

# **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS CON POLÍMEROS SBR Y SBS, CON AGREGADOS PROVENIENTES DE LA CANTERA DE GUAYLLABAMBA”**

**Ing. F. Rojas<sup>1</sup>, Ing H. Bonifaz<sup>1</sup>, S. López<sup>2</sup>, Y. Veloz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, Escuela Politécnica del Ejército, Campus Sangolquí, Av. General Rumiñahui S/N, Sangolquí, Ecuador.

E-mail: [frojas@espe.edu.ec](mailto:frojas@espe.edu.ec), [hbonifaz@espe.edu.ec](mailto:hbonifaz@espe.edu.ec)

<sup>2</sup>Carrera de Ingeniería Civil, Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, Escuela Politécnica del Ejército, Campus Sangolquí, Av. General Rumiñahui S/N, Sangolquí, Ecuador.

E-mail: [slopezj88@hotmail.com](mailto:slopezj88@hotmail.com), [yady\\_vv@hotmail.com](mailto:yady_vv@hotmail.com)

## **RESUMEN**

El Proyecto denominado “Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR Y SBS, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba”, se presenta como una guía para la determinación de los porcentajes óptimos para las mezclas asfálticas modificadas, tanto con polímero SBS para mezcla en caliente y SBR para mezcla en frío.

Este proyecto comprende la caracterización del material pétreo, asfalto y emulsión asfáltica, realizados en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Civil, respetando los procedimientos establecidos en las normativas para dicho efecto.

Finalmente se presenta los resultados obtenidos en un análisis comparativo entre mezclas asfálticas modificadas y sin modificar tomando como referencia la estabilidad y flujo de las muestras.

## **ABSTRACT**

The project entitled "Comparative analysis of polymer modified asphalt mixtures SBR and SBS, with aggregates from quarry Guayllabamba" is presented as a guide for determining the optimal percentage for modified asphalt mixtures, both with SBS polymer mixture hot and cold mixing SBR.

This project involves the characterization of stone materials, asphalt and asphalt emulsion, made in the laboratory of the School of Civil Engineering, respecting the procedures established in the regulations for that purpose.

Finally, we present the results of a comparative analysis of asphalt mixtures and unmodified modified by reference to the flow stability of the samples.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Realizar un análisis comparativo de las mezclas asfálticas modificadas con polímeros tipo SBS y SBR.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización de los agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba, teniendo en cuenta las Normas ASTM.
- Realizar la caracterización de las mezclas asfálticas sin la consideración de polímeros.
- Realizar la caracterización de las mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de polímeros.

## ANTECEDENTES

El desarrollo de un país está relacionado directamente con la capacidad de movilidad que posee el mismo, por esta razón el desarrollo de nuevas propuestas para mejorar las características de sus componentes y reducir sus costos de construcción, desarrollará una economía sustentable y competitiva globalmente.



Mapa del Ecuador

Con el desarrollo de nuevos asfaltos modificados con polímeros se logra un alto rendimiento vial que mejorará las condiciones de tránsito y con costos moderados, indiscutiblemente la implementación en Ecuador da como resultado más y mejores beneficios sociales, económicos y ambientales.

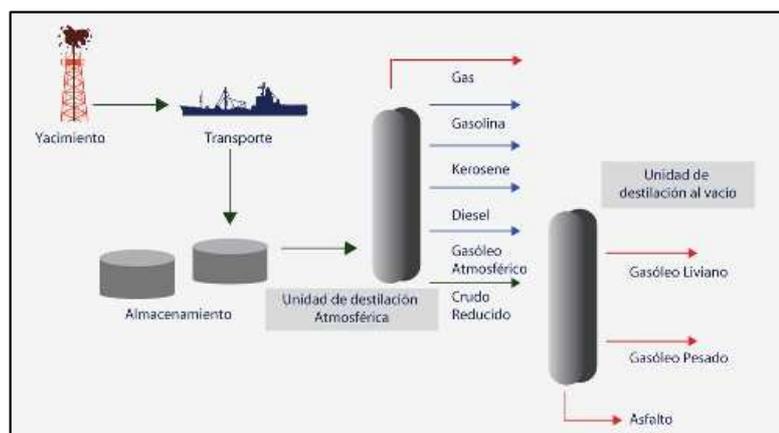
La modificación de asfalto es una nueva técnica utilizada para el aprovechamiento efectivo de asfaltos en la pavimentación de vías. Esta técnica consiste en la adición de polímeros a los asfaltos convencionales con el fin de mejorar sus características mecánicas, es decir, su resistencia a las deformaciones por factores climatológicos y del tránsito (peso vehicular). (Macías , 1994)

## ASFALTO

### DEFINICIÓN

Es una sustancia negra, pegajosa, sólida o semisólida según la temperatura ambiente; a la temperatura de ebullición del agua tiene consistencia pastosa, por lo que se extiende con facilidad. (Del Ángel Trinidad, 2011)

### OBTENCIÓN DEL ASFALTO EN REFINERIAS

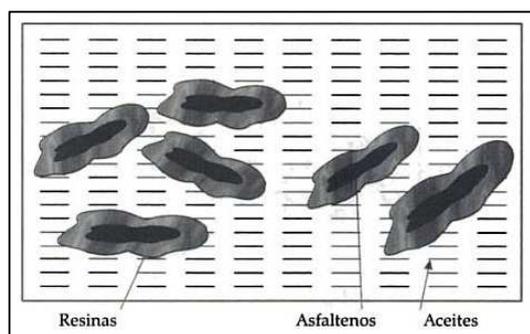


Obtención del Asfalto

FUENTE: [http://www.repsol.com/pe\\_es/productos\\_y\\_servicios/productos/peasfaltos/proceso/](http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/peasfaltos/proceso/)

### COMPOSICIÓN DEL ASFALTO

La composición química de los asfaltos es muy compleja, básicamente está constituida por cadenas de moléculas compuestas fundamentalmente por carbono, hidrógeno, azufre, oxígeno, nitrógeno y complejos de vanadio níquel, hierro, calcio y magnesio.



Esquema coloidal de Pfeiffer.

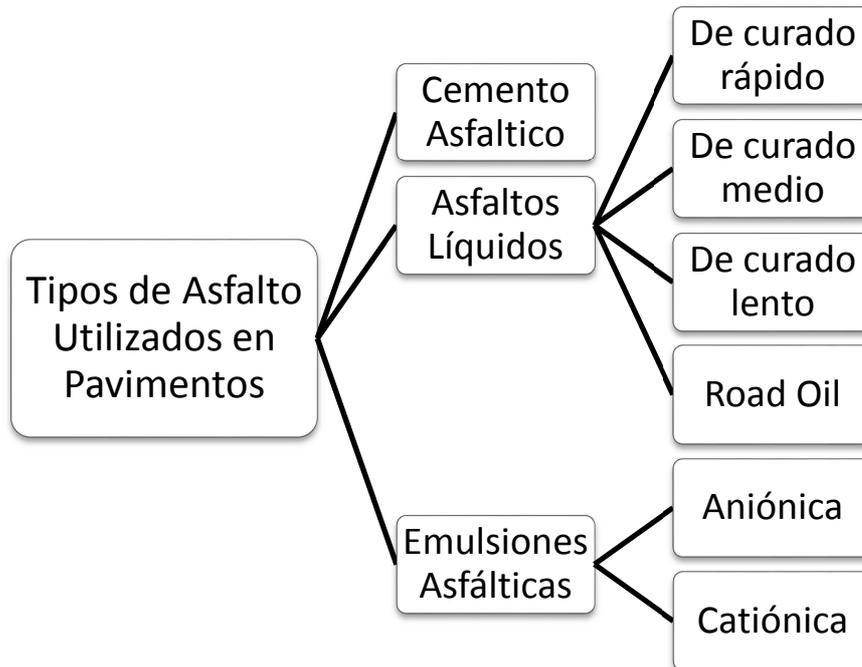
FUENTE: Hugo León Arenas, Tecnología del cemento asfáltico

COMPUESTO	DESDE	HASTA
% DE CARBONO	70	90
% DE HIDROGENO	7.3	10.1
% DE AZUFRE	0.56	9.5
% DE CENIZAS	0.06	1.25
% DE NITROGENO	0.05	7

Elementos constitutivos del Asfalto

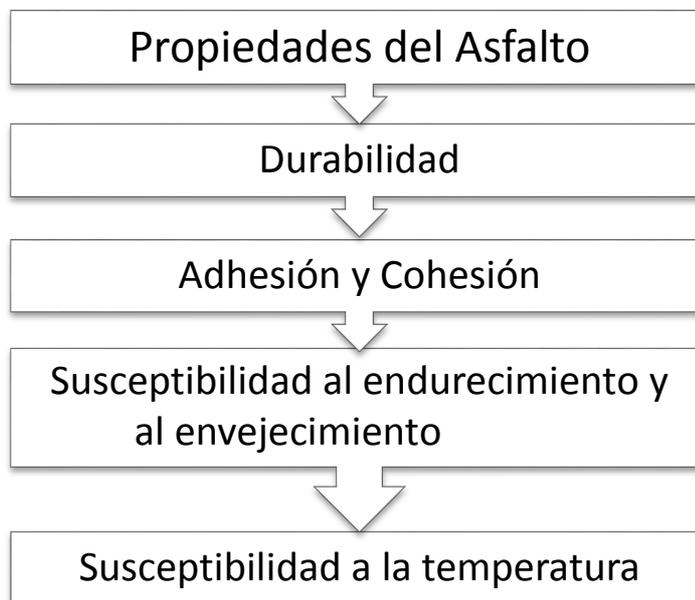
FUENTE: Cartilla de Asfaltos – ASOPAC

## TIPOS DE ASFALTO UTILIZADOS EN PAVIMENTOS



En el Ecuador se comercializan los siguientes tipos de asfalto:  
Asfalto Tipo AP-3 o AC-20 y el asfalto “RC 250” utilizado para riego de imprimación.

## PROPIEDADES



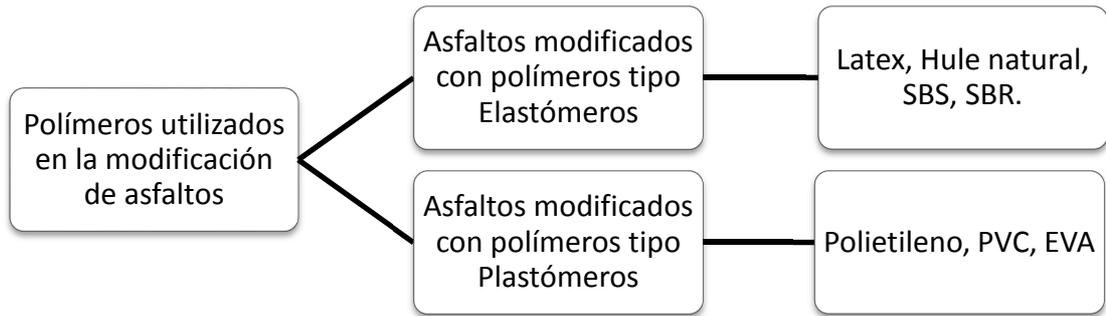
## POLÍMERO

### DEFINICIÓN

Un polímero es una sustancia que consiste en grandes moléculas formadas por muchas unidades pequeñas que se repiten, llamadas monómeros. (Canevarolo, 2002)

### PRODUCCIÓN DE LOS POLÍMEROS

El proceso para producir un polímero es llamado polimerización, los monómeros se unen entre sí para generar las gigantescas moléculas que constituyen el material.



Polímeros utilizados en el proyecto.

### CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS (Maier, 2011)

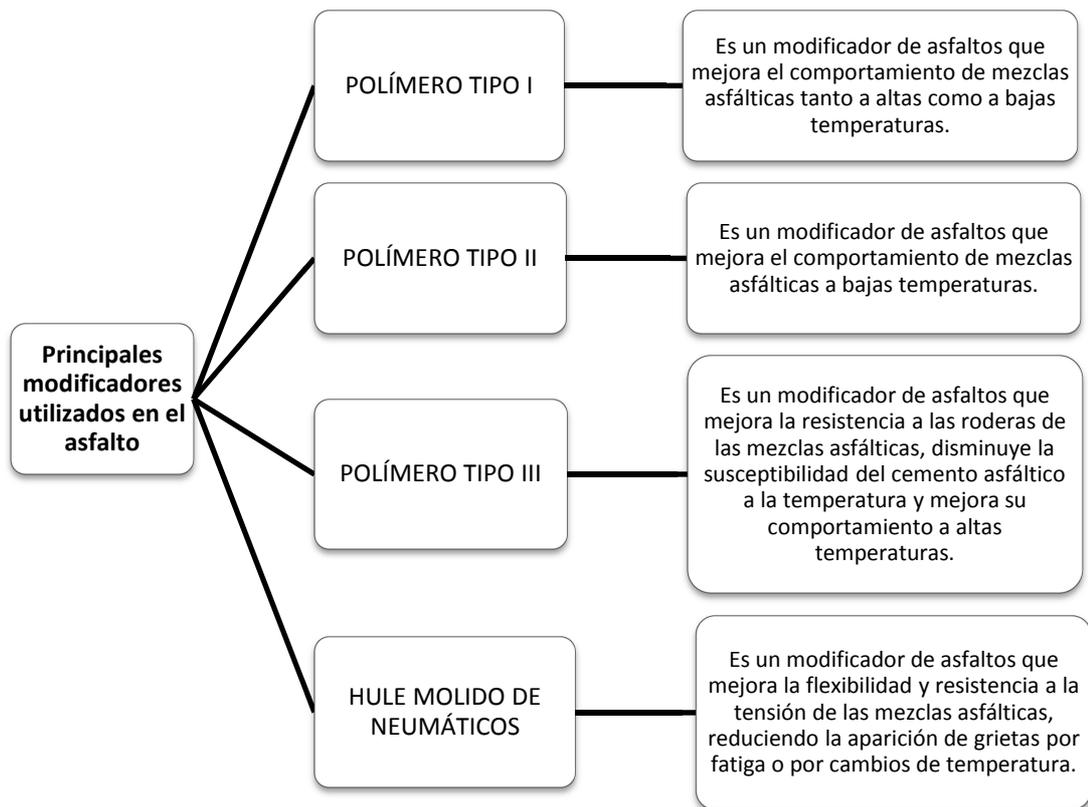
Clasificación de los Polímeros	Según su composición	Homopolímeros
		Copolímeros
	Según su estructura	Lineales
		Ramificado
		Entrecruzado
	Según la reacción de polimerización	Por reacción en cadena
	Por crecimiento en pasos	
Según su comportamiento frente al calor	Termoplásticos	
	Termoestables	
	Elastómero	
Según su área de aplicación	Elastómeros, Plásticos	
	Fibras, Recubrimientos	
	Adhesivos	

## ASFALTOS MODIFICADOS

### DEFINICIÓN

Es un asfalto con propiedades físicas y geológicas mejoradas, se consigue con la integración de moléculas de polímeros en la estructura del asfalto. (e-asfalto, 2010)

### PRINCIPALES MODIFICADORES UTILIZADOS EN EL ASFALTO (Rosembreg, 2007)



Polimerización de Emulsión Asfáltica



Polimerización del Asfalto.

## REALIZACIÓN DEL TRABAJO

### ENSAYOS A LOS AGREGADOS PETREOS

#### **Peso específico y absorción de agregados**



Este ensayo se lo realiza para determinar el Peso específico bruto, el peso específico aparente y la absorción.

#### **Determinación del valor “Equivalente de arena”**



La finalidad del ensayo es indicar, en condiciones normalizadas, la proporción relativa de finos plásticos o de naturaleza arcillosa en los suelos.

#### **Determinación de la resistencia a la abrasión del agregado grueso**



Determinar el desgaste producido por una combinación de impacto y rozamiento superficial en una muestra de agregado grueso.

#### **Determinación del límite plástico y líquido**



- Determinar el porcentaje o contenido de agua que limita el estado plástico del estado resistente semisólido.
- Determinar el contenido de agua cuando el suelo pasa de un estado líquido a un estado plástico

## Resultados de los ensayos en el material pétreo

ENSAYOS	NORMA	Min	Max	Valor Obtenido	Observación
Equivalente de Arena, (%)	ASTM D-2419	50	-	84,5	Cumple
Abrasión de Grueso, (%)	ASTM C-131	-	40	30,87	Cumple
Peso Específico Finos	ASTM D-128	-	-	2,44	
Absorción de agregado Fino, (%)	ASTM D-128	-	-	3,64	
Peso Específico Gruesos	ASTM D-127	-	-	2,37	
Absorción de agregado Grueso, (%)	ASTM D-127	-	-	4	
Límite Plástico	ASTM D-4313	-	-	No Plástico	No Plástico
Límite Líquido	ASTM D-4318	-	-	No Líquido	No Líquido

### ENSAYOS EN EL ASFALTO

#### Punto de Ablandamiento (Anillo y Bola)



Este método se utiliza para determinar el punto de ablandamiento del betún en el intervalo de 30° a 157° C, sumergido en agua destilada.

#### Índice de Penetración en Cementos Asfálticos



Determina la dureza o consistencia relativa, midiendo la distancia que una aguja normalizada penetra verticalmente a una muestra de asfalto en condiciones especificadas de temperatura, carga y tiempo.

#### Ensayo de ductilidad



La ductilidad a baja temperatura es usada para medir la habilidad del material para ser estirado antes de sufrir alguna ruptura (distancia máxima).

## Resultados de los ensayos en el asfalto

ENSAYOS	NORMA	Min	Max	Valor Obtenido	Observación
Penetración (25°C, 100gr, 5s) mm/10	ASTM D-5	60	70	64	Cumple
Ductilidad (25°C, 5cm/min),cm	ASTM D-113	100	-	100,15	Cumple
Punto de Ablandamiento, °C	ASTM D-36	48	57	50,6	Cumple

## ENSAYO EN LA EMULSIÓN ASFÁLTICA

### Porcentaje de Asfalto Residual



Este ensayo nos permite determinar de forma cuantitativa los residuos de asfalto presentes en las emulsiones asfálticas

### Resultado del ensayo en la emulsión asfáltica

ENSAYO	NORMA	Min	Max	Valor Obtenido	Observación
Asfalto Residual, (%)	ASTM D6934-8			63,7	Cumple

## DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON POLÍMERO SBS

### Método Marshall

Los procedimientos originales de prueba de Marshall son aplicables solamente en mezclas para pavimentación de asfalto que contengan agregados de un tamaño máximo de 25 milímetros (1 pulgada) o menos.

El método de Marshall utiliza muestras de prueba estándar de 64 mm (2-1/2 pul.) de alto por 102 mm (4 pul.) de diámetro.

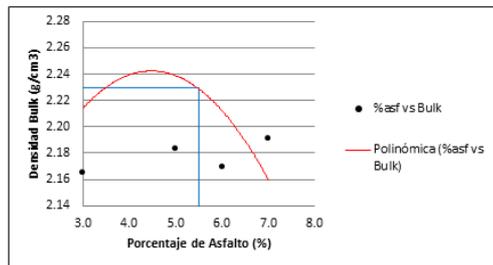
Las dos características principales del método de Marshall son los análisis de densidad y vacíos y la evaluación de la estabilidad de fluidez de las muestras de prueba.

La estabilidad de las muestras de prueba es la máxima resistencia de carga en Newtons (libras) que la muestra de prueba estándar resistirá cuando se evalúa. El valor de la fluidez es el movimiento total o tensión, en unidades de 0.25 mm (1/100 pul.) que se produce entre un punto sin carga y el punto de carga máxima durante la prueba de estabilidad. (Asphalt Institute, 1992)

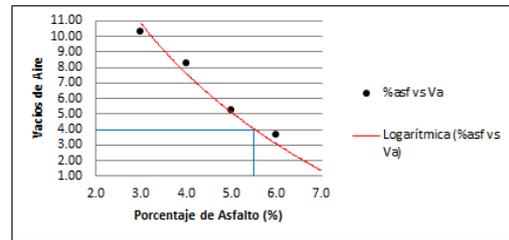
## Resultado ensayo Marshall (Asfalto sin modificar)

Briquetta	% Asfalto	Peso Aire	Peso Sat. Sup. Sec.	Peso en agua	Volumen Briquetta (cm <sup>3</sup> )	Gmb g/cm <sup>3</sup>	Gmm g/cm <sup>3</sup>	V. a. %	VAM %	VAF %	Estabilidad (lb)			Flujo 0.01"
											Medida	Correc.	Corregida	
1	3,0	1115,1	1113,36	605,99	507,37	2,198	2,41	8,91	11,46	22,19	826	1,00	826	10
2	3,0	1161,9	1159,04	615,97	543,07	2,139	2,41	11,33	13,81	17,92	825	0,89	734	11
3	3,0	1102,4	1112,70	601,62	511,08	2,157	2,41	10,61	13,11	19,04	825	1,00	825	10
					Promedio	2,165	2,41	10,3	12,79	19,72			795	10
4	4,0	1194,11	1195,69	649,39	546,30	2,186	2,36	7,25	12,85	43,54	1123	0,89	999	13
5	4,0	1200,10	1215,25	655,52	559,73	2,144	2,36	9,03	14,51	37,81	1123	0,86	965	11
6	4,0	1193,58	1205,12	651,45	553,67	2,156	2,36	8,53	14,05	39,28	1214	0,89	1080	12
					Promedio	2,162	2,36	8,3	13,80	40,21			1015	12
7	5,0	1200,89	1212,85	664,20	548,65	2,189	2,30	4,97	13,64	63,58	1177	0,89	1047	16
8	5,0	1212,56	1224,35	667,95	556,40	2,179	2,30	5,38	14,01	61,61	1105	0,86	950	14
9	5,0	1200,59	1214,47	664,14	550,33	2,182	2,30	5,28	13,92	62,07	1145	0,89	1019	12
					Promedio	2,183	2,30	5,2	13,86	62,42			1005	14
10	6,0	1251,88	1269,34	687,50	581,84	2,152	2,25	4,46	16,00	72,13	1214	0,81	983	15
11	6,0	1233,77	1242,43	675,63	566,80	2,177	2,25	3,34	15,02	77,75	1201	0,86	1033	16
12	6,0	1244,69	1249,75	678,42	571,33	2,179	2,25	3,26	14,95	78,19	1198	0,83	994	17
					Promedio	2,169	2,25	3,7	15,32	76,02			1003	16
13	7,0	1258,02	1265,46	690,19	575,27	2,187	2,20	0,73	15,53	95,27	1400	0,83	1162	18
14	7,0	1256,03	1263,68	690,25	573,43	2,190	2,20	0,57	15,40	96,27	1477	0,83	1226	18
15	7,0	1257,43	1263,46	690,48	572,98	2,195	2,20	0,38	15,23	97,47	1380	0,83	1145	19
					Promedio	2,191	2,20	0,6	15,39	96,34			1178	18

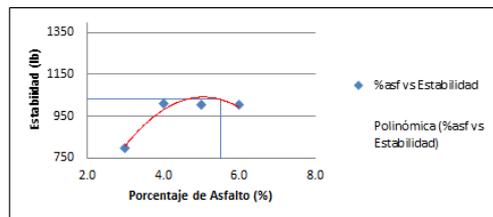
<b>Gsb</b>	<	<b>Gse</b>	<	<b>Gsa</b>
<b>2,4077</b>	<	<b>2,4687</b>	<	<b>2,6791</b>



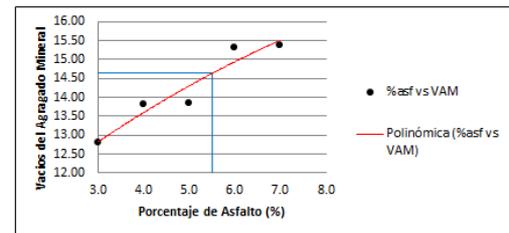
Densidad Vs. Porcentaje de Asfalto



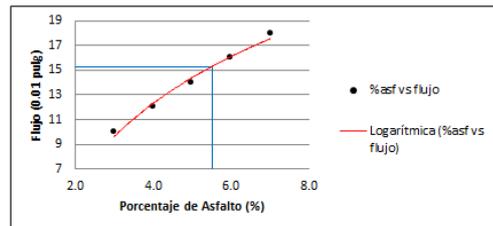
Vacios de Aire Vs. Porcentaje de Asfalto



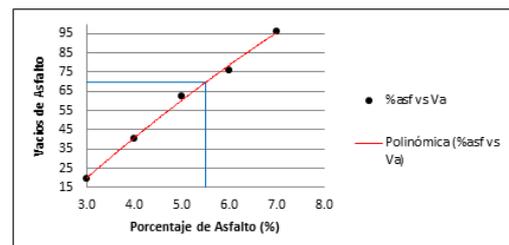
Estabilidad Vs. Porcentaje de Asfalto



V. de Agregado Mineral Vs. Porcentaje de A.



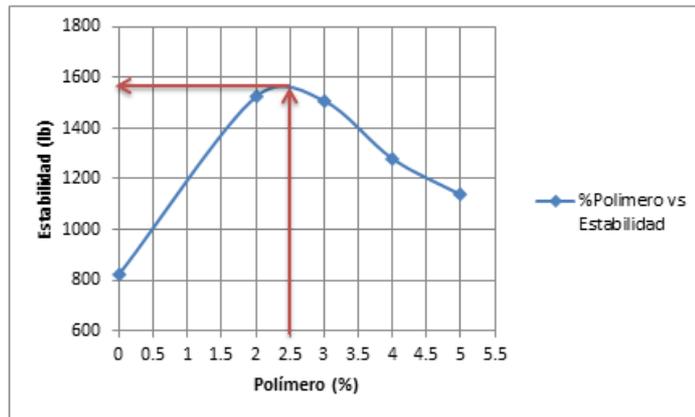
Flujo Vs. Porcentaje de Asfalto



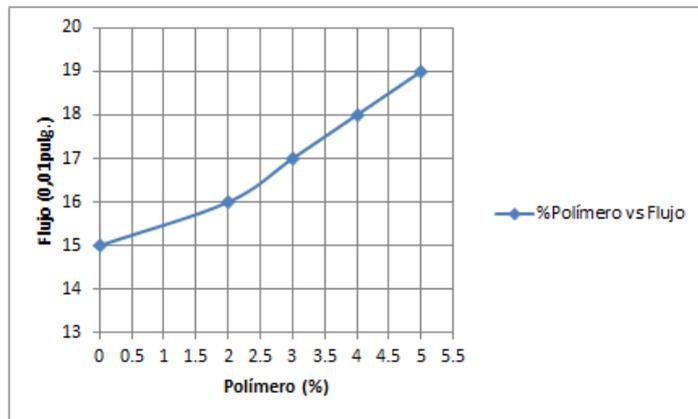
Vacios de asfalto Vs. Porcentaje de Asfalto

### Resultado ensayo Marshall (Asfalto modificado)

Briqueta	porcentaje polimero	Porcentaje Asfalto	Peso Aire	Peso Sat. Sup. Seca	Peso en agua	volumen Briqueta (cm3)	Gmb g/cm3	Gmb (g/g)	V. a. %	VAM %	VAF %	Estabilidad (lb)			Flujo 0.01*
												Medida	Correc.	Corregida	
1	0	5,5	1247,09	1257,04	665,64	591,40	2,109	2,25	6,36	17,24	63,09	744	1,00	744	15
2	0	5,5	1248,35	1254,39	664,30	590,09	2,116	2,28	7,10	16,97	58,13	838	1,00	838	15
3	0	5,5	1253,56	1263,90	667,22	596,68	2,101	2,28	7,75	17,54	55,84	891	1,00	891	14
						Promedio	2,108	2,27	7,1	17,25	59,02			824	15
4	2	5,5	1234,35	1246,64	654,49	592,15	2,085	2,26	8,47	18,19	53,45	1456	1,00	1456	16
5	2	5,5	1242,62	1252,63	656,78	595,85	2,085	2,28	8,42	18,15	53,58	1559	1,00	1559	15
6	2	5,5	1243,76	1258,13	666,98	591,15	2,104	2,28	7,61	17,42	56,31	1559	1,00	1559	16
						Promedio	2,091	2,28	8,2	17,92	54,45			1524	16
7	3	5,5	1244,66	1257,03	678,11	578,92	2,150	2,28	5,59	15,62	64,19	1488	1,00	1488	18
8	3	5,5	1154,17	1161,54	623,11	538,43	2,144	2,28	5,87	15,87	62,99	1492	1,00	1492	16
9	3	5,5	1241,32	1251,35	659,33	592,02	2,097	2,28	7,93	17,71	55,22	1544	1,00	1544	17
						Promedio	2,130	2,28	6,5	16,40	60,80			1508	17
10	4	5,5	1243,80	1254,36	670,27	584,09	2,129	2,28	6,49	16,42	60,47	1307	1,00	1307	18
11	4	5,5	1243,25	1250,58	672,43	578,15	2,150	2,28	5,57	15,60	64,28	1271	1,00	1271	17
12	4	5,5	1242,48	1253,81	664,19	589,62	2,107	2,26	7,47	17,29	56,82	1263	1,00	1263	18
						Promedio	2,129	2,28	6,5	16,44	60,52			1280	18
13	5	5,5	1233,29	1240,88	662,73	578,15	2,133	2,28	6,33	16,28	61,11	1124	1,00	1124	19
14	5	5,5	1237,99	1245,17	664,24	580,93	2,131	2,28	6,42	16,36	60,74	1170	1,00	1170	19
15	5	5,5	1234,16	1240,13	669,24	570,89	2,162	2,28	5,07	15,15	66,53	1120	1,00	1120	18
						Promedio	2,142	2,28	5,9	15,93	62,79			1138	19



Estabilidad Vs. Porcentaje de Polímero

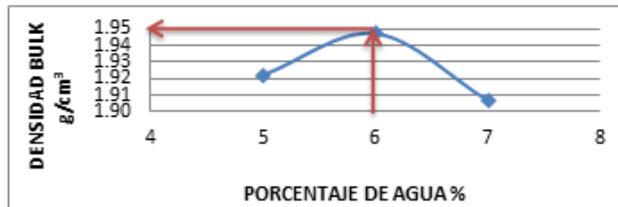


Flujo Vs. Porcentaje de Polímero

# DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON POLÍMERO SBR

## Determinación del Porcentaje de Agua Óptimo

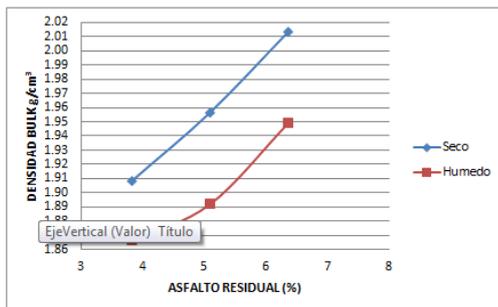
% DE AGUA	BRIQUETA	PESO DEL AGUA	PESO DE LA EMULSIÓN 8%	PESO EN EL AIRE	PESO SATU. SUPER. SECA	PESO SUMERGIDO	VOLUMEN	Gmb (g/cm³)	Estabilidad (lb)			Flujo (0.01")
									Medida	Correc.	Corregida	
5	1	60	96	1193.32	1197.75	571.41	626.34	1.91	1834.9	0.71	1302.78	30
	2	60	96	1213.87	1217.6	591.56	626.04	1.94	2489.1	0.71	1767.26	26
				1203.595	1207.675	581.485	626.19	1.92	2162.00		1535.02	28
6	1	72	96	1226.8	1228.93	598.03	630.9	1.94	2474.7	0.71	1757.04	33
	2	72	96	1168.97	1172.99	558.27	614.72	1.90	1502.9	0.74	1112.15	33
	3	72	96	1171.08	1172.74	585.88	586.86	2.00	3215.8	0.83	2669.11	28
			1188.95	1191.55	580.72	610.83	1.95	2397.80		1846.10	31	
7	1	84	96	1220.43	1222.71	585.25	637.46	1.91	2737.4	0.71	1943.55	32
	2	84	96	1194.16	1195.42	582.14	613.28	1.95	2957.5	0.74	2188.55	30
	3	84	96	1159.08	1161.88	538.13	623.75	1.86	1535.4	0.74	1136.20	29
			1191.22	1193.33	568.50	624.83	1.91	2410.10		1756.10	30	



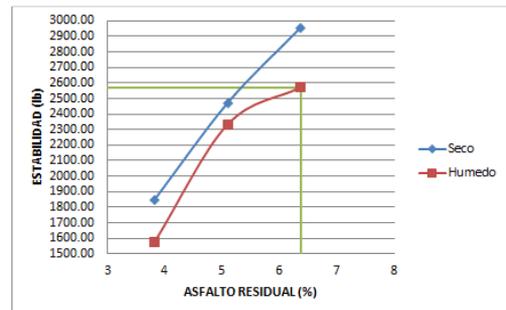
Densidad Bulk Vs. Porcentaje de Agua

## Resultado ensayo Marshall Modificado (Emulsión Asfáltica sin modificar)

% EMULSION	briqueta #	peso de la emulsión	peso del agua 6%	peso en el aire	peso satura. sup. seca	peso sumergido	volumen briqueta	Gmb (g/cm³)	Estabilidad (lb)			Flujo (0.01")	
									Medida	Correc.	Corregida		
6	SECO	6.1	72	72	1186.96							0.00	
		6.2	72	72	1211.85	1216.77	584.13	632.64	1.916	2609.7	0.71	1852.89	20
		6.4	72	72	1202.85	1207.8	575.1	632.7	1.901	2597.4	0.71	1844.15	20
					promedios			632.67	1.908			1848.52	20
	HUMEDO	6.5	72	72	1210.58	1276	632.03	643.97	1.880	2142	0.68	1456.56	19
		6.6	72	72	1207.59	1301.82	650.03	651.79	1.853	2494.2	0.68	1696.06	19
				promedios			647.88	1.866			1576.31	19.00	
8	SECO	8.1	96	72	1218.91	1224.98	592.6	632.38	1.927	3285.3	0.71	2332.56	24
		8.2	96	72	1196.68	1202.58	600.76	601.82	1.988	3336.6	0.77	2569.18	24
		8.3	96	72	1211.13	1216.53	596.69	619.84	1.954	3395.2	0.74	2512.45	24
				promedios			618.01	1.957			2471.40	24	
	HUMEDO	8.4	96	72	1202	1298.62	665.46	633.16	1.898	3326.3	0.71	2361.67	26
		8.5	96	72	1190.85	1245.05	617.27	627.78	1.897	3227.7	0.71	2291.67	26
8.6		96	72	1212.4	1317.91	673.22	644.69	1.881	3447.4	0.68	2344.23	24	
			promedios		635.21	1.891				2332.52	25		
10	SECO	10.1	120	72	1202.06	1207.51	607.71	599.8	2.004	3624.1	0.8	2899.28	26
		10.2	120	72	1155.84	1160.72	591.71	569.01	2.031	3398.9	0.86	2923.05	26
		10.3	120	72	1189.32	1194.36	601.24	593.12	2.005	3812.2	0.8	3049.76	27
				promedios			587.31	2.014			2957.36	26	
	HUMEDO	10.4	120	72	1185.23	1231.28	613.43	617.85	1.918	3534.6	0.74	2615.60	26
		10.5	120	72	1216.9	1245.83	625.15	620.68	1.961	3374.2	0.74	2496.91	27
10.6		120	72	1193.62	1267.87	661.59	606.28	1.969	3382.3	0.77	2604.37	28	
			promedios			614.93	1.949			2572.29	27		



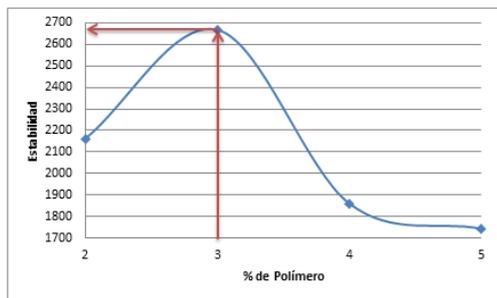
Densidad Bulk Vs. Asfalto Residual



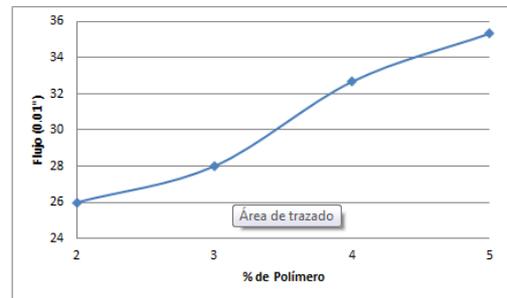
Estabilidad Vs. Asfalto Residual

## Resultado ensayo Marshall Modificado (Emulsión Asfáltica modificada)

#	% de polímero	% de Emulsión	Peso Aire	Peso Sal. Sup. Seca	Peso Sumer.	Volumen Briqueta (cm <sup>3</sup> )	Gmb (g/cm <sup>3</sup> )	Gmm (g/cm <sup>3</sup> )	V. a. (%)	VAM (%)	VAF (%)	Estabilidad (lb)			Flujo (0.01")
												Medida	Correc.	Corregida	
1	2	10	1243.69	1259.00	599.62	659.38	1.988	2.252	8.36	17.24	63.09	2738	0.65	1780	27
2	2	10	1219.62	1228.40	595.74	632.66	1.928	2.277	7.10	16.97	58.13	3464	0.71	2459	25
3	2	10	1231.75	1241.72	599.23	642.49	1.917	2.277	7.75	17.54	55.84	3307	0.68	2249	26
						Promedio	1.910	2.27	7.1	17.25	59.02			2163	26
4	3	10	1224.68	1231.60	590.76	640.84	1.911	2.28	8.47	18.19	53.45	3837	0.68	2609	28
5	3	10	1228.32	1235.06	599.48	635.58	1.933	2.28	8.42	18.18	53.58	3617	0.71	2568	28
6	3	10	1207.39	1214.81	601.04	613.77	1.967	2.28	7.61	17.42	56.31	3818	0.74	2825	28
						Promedio	1.937	2.28	8.2	17.92	54.45			2667	28
7	4	10	1206.77	1217.44	609.06	608.38	1.984	2.28	5.59	15.62	54.19	2630	0.77	2025	32
8	4	10	1245.03	1261.42	612.07	649.35	1.917	2.28	5.87	16.87	62.99	2566	0.68	1745	33
9	4	10	1238.51	1248.64	597.95	650.69	1.903	2.28	7.93	17.71	55.22	2666	0.68	1813	33
						Promedio	1.935	2.28	6.5	16.40	60.80			1861	33
10	5	10	1242.71	1255.27	615.29	639.98	1.942	2.28	6.49	16.42	60.47	2516	0.68	1711	35
11	5	10	1197.27	1214.20	580.30	633.90	1.889	2.28	5.57	15.60	54.28	2692	0.71	1911	36
12	5	10	1245.95	1261.98	613.11	648.87	1.926	2.28	7.47	17.29	56.82	2368	0.68	1610	35
						Promedio	1.917	2.28	6.5	16.44	60.52			1744	35



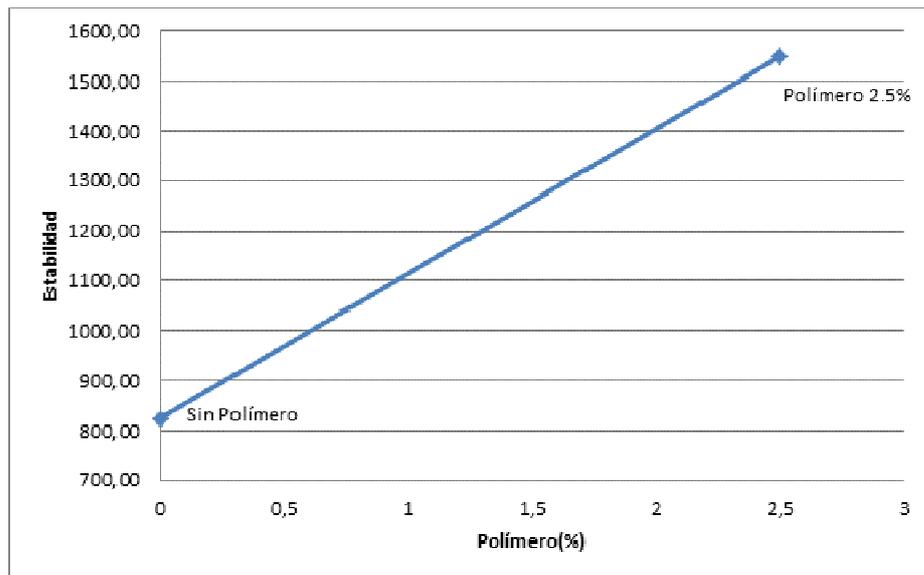
Estabilidad Vs. Porcentaje de Polímero



Flujo Vs. Porcentaje de Polímero

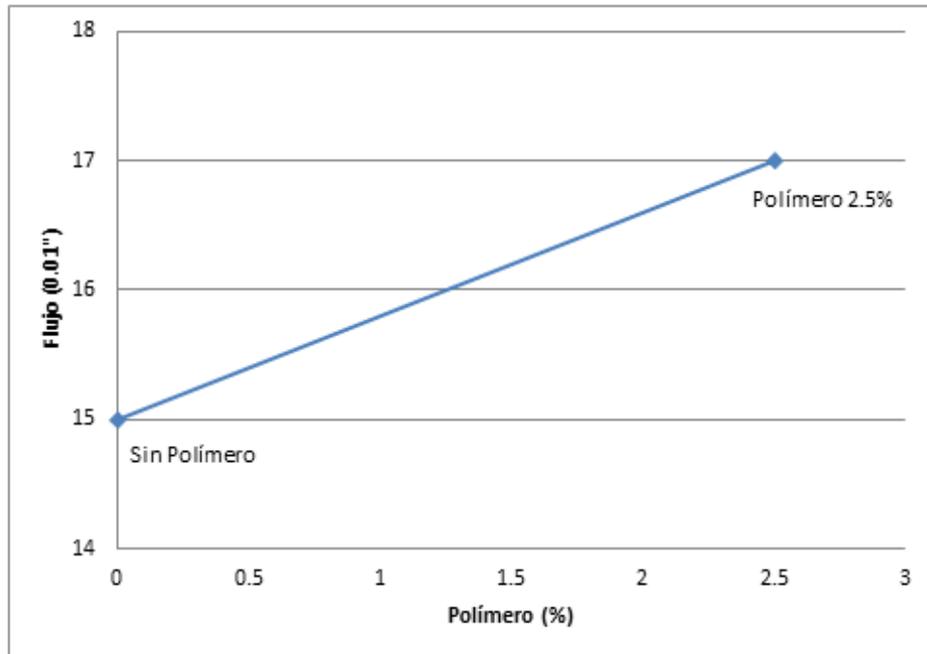
## ANÁLISIS COMPARATIVO

**Comparación de la mezcla asfáltica sin modificar y modificada con polímero SBS.**



Estabilidad Vs. Porcentaje de Polímero

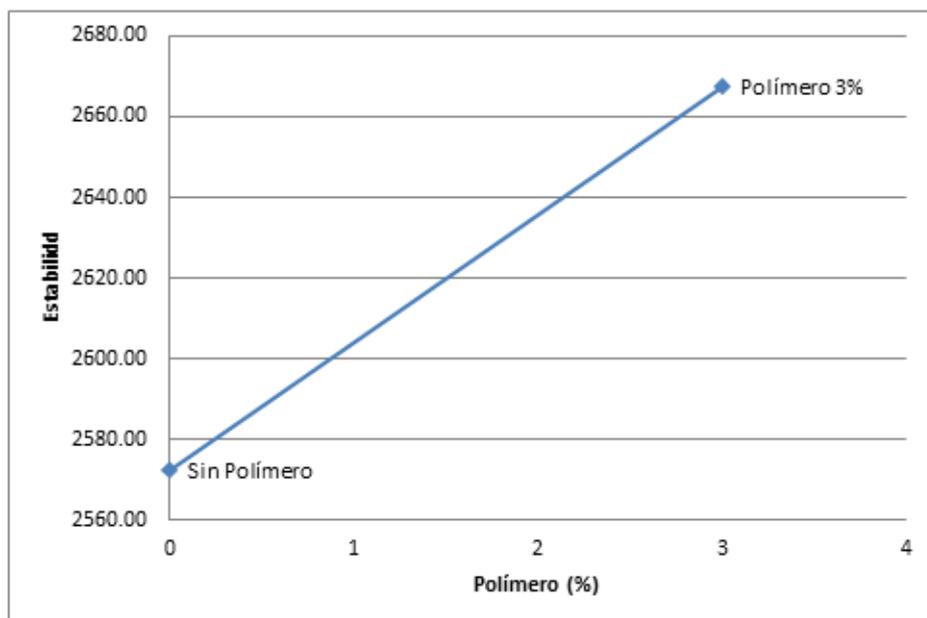
Se puede evidenciar que la mezcla asfáltica modificada con polímero SBS tiene una mayor estabilidad que la mezcla sin polímero, su capacidad de carga aumenta en 88.10% con referencia a la mezcla simple sin polímero.



Estabilidad Vs. Porcentaje de Polímero

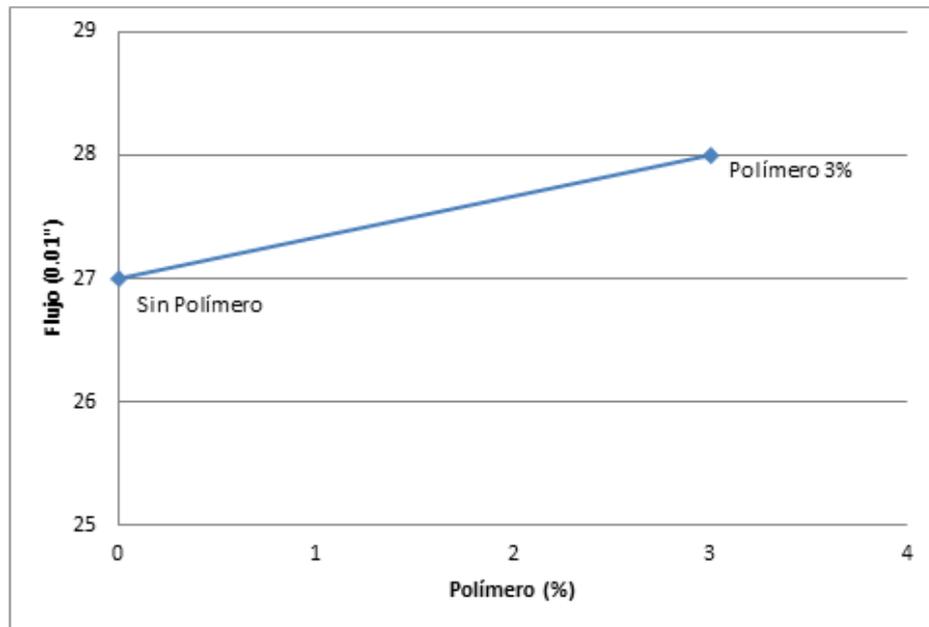
Se puede evidenciar que la mezcla asfáltica modificada con polímero SBS tiene un mayor flujo que la mezcla sin polímero, su capacidad de deformación aumenta en 13.33% con referencia a la mezcla simple sin polímero.

### Comparación de la mezcla asfáltica sin modificar y modificada con polímero SBS.



Estabilidad Vs. Porcentaje de Polímero

Se puede evidenciar que la mezcla asfáltica modificada con polímero SBR tiene una mayor estabilidad que la mezcla sin polímero, su capacidad de carga aumenta en 3.68% con referencia a la mezcla simple sin polímero.



Flujo Vs. Porcentaje de Polímero

Se puede evidenciar que la mezcla asfáltica modificada con polímero SBR tiene un mayor flujo que la mezcla sin polímero, su capacidad de deformación aumenta en 3.70% con referencia a la mezcla simple sin polímero.

### CONCLUSIONES

- El porcentaje teórico de asfalto que se obtuvo es 3,20 %, realizando incrementos a este valor y con ello 3 briquetas por cada incremento, se determinó en base a la cantidad de vacíos de aire el porcentaje óptimo de asfalto con un valor de 5,5 % para la combinación de agregados determinada.
- El porcentaje óptimo de polímero SBS para la mezcla en caliente es el 2,5%, con este porcentaje óptimo tenemos una estabilidad de 1550 lb teniendo una mejora del 88,10% en este parámetro, y un flujo de 16,5 (0,01 pulg.) teniendo incremento del 13,33%.
- La mezcla asfáltica en caliente de la investigación quedó constituida por 59 % de agregado grueso, 41 % de agregado fino, 5,5% de asfalto y 2,5% de polímero SBS.
- Se obtuvo un porcentaje óptimo de agua para la mezcla asfáltica en frío del 6,00%.
- El contenido óptimo de emulsión en la mezcla en frío para el agregado pétreo se obtiene con una serie de muestras de prueba con diferentes contenidos de emulsión, se determinó que con el 10,00%, las características de la mezcla asfáltica llegan a sus valores máximos de estabilidad y flujo.

- ✚ El porcentaje óptimo de polímero SBR en la mezcla en frío es el 3,0 %, con este porcentaje óptimo tenemos una estabilidad de 2667 lb teniendo una mejora del 3,68% en este parámetro, y un flujo de 28 (0,01 pulg) teniendo incremento del 3,70%.
- ✚ La mezcla asfáltica en frío de la investigación quedó constituida por 59 % de agregado grueso, 41 % de agregado fino, 10,00% de emulsión asfáltica y 3,0 % de polímero SBR.
- ✚ En la mezcla asfáltica en caliente modificada con polímero SBS se obtuvo un incremento en la estabilidad de 88,10% y de flujo del 13,33%, mientras que la mezcla en frío modificada con polímero SBR su incremento fue 3,68% en estabilidad y 3,70% en flujo, donde se puede constatar que la mezcla en caliente mejora notoriamente sus características, en cambio, la mezcla en frío mejora sus características pero no son tan notorias en comparación a las mejoras que se obtuvo en caliente.
- ✚ Las mezclas en caliente con polímero SBS por sus características de estabilidad, flujo y por sus condiciones de ensayo son aptas para capas de rodadura, mientras que las mezclas en frío se las utiliza en el diseño de carpetas asfálticas como base mejorada, debido a que las mezclas en caliente usan solo asfalto como ligante por lo cual existe una mayor cohesión y las mezclas en frío al utilizar emulsión asfáltica que contiene agua al momento de ser colocada en obra esta se evapora dejando espacios entre en agregado.

### REFERENCIAS

Asphalt Institute. (1992). Principios de construcción de pavimentos de mezclas asfálticas en caliente MS-22. Estados Unidos: Asphalt Institute.

Canevarolo, S. (2002). *Ciencia dos Polimeros*. Brasil: Universidad Federal de San Carlos.

Del Ángel Trinidad, J. (04 de Abril de 2011). *Scribd*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/52283919/asfalto>

e-asfalto. (2010). *E-Asfalto*. Obtenido de <http://www.e-asfalto.com/modificados/modificados.htm>

Macías, J. (1994). XI Reunión Nacional de Vías Terrestres. Modificación de Asfaltos con Polímeros. Ponencia presentada en Morelia. Michoacán.

Maier, M. S. (2011). *DESTEXTILES*. Obtenido de <http://www.detextiles.com/files/ESTRUCTURA%20DE%20LOS%20POLIMEROS.pdf>

Rosembreg. (2007). *Asfalto modificado con polímero*.