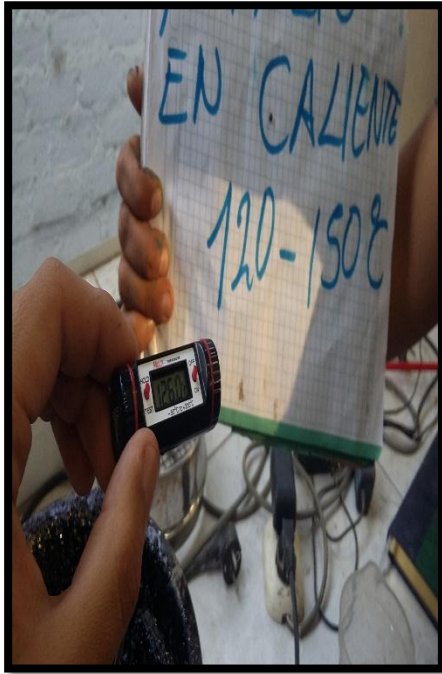
COLLARIN AL HORNO (90-



ASFALTO EN CALIENTE 120- 150°C



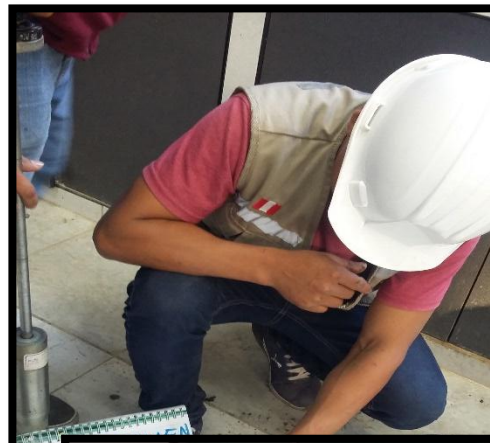
VACEADO DEL ASFALTO



COMPACTACION DEL ESPECIMEN



ESPECIMEN COMPACTADO



PESO SECO



EN DEL

ESPECIMEN

PESO SUMERGIDO DEL ESPECIMEN

BAÑO DEL ESPECIMEN A 60°C

ENSAYO MARSHALL DE LA MUESTRA 5.5 % CA



DISEÑO DE MEZCLA MODIFICADA CON EL 3% DE POLIPROPILENO

PESO ESPECIFICO DE LOS MATERIALES

COLLARIN AL HORNO 90 – 120°C



ASFALTO EN
CALIENTE
120 – 150 °C
COMPACTACION



DEL

ESPECIMEN



ESPECIMEN COMPACTADO
ESPECIMEN

PESO EN SECO DEL



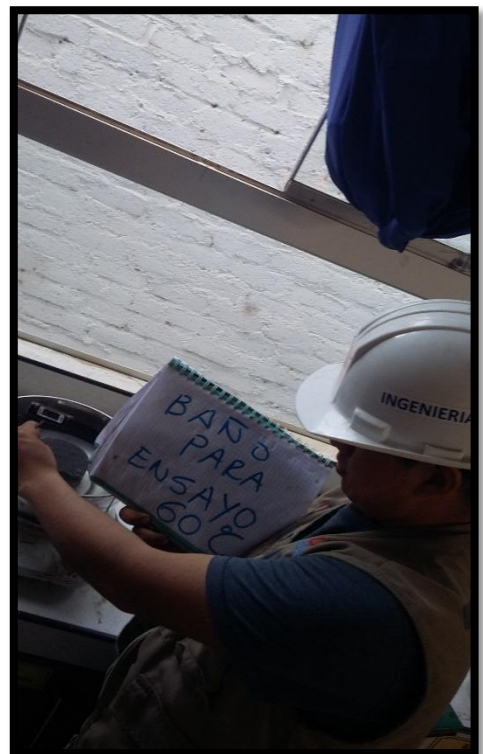
PESO SUMERGIDO DEL ESPECIMEN



BAÑO DEL ESPECIMEN AL 60°C

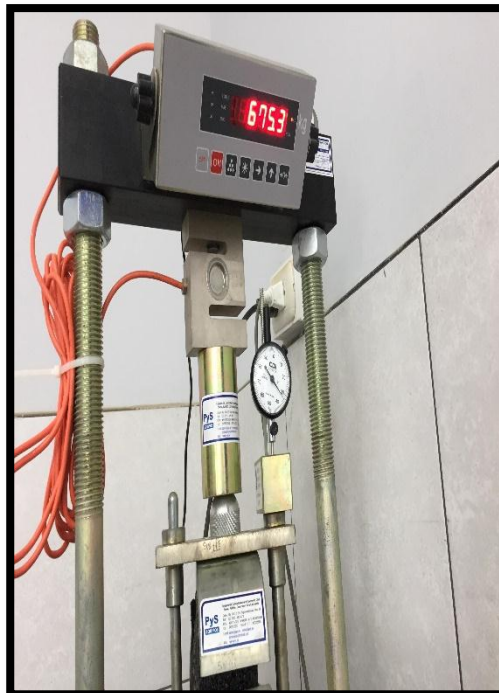


MUESTRA COLOCADA PARA EL ENSAYO MARSHALL





ENSAYO MARSHALL DE LA MUESTRA MODIFICADA CON EL 3% DE POLIPROPILENO



DISEÑO DE MEZCLA MODIFICADA CON EL 5% DE POLIPROPILENO

ASFALTO EN CALIENTE 120- 150°C

COLLARIN AL HORNO 90-120°C



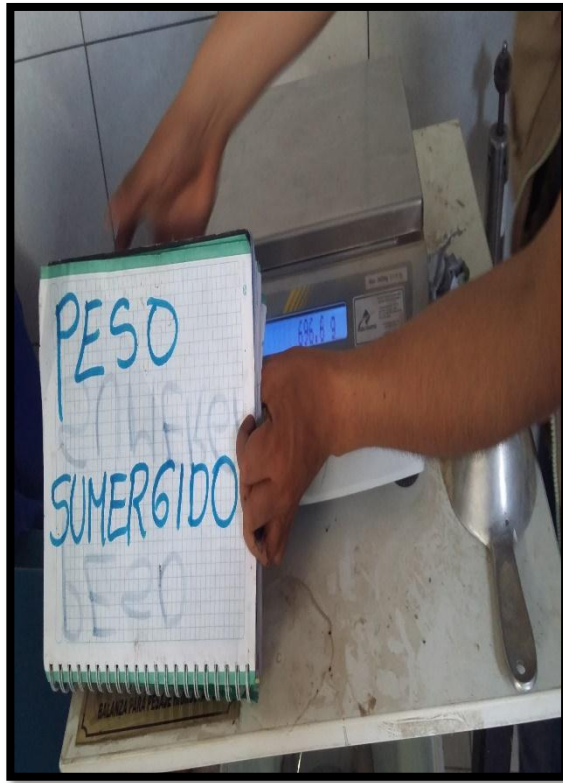
CO
MP
AC
TA
CI

ON DEL ESPECIMEN

PESO EN



PESO SUMERGIDO DEL ESPECIMEN



ENSAYO
MODIFICADO
POLIPROPILENO



MARSHALL
CON EL 5% DE

DISEÑO DE MEZCLA MODIFICADA CON EL 8% DE POLIPROPILENO
PESO ESPECIFICADO DE LOS MATERIALES

COLLARIN SALIDO DEL



HO
RN
O
90
-
120
°C



COMPACTACION DEL ESPECIMEN

ESPECIMEN COMPACTADO



ENSAYO MARSHALL DE LA MUESTRA MODIFICADA CON EL 8% DE POLIPROPILENO



ANEXO 7

NORMAS



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles



MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES



ENSAYO DE LA VISCOSIDAD MTC.



VISCOSIDAD DEL ASFALTO CON EL METODO DEL VISCOSIMETRO CAPILAR DE VACIO

MTC E 308 - 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 2171 y AASHTO T 202, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación

1. OBJETIVO

1.1 Contempla el procedimiento para determinar la viscosidad del asfalto (bitumen), con el viscosímetro capilar de vacío a 60 °C (140 °F). Se aplica a materiales que tengan viscosidades entre 0.036 y 200.000 poises.

2. RESUMEN DEL METODO

Se mide el tiempo necesario, para inducir por medio del vacío, un volumen fijo de líquido a través de un tubo capilar, bajo condiciones muy controladas de vacío y temperatura.

La viscosidad en poises se calcula multiplicando el tiempo de flujo, en segundos, por el factor de calibración del viscosímetro.

3. SIGNIFICADO Y USO

La viscosidad a 60 °C (140 °F) se caracteriza por el comportamiento del flujo y puede usarse para requerimientos específicos de asfaltos líquidos, semisólidos o sólidos.

4. DEFINICIONES

- Viscosidad. La relación entre el esfuerzo cortante aplicado y la velocidad de corte, (deformación por corte), se llama coeficiente de viscosidad. Este coeficiente es entonces una medida de la resistencia del líquido a fluir, y es llamada comúnmente la viscosidad del líquido.

En el sistema cgs, la unidad de viscosidad es 1 g/cm.s (1 dina.s/cm²) y es llamada un poise (P); en el Sistema Internacional (SI), la unidad de la viscosidad es 1 Pa.s (1 Ns/m²) y es equivalente a 10 poises.

- Líquido newtoniano. Es un líquido en el cual la velocidad de corte (deformación por corte) es proporcional al esfuerzo cortante. Si la relación no es constante, el líquido es no - newtoniano.



Figura 1. Viscosímetro de vacío capilar Cannon-Manning

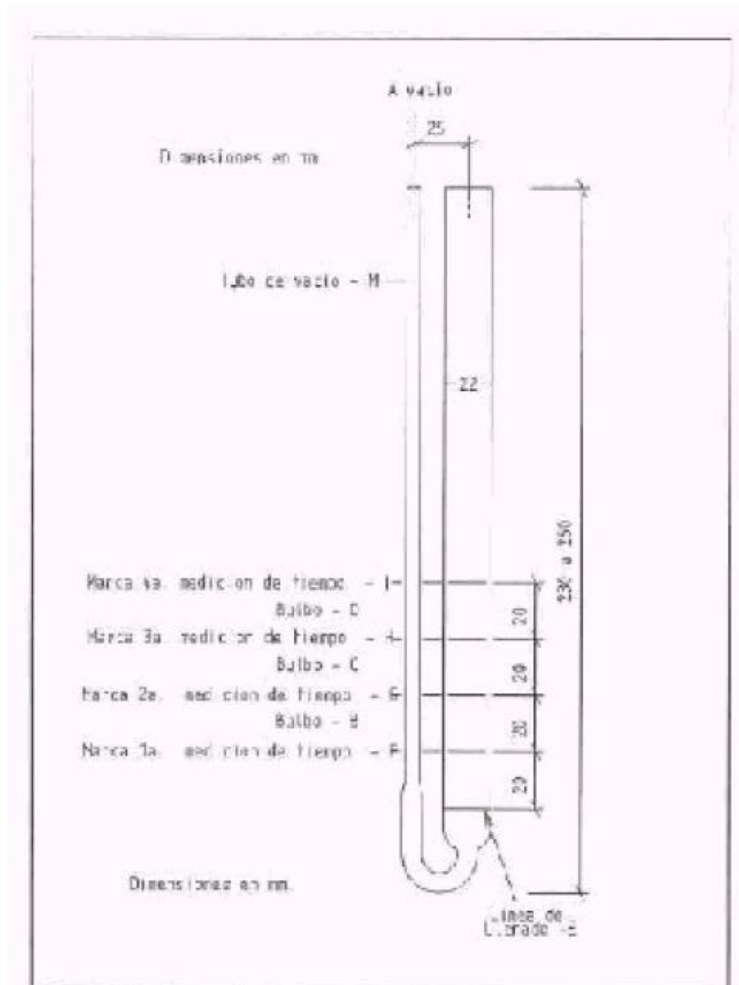


Figura 2. Viscosímetro de vacío capilar del Instituto del Asfalto.

5.2 Termómetro. De vidrio calibrados con una precisión de 0.02 °C (0.04 °F), capaces de medir temperaturas del orden de 60 °C (140 °F).

Los termómetros especificados son estandarizados a "Inmersión total", lo cual significa que se sumerge hasta el tope de la parte más alta de la columna de mercurio dejando el resto del vástago, y la parte expandida del termómetro en su extremo superior, a la temperatura ambiente. La práctica de sumergir completamente el termómetro no se recomienda. Si éste es sumergido totalmente en el baño durante el ensayo, la presión del gas en la cámara de expansión puede ser mayor o menor que con la "Inmersión total", obteniéndose lecturas mayores o menores. Es esencial la calibración periódica del termómetro de vidrio.



5.6 Aparato eléctrico regulador de tiempo. Puede usarse solamente sobre los circuitos eléctricos cuyas frecuencias deban controlarse con una precisión del 0.05% o menor.

Los cambios de voltaje, tal como son suministradas por la mayoría de las empresas de energía pública, pueden causar grandes errores, particularmente en intervalos pequeños, cuando se usan para activar aparatos eléctricos de control de tiempo.

6. PREPARACION DE MUESTRAS

6.1 Calientese la muestra, tomando precauciones para prevenir un sobrecalentamiento, hasta que se haga suficientemente fluida, para verterla; ocasionalmente debe usarse el agitador para hacer que el calor sea uniforme en la muestra.

6.2 Transfírase un mínimo de 20 ml a un recipiente apropiado y caliéntese a 135 ± 5.5 °C (275 ± 10 °F), agitando ocasionalmente, para prevenir sobrecalentamientos locales y teniendo cuidado de evitar las burbujas de aire.

7. PROCEDIMIENTOS

Los detalles específicos de operación varían algo con el tipo de viscosímetro, debiendo tenerse las instrucciones de los fabricantes. Sin embargo, todos siguen el procedimiento general que se describe a continuación:

7.1 Mantener el baño a la temperatura de ensayo con ± 0.03 °C (± 0.05 °F). Aplíquense las correcciones necesarias, si las hubiere, a todas las lecturas del termómetro.

7.2 Selecciónese un viscosímetro limpio y seco, el cual debe dar un tiempo de flujo mayor de 60 s y precaliente de 135 ± 5.5 °C (275 ± 10 °F).

7.3 Cárguese el viscosímetro vertiendo la muestra preparada dentro de él y llénese hasta la línea E ± 2 mm, figuras 2 y 3.

7.4 Colóquese el viscosímetro cargado en un horno o baño, manteniendo la temperatura a 135 ± 5.5 °C (275 ± 10 °F), por un período de 10 ± 2 min, permitiendo que escapen las burbujas grandes de aire.

7.5 Retírese el viscosímetro del horno o del baño, dentro de un lapso de 5 minutos y colóqueselo en un soporte en posición vertical dentro del baño, en forma que la marca reguladora de tiempo más alta, esté por lo menos 20 mm por debajo de la superficie del líquido del baño.



7.6 Hágase un vacío de 300 ± 0.5 mm de Hg en el sistema de vacío, y conéctese el sistema al viscosímetro, abriendo la llave de la válvula a la línea de carga del viscosímetro.

7.7 Después que el viscosímetro ha estado 30 ± 5 min dentro del baño, inicie el flujo del asfalto en el viscosímetro abriendo la válvula en la línea que conecta el sistema de vacío.

7.8 Mídase con precisión de 0.1 s el tiempo requerido para que el borde del menisco pase entre los pares sucesivos de marcas reguladoras de tiempo. Repórtese el primer tiempo de flujo que sobrepase de 60 s entre un par de marcas de regulación de tiempo, registrando la identificación del par de marcas.

7.9 La limpieza del viscosímetro es en extremo importante. Al terminar el envase, retire el viscosímetro del baño y colóquese en posición invertida en un horno a 135 ± 5.5 °C (215 ± 10 °F) hasta cuando todo el asfalto sea expulsado completamente del viscosímetro. Límpiase el viscosímetro totalmente con varios enjuagues de solvente apropiado completamente miscible con la muestra, seguido de un solvente totalmente volátil. Secar el tubo pasando una ligera corriente de aire seco a través del capilar, por 2 minutos, hasta remover la última traza de solvente. Periódicamente, limpiar el aparato con solución de ácido crómico para remover la última traza de solvente. Periódicamente, del capilar, por 2 minutos, hasta remover la última traza de solvente. Periódicamente, limpiar el aparato con solución de ácido crómico para remover los depósitos orgánicos lavando totalmente con agua destilada y acetona libre residual, y secando con aire seco filtrado.

7.10 El uso de soluciones alcalinas para la limpieza puede producir cambios en la calibración del viscosímetro, y no son recomendables.

8. CALCULOS

Selecciónese el factor de calibración que corresponde a un par de marcas con determinación de tiempo, usadas en el ensayo. Calcúlese y repórtese la viscosidad usando la siguiente ecuación:

$$\text{Viscosidad, poises, } P = Kt$$

Donde:

K = Factor de calibración en poises/segundo

t = Tiempo de flujo, en segundos.



9. INFORME

En el ensayo siempre se informará la temperatura y el vacío, con el resultado del ensayo. Por ejemplo, viscosidad a 60 °C (140 °F) y 300 mm Hg de vacío, en poises.

10. PRECISION

Se puede usar el siguiente criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados (95% probabilidad).

Repetibilidad. Duplicando resultados por el mismo operario, usando el mismo viscosímetro, no se considerarán si difieren en más del 7% del promedio.

Reproducibilidad. Los resultados presentados por dos laboratorios no se considerarán sospechosos, a menos que los dos resultados difieran más del 10% de su valor medio.

11. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	D 2171
AASHTO	T 202

ENSAYO DE RESISTENCIA EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL



MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM 2000)



RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO

MARSHALL

MTC E 504

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 1559, AASHTO T 245 y NLT 159/86, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de la resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas para pavimentación. El procedimiento puede emplearse tanto para el proyecto de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de las mismas.

2. RESUMEN DEL METODO

2.1 El procedimiento consiste en la fabricación de probetas cilíndricas de 101.6 mm (4") de diámetro y 63.5 mm (2 1/2") de altura, preparadas como se describe en esta norma, rompiéndolas posteriormente en la prensa Marshall y determinando su estabilidad y deformación. Si se desean conocer los porcentajes de vacíos de las mezclas así fabricadas, se determinarán previamente los pesos específicos de los materiales empleados y de las probetas compactadas, antes del ensayo de rotura, de acuerdo con las normas correspondientes.

2.2 El procedimiento se inicia con la preparación de probetas de ensayo, para lo cual los materiales propuestos deben cumplir con las especificaciones de granulometría y demás, fijadas para el proyecto. Además, deberá determinarse previamente el peso específico aparente de los agregados, así como el peso específico del asfalto, y el análisis de densidad-vacíos.

Para determinar el contenido óptimo de asfalto para una gradación de agregados dada o preparada, se deberá elaborar una serie de probetas con distintos porcentajes de asfalto, de tal manera que al graficar los valores obtenidos después de ser ensayadas, permitan determinar ese valor "óptimo".

2.3 Cuando se utilizan asfaltos líquidos, se preparan y compactan muestras de prueba con distintos porcentajes de asfalto líquido como en el caso del cemento asfáltico, excepto que la temperatura de compactación se toma con base en la viscosidad del asfalto después del curado o sea cuando ha liberado la cantidad especificada de solventes.

3. APARATOS Y MATERIALES NECESARIOS

a) *Dispositivo para moldear probetas.* Consistente en una placa de base Plana, con su molde y collar de extensión cilíndricos. El molde deberá tener un diámetro interior de 101.6 mm (4") y altura aproximada de 76.2 mm (3"); la placa de base y el collar de extensión deberán ser intercambiables, es decir, ajustables en cualquiera de los dos extremos del molde. Se recomienda disponer de tres (3) moldes. (Figura 1). Para facilidad de manejo, es conveniente que el molde este provisto de agarraderas.



b) *Extractor de probetas*. Elemento de acero en forma de disco con diámetro de 100 mm (3.95") y 13.0 mm (1/2") de espesor, utilizado para extraer la probeta compactada del molde, con la ayuda del collar de extensión. Se requiere de un elemento adecuado para transferir suavemente la probeta del molde al collar.

c) *Martillo de compactación*. Consistente en un dispositivo de acero formado por una base plana circular de 98.4 mm (3 7/8") de diámetro y un pisón de 4.53 kg (10 lb) de peso total, montado en forma que proporcione una altura de caída de 457.2 mm (18"), como se describe en la Figura 2. El martillo de compactación puede estar equipado con el protector de dedos.

d) *Pedestal de compactación*. Consistente en una pieza prismática de madera de base cuadrada de 203.2 mm de lado y 457.2 mm de altura (8" x 8" x 18") y provista en su cara superior de una platina cuadrada de acero de 304.8 mm de lado x 25.4 mm de espesor (12" x 12" x 1"), firmemente sujeta en la misma. La madera será roble u otra clase cuya densidad seca sea de 670 a 770 kg/m³ (42 a 48 lb/pie³). El conjunto se fijará firmemente a una base de concreto, debiendo quedar la platina de acero en posición horizontal,

e) *Soporte para molde*. Consistente en un dispositivo con resorte de tensión diseñado para centrar rígidamente el molde de compactación sobre el pedestal. Deberá asegurar el molde completo en su posición durante el proceso de compactación.

Nota 1. En lugar del martillo de operación manual y asociado con los equipos hasta ahora descritos, podrá usarse, un martillo mecánico, el cual haya sido calibrado para ofrecer resultados comparables con los del martillo manual.

f) *Mordaza y medidor de deformación (figuras 3 y 4)*. La mordaza consistirá en dos segmentos cilíndricos, con un radio de curvatura interior de 50.8 mm (2") finamente acabado. El segmento inferior, que terminará en una base plana, irá provisto de dos varillas perpendiculares a la base y que sirven de guía al segmento superior.

El movimiento de este segmento se efectuará sin rozamiento apreciable. El medidor de deformación consistirá en un deformímetro de lectura final fija y dividido en centésimas de milímetro, firmemente sujeto al segmento superior y cuyo vástago se apoyará, cuando se realiza el ensayo, en una palanca ajustable acoplada al segmento inferior.

g) *Prensa*. Para la rotura de las probetas se empleará una prensa mecánica con una velocidad uniforme de desplazamiento de 50.8 mm por minuto. Puede tener un motor eléctrico unido al mecanismo del pistón de carga.

h) *Medidor de la estabilidad*. La resistencia de la probeta en el ensayo se medirá con un anillo dinamométrico acoplado a la prensa, de 20 kN (2039 kgf) de capacidad, con una sensibilidad de 50 N (5 kgf) hasta 5 kN (510 kgf) y 100 N (10 kgf) hasta 20 Kn (2039 kgf). Las deformaciones del anillo se medirán con un deformímetro graduado en 0.001 mm.

Nota 2. En lugar de medir la estabilidad con un anillo dinamométrico, se puede emplear cualquier otro dispositivo de medida de carga que cumpla los requisitos indicados anteriormente.



i) *Elementos de calefacción.* Para calentar los agregados, material asfáltico, conjunto de compactación y muestra, se empleará un horno o placa de calefacción, provisto de control termostático, capaz de mantener la temperatura requerida con un error menor de 2.8 °C (5 °F).

j) *Mezcladora.* Es recomendable que la operación de mezclado de los materiales se realice con una mezcladora mecánica capaz de producir, en el menor tiempo posible, una mezcla homogénea a la temperatura requerida. Si la operación de mezclado se realiza a mano, para evitar el enfriamiento de los materiales, este proceso se realizará sobre una placa de calefacción o estufa, tomando las precauciones necesarias para evitar los sobrecalentamientos locales.

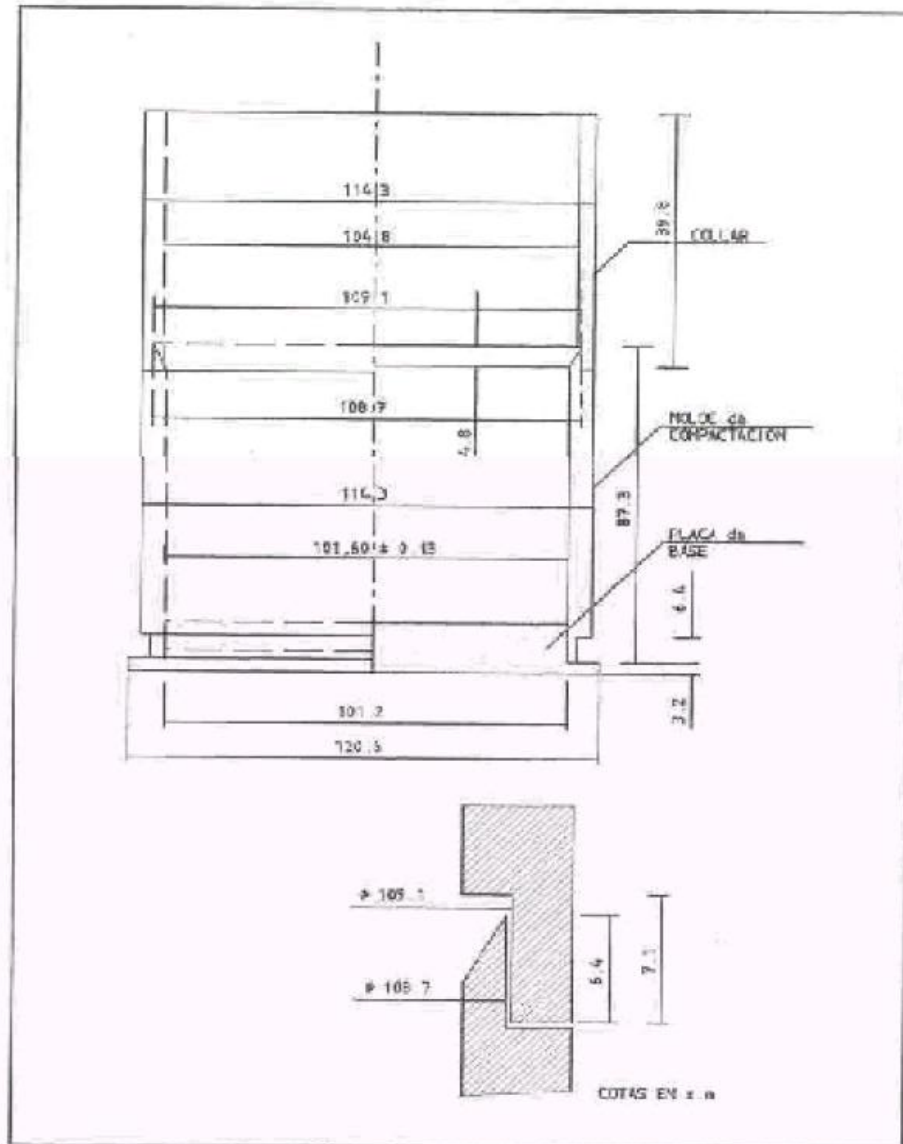


Figura 1: Dispositivo para moldear probetas

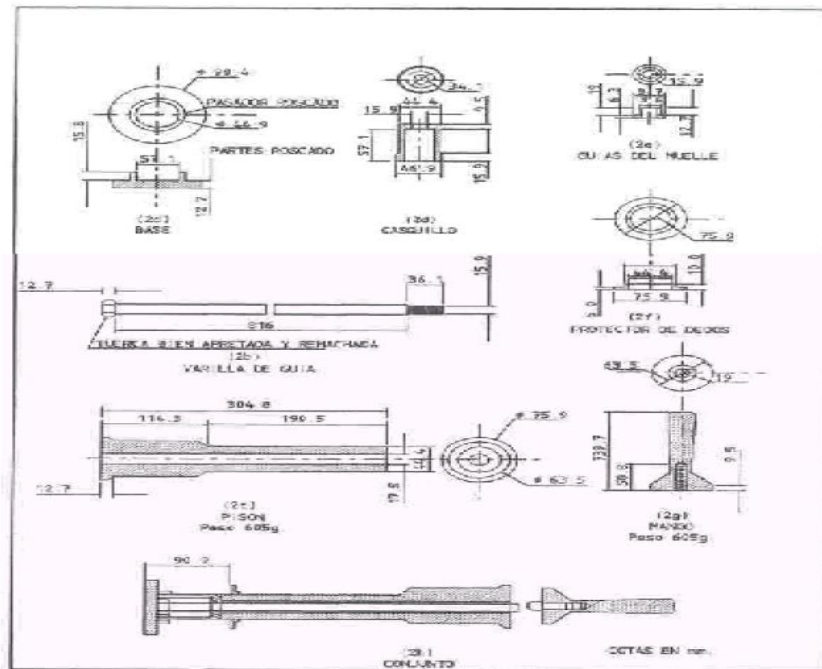
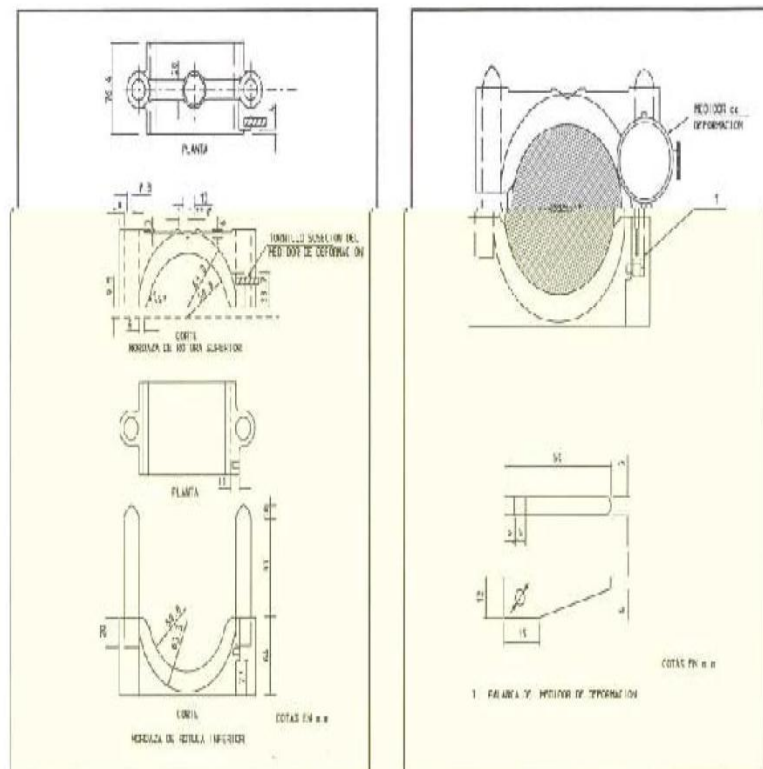


Figura 2. Martillo de compactación para el aparato Marshall.



ICG - Ins

Figura 3. Moldes para Marshall

Figura 4. Dispositivo de ensayo de la probeta y mordazas.



k) *Tanque para agua*, de 152.4 mm (6") de profundidad mínima y controlado termostáticamente para mantener la temperatura a $60^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ ($140 \pm 1.8^{\circ} \text{F}$) o $37,8 + 1^{\circ} \text{C}$ ($100^{\circ} \pm 1.8^{\circ} \text{F}$). El tanque deberá tener un falso fondo perforado o estar equipado con un estante para mantener las probetas por lo menos a 50.8 mm (2") sobre el fondo del tanque.

l) *Tamices*. Conjunto de: 50 mm (2"), 37.5 mm (1 1/2"), 25.0 mm (1"), 19.0 mm (3/4") 12.5 mm (1/2"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No. 4), 2.36 mm (No. 8); 300 mm (No. 50), 75 mm (No. 200).

m) *Cámara de aire* para las mezclas con asfalto líquido, controlada termostáticamente y la cual debe mantener la temperatura del aire a $25^{\circ} + 1^{\circ} \text{C}$. ($77^{\circ} \pm 1.8^{\circ} \text{F}$).

n) *Termómetros blindados*. De 10°C a 232°C (50°F a 450°F) para determinar las temperaturas del asfalto, agregados y mezcla, con sensibilidad de 2.8°C . Para la temperatura del baño de agua se utilizará un termómetro con escala de 20°C a 70°C y (68°F a 158°F) y sensibilidad de 0.2°C (0.4°F).

o) *Balanzas*. Una de cinco (5) kg de capacidad, sensible a un (1) g para pesar agregados y asfalto; otra de dos (2) kg de capacidad, sensible a 0.1 g para las probetas compactadas.

p) Guantes de soldador para manejar equipo caliente; guantes de caucho para sacar las muestras del baño de agua y crayolas para identificar las probetas.

q) Bandejas metálicas, de fondo plano para calentar agregados y cubetas metálicas redondas de 4 litros (1 galón) de capacidad, para mezclar asfalto y agregados, cucharones, recipiente con vertederos, espátulas, papel de filtro, etc.

4. PREPARACION DE PROBETAS

4.1 Número de probetas. Para una gradación particular del agregado, original o mezclada, se preparará una serie de probetas con diferentes contenidos de asfalto (Con incrementos de 0.5% en peso, entre ellos), de tal manera que los resultados se puedan graficar en curvas que indiquen un valor "Óptimo" definido, con puntos de cada lado de este valor. Como mínimo se prepararan tres probetas para cada contenido y preferiblemente cinco.

4.2 Cantidad de materiales. Un diseño con seis contenidos de asfalto, necesitará entonces por lo menos dieciocho (18) probetas. Para cada probeta se necesitan aproximadamente 1.2 kg de agregados: el mínimo necesario para una serie de muestras de una gradación dada será entonces de 23 kilos (50 lb) y alrededor de 4 lt (1 galón) de cemento asfáltico, asfalto líquido o de alquitrán. Se requiere, además, una cantidad extra de material para análisis granulométricos y determinación de pesos específicos.

4.3 Preparación de los agregados. Los agregados se secarán hasta peso constante entre 105°C y 110°C (221°F y 230°F) y se separarán por tamizado en los tamaños deseados. Se recomiendan las siguientes porciones:

- 25.0 a 19.0 mm (1" a 3/4");
- 19.0 a 9.5 mm (3/4" a 3/8");



- 9.5 a 4.75 mm (3/8" a No. 4);
- 4.75 a 2.36 mm (No. 4 a No. 8);
- y pasa 2.36 mm (No. 8).

4.4 Determinación de las temperaturas de mezcla y compactación. La temperatura a la cual se calentará el cemento asfáltico para las mezclas, será la requerida para producir una viscosidad de 170 ± 20 centistokes (1 centistok = $1 \text{ mm}^2 / \text{S}$) (Véase Figura 5) La temperatura a la cual deberá calentarse el cemento asfáltico para que tenga una viscosidad de 280 ± 30 centistokes, será la temperatura de compactación (véase Figura 5).

Para asfaltos líquidos, la temperatura de mezclado, que es la que se debe alcanzar para que tenga una viscosidad de 170 ± 20 centistokes, puede determinarse a partir de la curva de viscosidad - temperatura del tipo y grado del asfalto que va a ser usado en cada caso particular (véase Figura 6).

Del diagrama de composición del asfalto líquido que se va a emplear, se determinará el porcentaje de solvente que contiene en peso, a partir de su viscosidad a 60°C (140°F). Igualmente, se determinará la viscosidad a 60°C (140°F) del asfalto líquido después de que haya perdido el 50% del solvente. La temperatura de compactación será determinada en el diagrama de viscosidad, como la temperatura a la cual deberá calentarse el asfalto líquido para producir una viscosidad de 280 ± 30 centistokes, después de una pérdida del 50% del contenido original del solvente, cuando se trate de mezclas para pavimentación, para mezclas de conservación utilizando asfaltos líquidos, que se van a almacenar, se acepta hasta un 25% de pérdidas de solventes.

Las temperaturas a las cuales deberá calentarse el alquitrán para producir viscosidades específicas Engler de $25\text{s} \pm 3\text{s}$ y de $40\text{s} \pm 5\text{s}$, serán, respectivamente, las temperaturas, de mezcla y de compactación.

4.5 Preparación de las mezclas. En bandejas taradas separadas para cada muestra, se pesarán sucesivamente las cantidades de cada porción de agregados, previamente calculadas de acuerdo con la gradación necesaria para la fabricación de cada probeta, de tal forma que esta resulte con una altura de 63.5 ± 1.27 mm (véase Nota 3). Se calentarán los aireados en una plancha de calentamiento o en el horno a una temperatura de 28°C (50°F) por encima de la temperatura de compactación, cuando son mezclas con cemento asfáltico o alquitranes, a 14°C (25°F) (por encima) para mezclas con asfalto líquido. Se mezclan en seco los agregados y se forma a continuación un cráter en su centro, se añade la cantidad requerida de asfalto, debiendo estar ambos materiales en ese instante a temperaturas comprendidas dentro de los límites establecidos para el proceso de mezcla en el numeral 4.4. A continuación se mezclan los materiales preferiblemente con mezcladora mecánica, o en su defecto, a mano con espátula. De todas formas, este proceso de mezclado deberá realizarse lo más rápidamente posible hasta obtener una mezcla completa y homogénea. El asfalto no deberá permanecer a la temperatura de mezcla por más de una hora

Nota 3. Para conseguir la altura adecuada de las probetas para el ensayo, es conveniente elaborar una probeta de prueba. Para ello, se tomará una cantidad de agregados de 1.2 kg, corrigiéndose luego para la altura debida, con la expresión:



En el sistema Internacional SI:

Peso correcto (kg) del agregado = $\frac{63.5 \times \text{peso unitario de Agregado (kg)}}{\text{Altura obtenida de la probeta (mm)}}$

En el sistema Ingles

Peso correcto = $\frac{2.5 \times \text{peso Usado de Agregado}}{\text{Altura Obtenida de la probeta (")}}$

Para el caso de asfaltos líquidos, una vez que la mezcla esta homogénea, se pesa la bandeja con la mezcla y la espátula usada, con aproximación a 0.2 g y se coloca en un horno con ventilación para el curado, manteniéndola a la temperatura de compactación mas 11 °C (20 °F) para contrarrestar la perdida de calor durante el manipuleo de la mezcla.

El curado se controla verificando el peso cada 10 o 15 minutos, haciendo comparación entre el peso de la mezcla y la perdida de solvente. La mezcla se puede revolver con la espátula durante el curado para acelerar la perdida de solvente. Todos los pesos deben hacerse con aproximación a ± 0.2 g.

4.6 Compactación de las probetas. Simultáneamente con la preparación de la mezcla, el conjunto de collar, placa de base y la cara del martillo de compactación, se limpian y calientan en un baño de agua o en el horno a una temperatura comprendida entre 93 °C y 149 °C (200 °F y 300 °F).

Se monta el conjunto de compactación en la base y se sujeta rígidamente mediante el soporte de fijación. Se coloca un papel de filtro en el fondo del molde antes de colocar la mezcla.

Colóquese toda la mezcla recién fabricada en el molde, golpéese vigorosamente con una espátula o palustre caliente, 15 veces alrededor del perímetro y 10 Sobre el interior. Quítese el collar y alísese la superficie hasta obtener una forma ligeramente redondeada. La temperatura de la mezcla inmediatamente antes de la compactación.

deberá hallarse dentro de los limites de temperatura de compactación establecidos en el numeral 4.4.

Vuélvase a poner el collar y colóquese el conjunto en el soporte y sobre el pedestal de compactación. Aplíquense 35, 50 o 75 golpes según se especifique (si no se indica, úsese 50 golpes; para asfalto liquido aplíquense 75 golpes), de acuerdo con el transito de diseño, empleando para el martillo de compactación una caída libre de 457 mm (18"). Manténgase el eje del martillo perpendicular a la base del molde durante la compactación Retírense la placa de base y el collar e inviertase; vuélvase a montar el molde, y aplíquese el mismo numero de golpes a la cara invertida de la muestra.

Para el caso de asfaltos líquidos, el ensayo no se debe efectuar sino pasadas 16 horas luego de la compactación. Si la muestra debe ser almacenada por mas de 24 horas antes del ensayo, se debe proteger de la exposición al aire mediante sellado en un recipiente cerrado a prueba de aire.



Nota 4. Cuando el ensayo se realice con mezclas anteriormente fabricadas y frías, se comenzará calentando en estufa, a una temperatura de unos 30 °C (54 °F) inferior a la especificada para la mezcla, la cantidad necesaria para obtener por cuarteo las porciones precisas para la fabricación de cada probeta.

Estas porciones se calentarán entonces a la temperatura especificada para la compactación durante 1 hora, realizándose luego la compactación de la forma general. Cuando las probetas se fabriquen con mezclas tomadas en obra, el proceso general de compactación será el mismo que se describe en este procedimiento, cuidando igualmente que la temperatura de compactación sea la adecuada al tipo de ligante empleado. No deberá emplearse una mezcla que haya sido recalentada más de una vez.

Después de la compactación, retírese la base y déjese enfriar la muestra al aire hasta que no se produzca ninguna deformación cuando se la saque del molde. Pueden utilizarse ventiladores de mesa cuando se desee un enfriamiento más rápido, pero en ningún caso agua, a menos que se coloque la muestra en una bolsa plástica. Sáquese la muestra del molde por medio de un gato u otro dispositivo apropiado, luego colóquese en una superficie plana, lisa. Generalmente se dejan enfriar las muestras durante la noche.

5. ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO

5.1 Colóquense las muestras preparadas con cemento asfáltico o con alquitrán a la temperatura especificada para inmersión en un baño de agua durante 30 o 40 minutos o en el horno durante 2 horas. Manténgase en el baño o el horno a $60^{\circ} + 1^{\circ}\text{C}$ ($140^{\circ} + 1.8^{\circ}\text{F}$) para las muestras de cemento asfáltico y a $37.80^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Colóquense las muestras preparadas con asfalto líquido a la temperatura especificada en la cámara de aire por un mínimo de 2 horas. Manténgase la temperatura de la cámara a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($77^{\circ} + 1.8^{\circ}\text{F}$).

Límpiese perfectamente las barras guías y las superficies interiores del molde de ensayo antes de la ejecución de este, y lubríquense las barras guías de tal manera que el segmento superior de la mordaza se deslice libremente. La temperatura del molde de ensayo deberá mantenerse entre 21.1°C y 37.8°C (70°F y 100°F) empleando un baño de agua cuando sea necesario.

Retírese la probeta del baño de agua, horno o cámara de aire y colóquese centrada en el segmento inferior de la mordaza; se monta el segmento superior con el medidor de deformación y el conjunto se sitúa centrado en la prensa.

Colóquese el medidor de flujo, en su posición de uso sobre una de las barras - guía y ajústese a cero, mientras se mantiene firmemente contra el segmento superior de la mordaza.

Manténgase el vástago del medidor de flujo firmemente en contacto con el segmento superior de la mordaza mientras se aplica la carga durante el ensayo.

5.2 Aplíquese entonces la carga sobre la probeta con una prensa o gato de carga con cabeza de diámetro mínimo de 50.8 mm (2") a una razón de deformación constante de 50.8 mm (2") por minuto,



hasta que ocurra la falla, es decir cuando se alcanza la máxima carga y luego disminuye según se lea en el dial respectivo. Anótese este valor máximo de carga y, si es del caso, hágase la conversión. El valor total en newtons (libras) que se necesite para producir la falla de la muestra se registrar como su valor de estabilidad Marshall.

Como se dijo antes, mientras se efectúa el ensayo de estabilidad deberá mantenerse el medidor de flujo firmemente en posición sobre la barra - guía; libérese cuando comience a decrecer la carga y anotar la lectura. Este será el valor del "flujo" para la muestra, expresado en 0.25 mm (1/100"). Por ejemplo, si la muestra se deformó 3.8 mm (0.15") el valor del flujo será de 15. Este valor expresa la disminución de diámetro que sufre la probeta entre la carga cero y el instante de la rotura. El procedimiento completo, a partir de la sacada de la probeta del baño de agua, deberá realizarse en un periodo no mayor de 30 segundos.

6. INFORME

El informe contendrá la siguiente información (véase Figura 7).

- Tipo de muestra ensayada (muestra de laboratorio o núcleo tomado de un pavimento).
- Valor promedio de la máxima carga en newtons (lbf) de por lo menos tres especímenes, corregido cuando se requiera (véase Tabla 1).
- Valor promedio del flujo, en 0.25 mm (0.01") de tres especímenes.
- Temperatura de ensayo.

7. REFERENCIAS NORMATIVAS

AASHTO	T 245
ASTM	D 1559
NLT	159/86

ENSAYO DE DUCTILIDAD DE LOS MATERIALES BITUMINOSOS



DUCTILIDAD DE LOS MATERIALES BITUMINOSOS

MTC E 306 - 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 113 y AASHTO T 51, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETO

1.1 Método de ensayo para determinar la ductilidad de los materiales asfálticos, de consistencia sólida y semisólida.

1.2 Consiste en someter una probeta del material asfáltico a un ensayo de tracción, en condiciones determinadas de velocidad y temperatura, en un baño de agua de igual densidad, siendo la ductilidad la distancia máxima en cm, que se estira la probeta hasta el instante de la rotura.

1.3 Normalmente, el ensayo se realiza con una velocidad de tracción de 5 cm/min. \pm 5.0% y la temperatura de 25 ± 0.5 °C (77 ± 1.0 °F); aunque puede realizarse en otras condiciones de temperatura y velocidad de acuerdo a especificaciones.

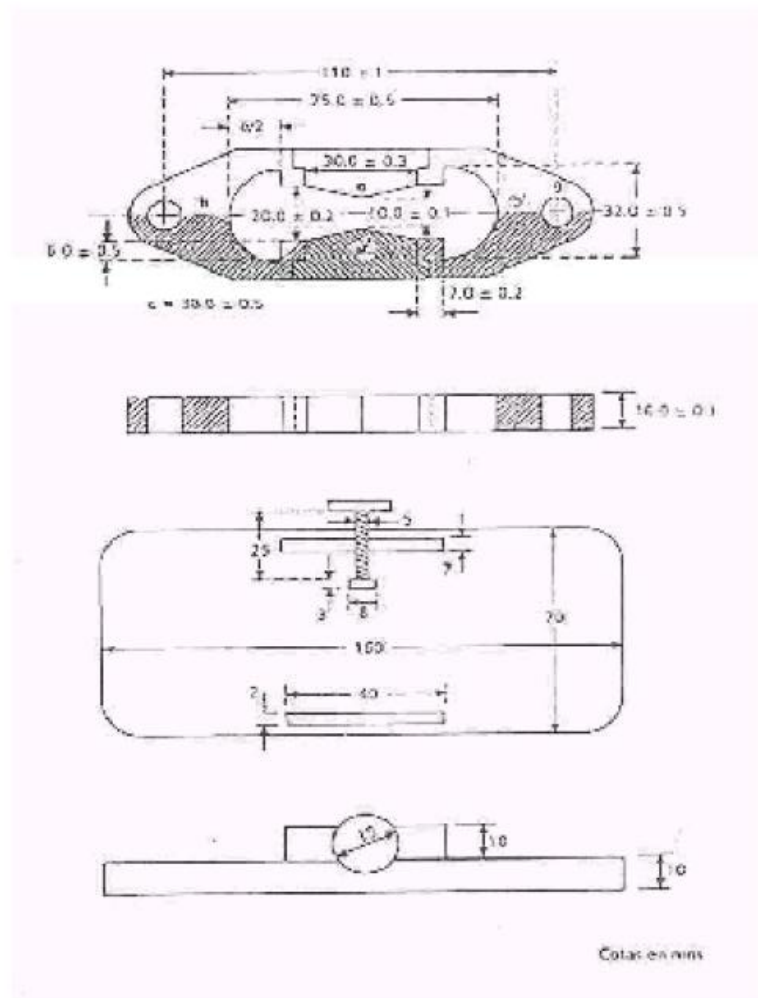
2. APARATOS Y MATERIALES

2.1 *Moldes.* Un molde correctamente montado, proporcionará especímenes para ensayo con las siguientes dimensiones: (Fig. 1). Material: bronce.

Longitud total	75.5 \pm 0.5 mm
Distancia entre pinzas (mordazas).....	30.0 \pm 0.3 mm
Ancho de boca de las pinzas	20.0 \pm 0.2 mm
Ancho de la sección mínima (equidistante entre pinzas).....	10.0 \pm 0.1 mm
Espesor uniforme.....	10.0 \pm 0.1 mm

2.2 *Placa.* Para el llenado de los moldes, se dispondrá de una placa de bronce plana, provista de un tornillo lateral de sujeción y con la forma y dimensiones que se detallan en la Figura 1.

2.3 *Baño de agua.* Un baño de agua que pueda mantener la temperatura de ensayo con una variación máxima de 0.1° C (0.2 °F). Su volumen no será inferior a 10 litros y estará equipado con una placa perforada para la colocación de los especímenes, situada a una distancia mínima de 50 mm del fondo y 100 mm de la superficie.



Nota: La parte interior de cada pinza que hace de abrazadera tendrá la forma de una semielipse, con ejes de 30.0 ± 0.5 mm y 32.0 ± 0.5 mm

Figura 1. Molde y placa para ductilómetro.

2.4 Ductilómetro. El aparato se denomina ductilómetro y en esencia, consta de un tanque de agua en el que se sumergen los especímenes, provisto de un mecanismo de arrastre que no produzca vibraciones, capaz de separar a la velocidad especificada un extremo de la probeta del otro, que permanece fijo. La tolerancia máxima admitida en la velocidad especificada será del 5%.



2.5 Termómetros. Para su empleo durante la inmersión en el baño de agua, se empleará un termómetro de inmersión total con las siguientes características:

Referencia	ASTM 63C
Escala.....	-8 °C a 32 °C
Graduación.....	0.1 °C
Longitud total	379 ± 5 mm
Error máximo	0.1 °C

Si la ductilidad se realiza a 25°C (77 °F), puede utilizarse el termómetro con referencia ASTM D 5 utilizado en el ensayo de penetración.

3. PROCEDIMIENTO

3.1 Preparación de las Muestras. Para evitar la adherencia del material a la placa y partes interiores del molde, cubrir previamente, mediante una pasta de glicerina y talco (Caolín o Dextrina), así mismo cubrir la superficie interna del y de los lados. Ensamblándose el molde conforme se indica en la Figura 1, sujetándolo sobre la placa mediante el tornillo lateral. La placa con el molde se coloca sobre una superficie horizontal, debiendo comprobarse que todas las piezas del molde se apoyen completamente sobre la placa. Calentar la muestra uniformemente a fin de evitar el sobrecalentamiento local aproximadamente de 90 a 110 °C (212 a 230 °F). Se pasa entonces a través del tamiz de 0.297 mm (No. 50), se homogeniza completamente y se procede al llenado de los moldes.

El llenado se hará con cuidado, procurando no distorsionar el correcto montaje de sus piezas, vertiendo el material en forma de chorro fino en un recorrido alternativo de extremo a extremo, hasta que se llene completamente y con un ligero exceso, evitando la inclusión de burbujas de aire.

La probeta, dentro del molde y protegida del polvo, se deja enfriar a temperatura ambiente durante 30 a 40 minutos, sumergiéndola a continuación en el baño de agua a la temperatura de ensayo durante otros 30 minutos. Seguidamente se quita el exceso de material del molde con una espátula recta caliente, hasta dejar la probeta perfectamente enrasada.

El conjunto de la placa, molde y probeta se introduce de nuevo en el baño de agua, manteniéndolo a la temperatura de ensayo con una variación máxima de 0.1 °C (0.2 °F), durante un tiempo comprendido entre 85 y 95 minutos. A continuación, se retira la placa del molde, se quitan las piezas laterales y se da comienzo al ensayo.

3.2 Ejecución del ensayo. El espécimen se monta en el ductilómetro, introduciendo cada pareja de clavijas de los sistemas fijo y móvil en los correspondientes orificios de cada pinza, poniendo a continuación en marcha el mecanismo de arrastre del ensayo a la velocidad especificada hasta que



se produzca la rotura, midiéndose la distancia en cm que se hayan separado hasta este instante. Durante la realización del ensayo, el espécimen, al irse estirando, deberá permanecer en todo momento sumergida en el agua del ductilómetro, sin aproximarse a la superficie o al fondo una distancia menor de 25 mm. La temperatura del agua será la normalizada, con una tolerancia de ± 0.5 °C (± 1 °F).

En un ensayo normal, el material asfáltico se va paulatinamente estirando hasta formar un hilo, produciéndose la rotura en un punto en el que el hilo no tiene apenas sección transversal. Si durante el ensayo, el material bituminoso al estirarse tiene tendencia a subir hasta la superficie del agua o tocar la placa de fondo del ductilómetro, deberá ajustarse la densidad relativa del agua a la del material ensayado, añadiendo alcohol metílico o cloruro de sodio según el caso, hasta conseguir que el hilo quede lo más recto posible, sin elevarse o descender.

4. RESULTADOS

4.1 La distancia en cm que se han separado desde su posición inicial hasta que se produce la rotura en un ensayo normal, es del valor de la ductilidad de una probeta.

4.2 Se ensayarán tres especímenes por muestra, y el valor medio obtenido en un ensayo normal se expresará como el resultado de la ductilidad, especificando las condiciones de velocidad y temperatura a las que se haya realizado el ensayo.

4.3 Si no puede conseguirse que un ensayo se desarrolle en las condiciones normales anteriores, se informará que la ductilidad no se puede realizar en esas condiciones.

5. PRECISION

5.1 Los criterios para juzgar la aceptabilidad de los resultados del ensayo de ductilidad a 25 °C (77 °F) se indican en la Figura 2, en la que se representa gráficamente para cada ductilidad los valores de la desviación típica (1 S) y la diferencia aceptable entre dos resultados (D 2 S), para la repetibilidad (un solo operador y laboratorio) y la reproductibilidad (diferentes operadores y laboratorios).

No hay suficiente número de datos para poder establecer correctamente la precisión del ensayo a 15,6 °C. Sin embargo, del análisis de resultados entre 13 laboratorios sobre una muestra con 45 cm de ductilidad, la precisión obtenida para la reproductibilidad ha sido de 23 cm.

Nota 2. Los criterios de precisión están tomados de la norma ASTM D 113

ENSAYO DE PENETRACION DE LOS MATERIALES ASFALTICOS



MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM 2000)



Activa
Ve a Cdr

PENETRACION DE LOS MATERIALES ASFALTICOS

MTC E 304 - 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 5 y AASHTO T 49, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Describe el procedimiento que debe seguirse para determinar la consistencia de los materiales asfálticos sólidos o semisólidos en los cuales el único o el principal componente es un asfalto.

1.2 La penetración se define como la distancia, expresada en décimas de milímetro hasta la cual penetra verticalmente en el material una aguja normalizada en condiciones definidas de carga, tiempo y temperatura. Normalmente, el ensayo se realiza a 25 °C (77 °F) durante un tiempo de 5 s y con una carga móvil total, incluida la aguja, de 100 g, aunque pueden emplearse otras condiciones previamente definidas.

1.3 Los aparatos y el procedimiento descrito en esta norma son de aplicación general en productos asfálticos con una penetración máxima de 350; en el numeral 3.3.6 se indican el material y procedimiento para penetración hasta 500.

2. APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

2.1 Penetrómetro. Está constituido por un mecanismo que permita el movimiento vertical sin rozamiento apreciable de un vástago o soporte móvil al cual pueda fijarse firmemente por su parte inferior, la aguja de penetración; y que permita, además, la colocación sobre el mismo, de diferentes cargas suplementarias; el aparato deberá estar calibrado para dar directamente la lectura en unidades de penetración, según el numeral 1.2. El peso del vástago será de 47.5 ± 0.05 g, y el peso total del conjunto móvil formado por el vástago juntamente con la aguja, de 50.0 ± 0.05 g.

Se deberá disponer, igualmente, de pesas individuales suplementarias de 50.0 ± 0.05 g y 100.0 ± 0.05 g para obtener otras cargas totales móviles de acuerdo con las condiciones del ensayo.

El penetrómetro deberá estar provisto, además, de una base de apoyo para la colocación del recipiente con la muestra, de forma plana y que forme un ángulo de 90 grados con el sistema móvil, así como de un nivel de burbuja y tornillos de nivelación.

- Este vástago deberá poderse separar fácilmente del conjunto del penetrómetro para verificar y ajustar correctamente su peso.



2.2 Aguja de penetración: La aguja será de acero inoxidable endurecido y templado (ASTM grado 440 C o similar), con una dureza Rockwell C54 a C60 (0.039 a 0.040), tendrá unos 50 mm (2") de longitud y entre 1.00 y 1.02 mm de diámetro, con uno de sus extremos simétricamente afilado hasta formar un cono de ángulo comprendido entre 8°40' y 9°40' en toda su longitud y cuyo eje sea coaxial con el de la aguja; la variación total axial entre las intersecciones de las superficies del cono y del cilindro, medida como proyección sobre el eje de simetría de la aguja, no deberá exceder de 0.0127 mm (0.0005"). Después de dada la conicidad, se corta su punta para formar un cono truncado, cuya base tenga un diámetro comprendido entre 0.14 y 0.16 mm (0.055 y 0.063") y esté situado en un plano perpendicular al eje de la aguja, con una tolerancia máxima de 2 grados y con sus bordes filosos y libres de rebabas.

La textura de la superficie cónica, medida según la norma (American National Standard B-46.1), deberá tener una rugosidad media superficial comprendida entre 0.2 y 0.3 μm (8 a 12 μ ").

La aguja irá montada rígida y coaxialmente en un casquillo cilíndrico, de latón o acero inoxidable, de 3.2 ± 0.05 mm (0.126 ± 0.002 ") de diámetro y 38 ± 1 mm (1.5 ± 0.002 ") de largo, debiendo quedar una longitud libre de aguja entre 40 y 45 mm (1.57 a 1.77"). La excentricidad, o distancia máxima al eje del casquillo, desde cualquier punto de la superficie de la aguja, incluida su punta, no excederá de 1 mm. El peso total del conjunto casquillo-aguja será de 2.5 ± 0.05 g, permitiéndose para su ajuste un pequeño agujero o rebaje sobre el casquillo; igualmente, irá grabada sobre este la identificación individual de la aguja, no autorizándose la repetición de una misma identificación hasta pasados 3 años.

- Las agujas que cumplan los requisitos de control exigidos en este numeral deberán hacerlo constar así en su correspondiente certificado.

2.3 Recipiente o molde para la muestra. Los recipientes para las muestras serán de metal o vidrio, de forma cilíndrica y fondo plano y con las siguientes dimensiones interiores:

Penetración hasta 200	Diámetro mm (")	Profundidad mm (")
	55 (2.17)	35 (1.38)
Penetración entre 200 y 350	55 (2.17)	70 (2.76)

2.4 Baño de agua. Para la inmersión de los recipientes con las muestras, se dispondrá de un baño de agua con una capacidad mínima de 10 litros y provisto de un dispositivo capaz de mantener la temperatura especificada para el ensayo con una variación de ± 0.1 °C (0.2 °F). El baño irá equipado con una placa soporte perforada, colocada a una distancia no menor de 50 mm del fondo, ni mayor de 100 mm del nivel superior del líquido en el baño. Si la penetración se va a realizar en el mismo baño de agua, éste deberá disponer, además, de una plataforma resistente para soportar el



penetrómetro. Para ensayos de penetración a bajas temperaturas, pueden utilizarse salmueras como líquido del baño.

2.5 Recipiente de Transferencia. El ensayo de penetración puede realizarse igualmente en un Recipiente de transferencia, metálico, de vidrio o plástico, y que proporcione una base firme y estable a los recipientes para las muestras impidiendo, además, cualquier oscilación o basculamiento de los mismos durante el ensayo. Su capacidad deberá ser aproximadamente de 350 ml .

2.6 Dispositivo medidor de tiempo, Control de precisión. La precisión de los instrumentos empleados para medir la duración de los tiempos de carga, deberá comprobarse inmediatamente antes de cada ensayo.

- **Penetrómetros manuales.** El tiempo del ensayo deberá medirse mediante un reloj eléctrico, un cronómetro u otro instrumento cualquiera graduado en 0.1 s o menos y que tenga una exactitud de ± 0.1 s en un intervalo de 60 s. Puede utilizarse igualmente un contador sonoro que emita una señal cada 0.5 s y en el que la cuenta de 11 señales equivalga a un tiempo total de 5 ± 0.1 s.
- **Penetrómetros automáticos.** En estos aparatos, el dispositivo medidor de tiempo estará calibrado para proporcionar el tiempo del ensayo con exactitud de ± 0.1 s.

2.7 Termómetros. Para controlar las temperaturas del ensayo en el baño de agua se dispondrá de termómetros de mercurio con varilla de vidrio de inmersión total y con las siguientes características principales:

Temperatura del ensayo		Referencia	Escala		Graduación		Longitud total	Error máximo	
°C	(°F)	ASTM	°C	(°F)	°C	(°F)	mm	°C	(°F)
25	(77)	17C	19 a 27	(66 a 80°)	0.1	(0.2)	275	0.1	(0.2)
0 y 4	(32 y 39.2)	63C	-8 a 32	(18 a 89°)	0.1	(0.2)	379	0.1	(0.2)
46	(115 °F)	64C	25 a 55	(77 a 131°)	0.1	(0.2)	379	0.1	(0.2).

Nota 3. Para las restantes características de estos termómetros, puede consultarse la especificación ASTM E 1. Los termómetros utilizados en el baño de agua deberán ser calibrados como máximo cada seis meses, pudiéndose emplear el método ASTM E 11.



3. PROCEDIMIENTO

3.1 Preparación de la muestra. Se tomarán las precauciones necesarias para que la muestra del ensayo sea verdaderamente representativa, de aspecto homogéneo y sin contaminación.

De la muestra de laboratorio, se separarán con una espátula caliente unos 400 a 500 g de material que se colocarán en un recipiente, que se calienta cuidadosamente agitándolo para evitar sobrecalentamientos locales y para homogeneizar el material, hasta que alcance la fluidez que permita su vertido en los moldes para las probetas. Las temperaturas de calentamiento no excederán a las del punto de ablandamiento (MTC 307) de cada material en mas de 100 °C (180 °F) El tiempo total de calentamiento no excederá 30 minutos, evitándose la formación de burbujas de aire.

A continuación, verter la muestra en el recipiente hasta una altura que, cuando se enfría a la temperatura del ensayo, sea superior por lo menos en 10 mm, mayor que la profundidad a la cual se espera que penetre la aguja. Se preparará un total de dos moldes por cada muestra de material y ensayo de iguales características. Después de llenar los moldes, se cubren con un vaso de vidrio invertido, de dimensiones apropiadas, para protegerlos del polvo y permitir la eliminación de posibles burbujas de aire y se dejan enfriar al aire a una temperatura entre 15 y 30 °C (59 y 86 °F), por un período entre 1 y 1.5 horas, si se emplean recipientes pequeños (3 onzas) y entre 1.5 y 2 horas y si se utilizan recipientes de mayor tamaño (6 onzas). Finalmente, se sumergen los recipientes en el baño de agua a la temperatura especificada, manteniéndolos así durante los mismos períodos de enfriamiento.

3.2 Condiciones del ensayo. Las condiciones normalizadas del ensayo son, respectivamente, de 25 °C (77 °F), 100 g y 5 s para la temperatura, la carga y el tiempo de duración de la misma. Sin embargo, se admite emplear otras condiciones de ensayo, como por ejemplo:

Temperatura		Carga	Tiempo
°C	(°F)	Gr	s
0	(32)	200	60
4	(39.2)	200	60
25	(77)	100	5
45	(113)	50	5
46.1	(115)	50	5

Cuando las condiciones del ensayo no se mencionan expresamente, se entenderá las normalizadas, debiéndose especificar claramente en los demás casos las que serán condiciones especiales que podrán emplearse.



3.3 Ejecución de ensayo.

Primero se comprueba que el vástago soporte de la aguja está perfectamente limpio y seco, y que se deslice en forma suave y sin rozamiento sobre su guía. La aguja de penetración se limpia con tolueno u otro disolvente apropiado y se seca con un paño limpio, fijándola firmemente en su soporte. Salvo que se especifique otra carga, se coloca el peso suplementario de 50 g sobre el vástago, para obtener el peso móvil total de 100 ± 0.1 g.

- Ensamblado el penetrómetro y limpia la aguja con el solvente adecuado (Tolueno u otro solvente adecuado) se coloca el indicador en cero y se procede al ensayo
- Colocar el tarro con la muestra en el recipiente de transferencia, el cual contiene agua del baño en cantidad tal que cubra el tarro que contiene la muestra.
- El conjunto formado por la muestra y el recipiente con el agua a 25°C, se coloca en la base del penetrómetro y se pone la aguja en contacto con la superficie de la muestra. Esto se logra haciendo contacto el punto real de la aguja con su imagen reflejada sobre la superficie de la muestra mediante una fuente de luz debidamente ubicada.
- Soltar la aguja rápidamente por el período de tiempo especificado, registrar la lectura indicada sobre la escala del penetrómetro a fin de medir la distancia penetrada.
- Se deben llevar a cabo al menos tres penetraciones sobre la superficie de la muestra en puntos distantes, por lo menos 10 mm de las paredes del recipiente y entre sí.
- Colocar el recipiente de transferencia y el tarro con la muestra en el baño de agua después de cada penetración, así mismo, limpiar cuidadosamente la aguja del penetrómetro primero con paño limpio y humedecido con Tetracloruro de Carbono para eliminar todo el betún adherido y posteriormente con un paño limpio y seco.

4. RESULTADOS

4.1 El resultado del ensayo será el promedio de tres penetraciones cuyos valores no difieran en más de las siguientes cantidades:

Penetración (décimas de mm)	0 a 49	50 a 149	150 a 249	250 a 500
Diferencia máxima entre valores extremos	2	4	12	20



4.2 Si se excede la tolerancia anterior, se repite el ensayo utilizando el segundo molde con muestra previamente preparada. Si se excediera de nuevo la correspondiente tolerancia, se anulan los resultados obtenidos y se procederá a la realización de un nuevo ensayo.

5. PRECISION

5.1 Para juzgar la aceptabilidad de los resultados, se seguirán los siguientes criterios (95% de probabilidad):

5.2 Repetibilidad. Los ensayos por duplicado por un mismo operador y equipo en tiempos diferentes y sobre una misma muestra, se considerarán dudosos si difieren en más de las siguientes cantidades (ensayos a 25°C (77 °F)):

Material asfáltico Ensayo a 25°C	Diferencia
Asfalto con penetración menor de 50	1 unidad
Asfalto con penetración igual o mayor de 50	3% del valor medio

5.3 Reproducibilidad. Los ensayos realizados por distintos operadores en diferentes laboratorios y sobre una misma muestra, se considerarán dudosos si difieren en más de las siguientes cantidades (ensayos a 25°C (77°)).

Asfalto con penetración menor de 50	4 unidades
Asfalto con penetración igual o mayor de 50	8% del valor medio

Los valores de precisión indicados anteriormente, se han obtenido multiplicando los estimativos de las desviaciones típicas de las poblaciones que se indican a continuación, por $2\sqrt{2}$.

Material asfáltico Ensayos a 25°C (77 °F)	Estimación de la desviación típica	
	En un laboratorio	Entre laboratorios
Asfalto con penetración menor de 50	0.35 unidades	1.4 unidades
Asfalto con penetración igual o mayor de 50	1.1 % del valor medio	2.8 % del valor medio



Los estimativos de precisión anteriores están basados en los siguientes datos:

	Asfaltos de Penet. < 50	Asfaltos de Penet. ≥ 50
Muestras	2	7
Laboratorios	16	27
Repeticiones por muestra	3	3
Grados de libertad dentro del laboratorio	32	185
Entre laboratorios	14	89

6. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	D5
AASHTO	T49

ENSAYO DE PUNTO DE INFLAMACION MEDIANTE LA COPA ABIERTA TAG



MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM 2000)



Activar Win
Ve a Configuración para activar.

PUNTO DE INFLAMACION MEDIANTE LA COPA ABIERTA TAG

MTC E 312 - 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 3143 y AASHTO T 79, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

Este método describe la determinación del punto de inflamación de asfaltos líquidos que tengan punto de inflamación menores de 93.3 °C mediante el aparato de copa abierta TAG.

Nota 1. Generalmente las especificaciones asignan el método de la copa abierta Cleveland para asfaltos sólidos y asfaltos líquidos que tengan puntos de inflamación por encima de 79.5 °C

2. RESUMEN DEL METODO

Éste método consiste en colocar la muestra en la copa (TAG) y se calienta a una velocidad lenta y constante. Una pequeña llama de ensayo se pasa siguiendo un plano a nivel, a través de la copa, con una velocidad uniforme, a intervalos especificados. El punto de llama es la temperatura más baja a la cual la aplicación de la llama de ensayo hace Inflamar el vapor en la superficie del líquido.

3. APARATOS

3.1 Equipo de ensayo copa abierta TAG. (Figura 1). Este aparato esta conformado por las siguientes partes:

- Recipiente de cobre que estará equipado con un rebosadero a nivel colocado en tal forma que mantenga constante el nivel del líquido, a 3.2 mm (1/8") por debajo del borde superior de la copa de vidrio (Figura 2).
- Un soporte del termómetro. Montado sobre el equipo de ensayo, como se muestra en la Figura 1; deberá mantener firmemente el termómetro, en posición vertical.
- La copa de ensayo (Figura 2), de vidrio claro, moldeado, recocido, resistente al calor y libre de defectos superficiales.
- Para ajuste adecuado del nivel de líquido en la copa, se dispondrá de un medidor de nivel lleno, que deberá estar fabricado con algún metal disponible, al menos con 3.2 mm (1/8") de espesor,



con dos proyecciones para ajustar el nivel del líquido de la copa de vidrio, hasta 3.18 ± 0.25 mm (0.125 ± 0.01 ") por debajo del borde superior de rebose de la copa.

- También tendrá dos agujeros que pueden emplearse para ajustar el tamaño de la llama de ensayo y para calibrar la altura del aplicador de ésta por encima del borde de la copa (véase Figura 3).

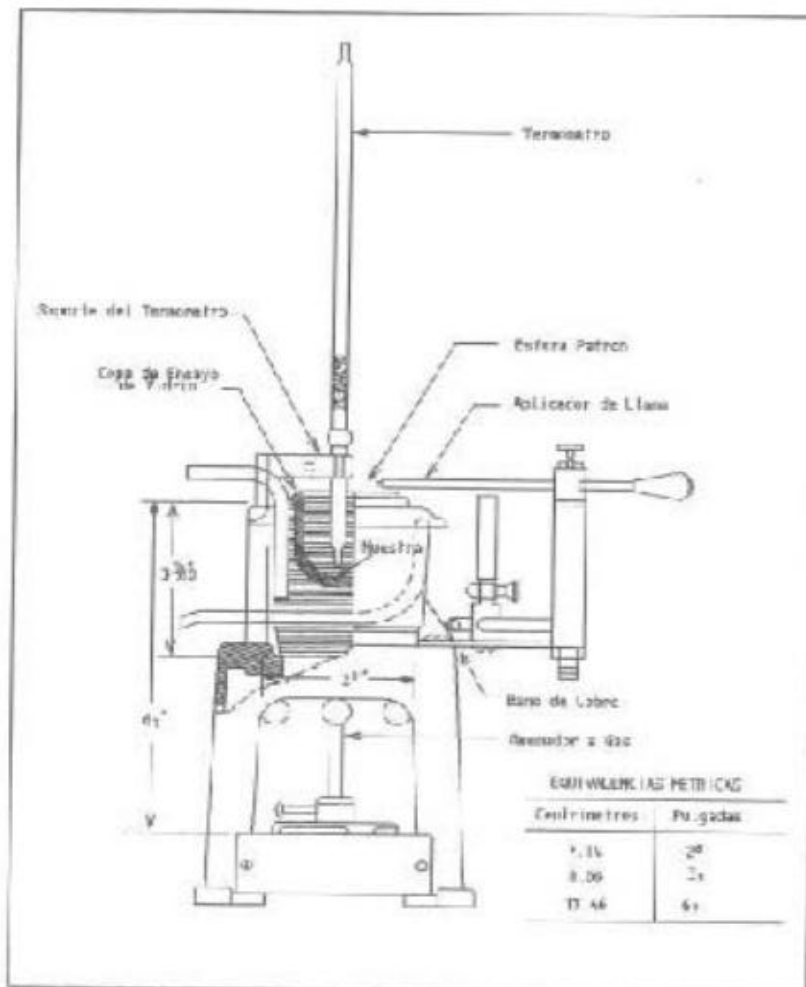
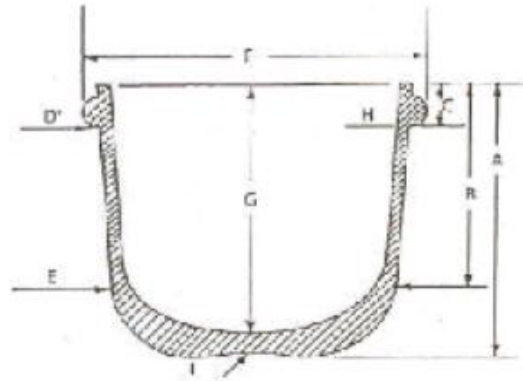


Figura 1. Equipo de ensayo copa abierta de TAG



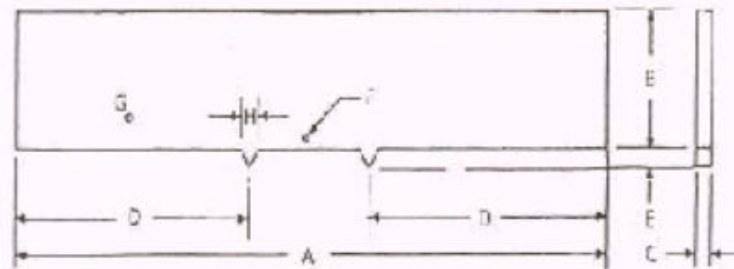
Activar Windows
Ve a Configuración para activar



	Milímetros	Pulgadas
A	51.0 ± 1.0	2-1/32 ± 1/16
B	38.1 ± 1.6	1-1/2 ± 1/16
C	7.9 ± 0.8	5/16 ± 1/32
D Diámetro exterior	51.8 ± 1.6	2-1/32 ± 1/16
E Diámetro interior	50.8 ± 1.6	2 ± 1/16
F Aproximadamente	58.5	2-11/32
G	47.6	1-7/8 ± 1/16
H	2.4 ± 0.4	3/32 ± 1/64
I Diámetro de la depresión	15.5	5/8
Profundidad	0.8	1/32

El peso total de la muestra en debe ser de 45 gms.

Figura 2. Copia de vidrio para el ensayo



	Milímetros	Pulgadas	
A	127	5	Nominal
B	25.4	1	Nominal
C	3.2	1/8	Nominal
D	50.8	2	Nominal
E	3.18 ± 0.25	0.125 ± 0.01	
F	Diámetro de 0.6. El centro a 3.2 mm del fondo y a 5.35 mm del extremo.	Diámetro de 1/32. El centro a 1/8 del fondo y a 2 1/2 del extremo.	
G	Diámetro 4 máx. El centro a 3.2 mm del fondo y a 25.4 mm del extremo.	Diámetro 5/32 máx. El centro a 1/8 del fondo y a 1" del extremo.	Nominal
H	3.2	1/8	Nominal

Figura 3. Nivel hasta el cual se llena por calibración.

- El quemador será de gas, pequeño, de dimensiones adecuadas para calentar el baño.
- Puede emplearse una abrazadera de tornillos para ayudar a regular el gas. También puede emplearse un calentador eléctrico pequeño, controlado mediante un transformador de potencia variable.
- El aplicador de la llama de ensayo consistirá en un pequeño quemador de gas tipo soplete. La boquilla del aplicador deberá ser aproximadamente de 1.6 mm (1/16") de diámetro. El aplicador deberá mantenerse en un plano horizontal, por encima de la copa de ensayo, mediante un dispositivo de eslabón giratorio en una circunferencia que tenga un radio de al menos 152.4 mm (6").
- Es conveniente instalar una pequeña esfera-patrón, de 4.0 mm (5/32") sobre algún soporte del equipo, de manera que la llama de ensayo pueda compararse con esta. Si se monta sobre el



aplicador de la llama de ensayo, una parte de la punta de la boquilla deberá extenderse al menos 3 milímetros (1/8") mas allá de la esfera.

- Puede colocarse un protector de corrientes de aire, con dos hojas rectangulares de material no combustible de 610 x 710 mm (24 x 28") unidos por el lado de 710 mm (28"), preferiblemente mediante bisagras. Una hora triangular de 610 x 610 x 860 mm (24 x 24 x 34") se fija mediante bisagras a una de las hojas laterales (para formar un tope cuando el protector este abierto). El interior del protector de corriente deberá pintarse con pintura negro mate.

3.2 Termómetro. Deberá ser de acuerdo a especificaciones ASTM E - 1 de su número respectivo 9C (9F), donde tendrá un rango de 7 °C a 110 °C.

4. PARA EL BAÑO

4.1 Agua para productos con punto de Inflamación hasta de 79.5 °C (175 °F) y solución de agua-glicol (1:1) para puntos de Inflamación por encima de 79.5 °C (175 °F).

5. PREPARACION DEL EQUIPO Y ENSAMBLAJE

5.1 El equipo: copa abierta TAG deberá colocarse en una posición a nivel sobre una mesa sólida, libre de vibraciones, en un lugar aislado de corrientes de aire, o bien contra la parte oscura de un protector de corrientes de aire como el descrito en el numeral 3.1. La parte superior del probador deberá protegerse de la luz fuerte, de tal manera que la llama pueda ser fácilmente vista. Durante el ensayo, deberá mantenerse una temperatura ambiente de 25 ± 5 °C (77 ± 9 °F).

5.2 Ajústense las posiciones horizontales y verticales del aplicador de la llama de ensayo. El centro del orificio del aplicador deberá moverse sobre una circunferencia que tenga un radio de 152 mm (6") y un plano a nivel a 3.2 mm por encima del borde exterior de la copa. La llama de ensayo deberá pasar a través del centro de la copa. Estos ajustes deberán hacerse únicamente cuando se requieran, ya que usualmente el aparato se emplea continuamente para series de ensayos.

Nota 2. El dispositivo de nivelación es empleado como un calibrador para ajustar la altura del aplicador.



6. PROCEDIMIENTO

6.1 Colocar la copa de vidrio en el baño metálico y ajústese el soporte del termómetro de tal manera que éste quede firmemente soportado en una posición vertical, en la mitad entre el centro y la pared de la copa, y sobre una línea que pase a través del centro de la copa y del eje de rotación del aplicador. Colóquese el termómetro de tal manera que su extremo inferior se halle a 6.4 mm (1/4") por encima del fondo interior de la copa.

6.2 Llénese el recipiente metálico con agua (fría de grifo), o con solución de agua-glicol que tenga una temperatura al menos de 16.5 °C (30 °F) por debajo del punto de llama probable del material que va a ser ensayado. El agua fría de grifo es satisfactoria en muchos casos cuando se emplea agua y puede llenarse dentro recipiente, hasta que un ligero exceso de flujo se note en el pico de rebose. El recipiente deberá llenarse hasta un nivel aproximadamente de 3.2 mm (1/8") a partir de la parte superior, cuando la copa de ensayo está en su sitio.

6.3 Colocar el dispositivo metálico de nivelación sobre el borde de la copa y llénese ésta con el material que va a ser ensayado, hasta que el nivel toque exactamente los indicadores del dispositivo de nivelación (éste deberá ser aproximadamente de 3.2 mm (1/8") por debajo del borde de la copa). La muestra de ensayo deberá estar al menos a 10 °C (20 °F) por debajo del punto de llama anticipado.

6.4 Enciéndase la llama de ensayo, ajústese hasta aproximadamente el mismo tamaño que la esfera-patrón o el agujero de referencia en el dispositivo de nivelación, pero nunca mayor de 4mm (5/32") y aplíquese calor al baño de tal manera que la temperatura de la muestra se eleve a la velocidad de 1 ± 0.3 °C (2 ± 0.5 °F) por minuto.

6.5 Dentro de 10 °C a 15 °C (18 °F a 27 °F) por debajo del punto de llama anticipado, ajústese el nivel removiendo la muestra de la copa y a intervalos sucesivos de 1 °C (2 °F), pásese la llama de ensayo a través de la muestra en un movimiento continuo, de tal manera que el tiempo consumido para cada pasada sea de un segundo. Cada pasada deberá ser en una sola dirección y el aplicador deberá mantenerse en la posición apagada en el otro extremo del giro, excepto cuando la llama se aplica a la muestra.

6.6 Regístrese, como punto de Inflamación inicial, la lectura de la temperatura en el termómetro en el momento en que la aplicación de la llama de ensayo cause un destello distintivo nítido en el interior de la copa.

ANEXO 8

PLANOS

PLANOS LABORATORIO




CANtera DE LOS AGREGADOS



ANEXO 9

DOCUMENTO DE SIMILITUD

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 08 Fecha : 10-12-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, Dr. Rigoberto Cerna Chávez docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Chimbote, revisor (a) de la tesis titulada "Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall- 2018", del estudiante YPANAQUÉ GOMEZ ROY YOISHI, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 4% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chimbote, 10 de Diciembre del 2018



.....
Dr. RIGOBERTO CERNA CHÁVEZ

DNI:32942267

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 08
Fecha : 10-12-2018
Página : 1 de 1

Yo, Dr. Rigoberto Cerna Chávez docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Chimbote, revisor (a) de la tesis titulada "Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall - 2018", del estudiante Roger Saavedra Cortez, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 4% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chimbote, 10 de Diciembre del 2018

Dr. RIGOBERTO CERNA CHÁVEZ

DNI:32942267

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

ANEXO 10

FORMULARIO PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRONICA DE LA TESIS



Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
“César Acuña Peralta”

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

SAAVEDRA CORTEZ ROGER
D.N.I. : 72496682
Domicilio : AAHH VISTA NEGRO MZ E LOTE 2
Teléfono : Fijo : Móvil : 996516436
E-mail : Saavedra_Cortez_97@hotmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

[] Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERIA
Escuela : INGENIERIA CIVIL
Carrera : INGENIERIA CIVIL
Título : INGENIERO CIVIL

[] Tesis de Post Grado

[] Maestría

[] Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

SAAVEDRA CORTEZ ROGER
YPAÑAQUE GOMEZ ROY YOLSHI

Título de la tesis:

Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto Asfáltico por el método Marshall 2018.

Año de publicación : 2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

[X]
[]



Firma :

Handwritten signature of Saavedra

Fecha :

10-12-2018



Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Ypanaque Gomez Roy Yoishi
D.N.I. : 70253091
Domicilio : Parque Ramon Castilla lt 15
Teléfono : Fijo : 043-357149 Móvil : 999872674
E-mail : yoishi_ing7996@hotmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

[X] Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería
Escuela : Ingeniería civil
Carrera : Ingeniería civil
Título : Ingeniero civil

[] Tesis de Post Grado

[] Maestría

[] Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Saavedra Cortez Roger
Ypanaque Gomez Roy Yoishi

Título de la tesis:

Influencia del polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto asfáltico por el método Marshall 2018.

Año de publicación : 2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma : [Signature]

Fecha : 10-12-2018.

ANEXO 11

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
E. P. Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:
SAAVEDRA CORTEZ, ROGER

INFORME TÍTULADO:

“ INFLUENCIA DEL POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FISICAS Y
MECANICAS DEL CONCRETO ASFALTICO POR EL METODO
MARSHALL- 2018”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: lunes, 10 de diciembre de 2018

NOTA O MENCIÓN: TRECE (13)



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN
DE E. P. INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
E. P. Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:
YPANAQUE GOMEZ, ROY YOISHI

INFORME TÍTULADO:

“ INFLUENCIA DEL POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y
MECANICAS DEL CONCRETO ASFALTICO POR EL METODO
MARSHALL- 2018”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: lunes, 10 de diciembre de 2018

NOTA O MENCIÓN: TRECE (13)




FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN
DE E. P. INGENIERÍA CIVIL