



REPORTE DE INVESTIGACIÓN LM- PI - PV- IN- XX - 02

Análisis de asfaltos modificados

INFORME PARCIAL

FASE 1

Investigador principal

Ing. Guillermo Loría

Investigador asociado

Ing. Mario Arce

Noviembre 2003

Evaluación de asfaltos modificados en laboratorio con distintos polímeros

1. INTRODUCCIÓN

La modificación de asfaltos con polímeros de las mas diversas variedades y procedencias es una de las tendencias mas importantes de la industria de construcción de carreteras actual.

Los aportes de los polímeros a la mejora de las propiedades reológicas de los asfaltos han sido ampliamente estudiados. Sin embargo, cada vez que sale al mercado un nuevo producto, es fundamental realizar un análisis exhaustivo de las mejoras que podría provocar dicho polímero al asfalto.

La metodología de clasificación de asfaltos por grado de desempeño se ha constituido en la herramienta primordial de análisis de asfaltos, no obstante, en el caso de asfaltos modificados su rango de aplicación es muy limitado, tal y como se ha determinado el protocolo hasta ahora. El principal problema que ha habido es que asfaltos modificados con distintos polímeros pueden tener el mismo grado de desempeño, sin poder discernir entre los aportes individuales de cada polímero, que podrían llevar a la escogencia de alguno que máxime las características del asfalto modificado.

Actualmente, el NCHRP 9-10 está implementando una serie de nuevos ensayos que podrán ponderar cual de varios modificadores provoca mejores condiciones reológicas al asfalto. Este aporte de NCHRP 9-10 es clave para determinar con qué polímero se desempeñará mejor el ligante, dado que en muchos casos, el criterio para escoger un modificador se basa solamente en criterios financieros, dado un mismo grado de desempeño. Con esta actualización a la tecnología, se podrán hacer análisis financieros considerando un tiempo de vida útil de la carretera mayor.

Este estudio nace con el objetivo principal de analizar distintos polímeros y su efecto sobre asfaltos base tipo AC-20 y AC-30, y determinar el grado de desempeño que tiene cada uno de ellos, en distintas concentraciones de polímero. Esta información puede ser de gran relevancia para constructores de carreteras para escoger adecuadamente entre las opciones que tiene el mercado.

En una segunda etapa, se estudiarán mezclas patrón cuyo asfalto será modificado con los polímeros analizados. Se efectuarán los ensayos de deformación permanente y módulo resiliente a la tensión diametral, y con estos resultados se determinará cuáles mezclas se desempeñaron mejor.

1.1 Esquema metodológico

A continuación se presenta el esquema metodológico de la primera fase del proyecto:

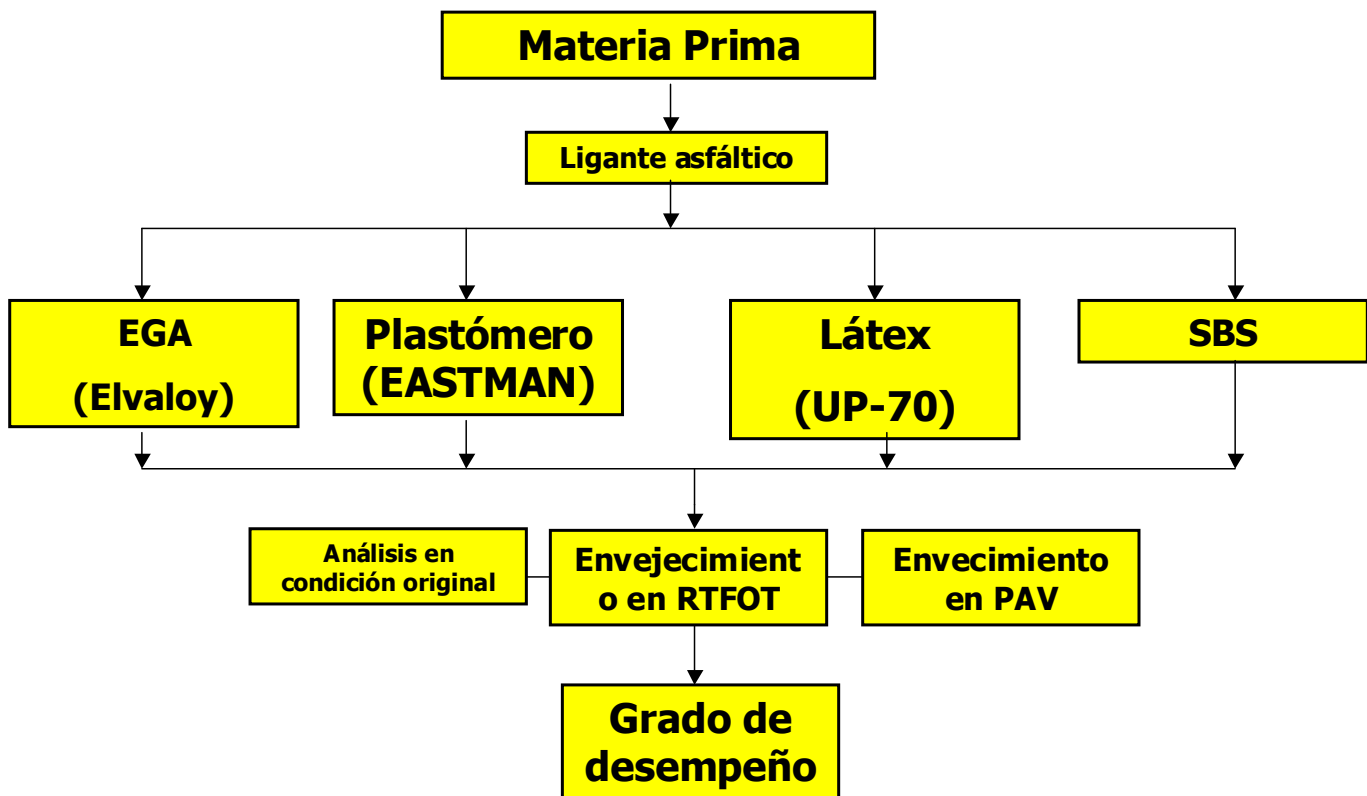


Figura No. 1: Esquema metodológico

Para la segunda etapa del proyecto se efectuará el siguiente análisis:

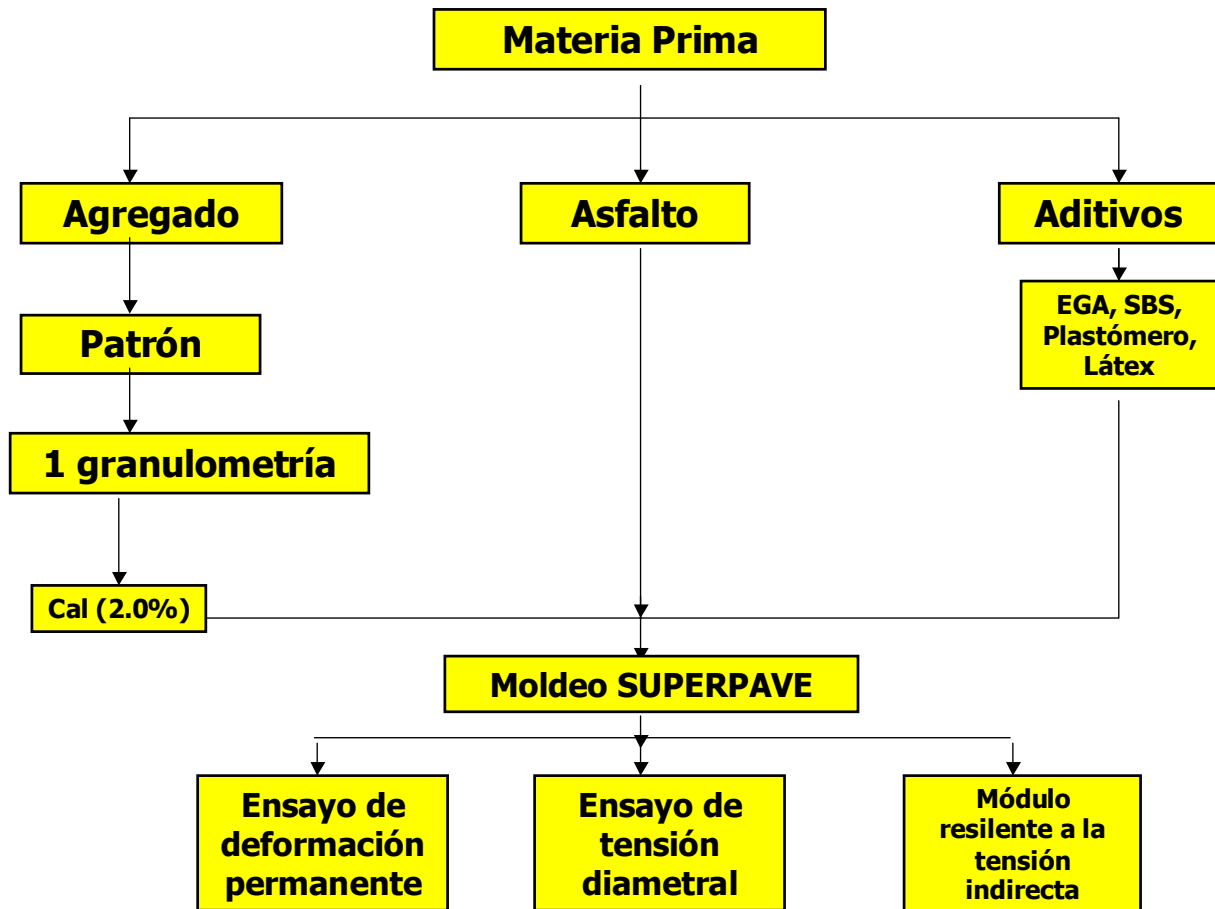


Figura No. 2: Esquema metodológico para la segunda etapa del proyecto

Con estos resultados sobre la mezcla, se pretende encontrar cual polímero presentará un mejor desempeño en sitio.

2. UBICACIÓN DEL AVANCE DEL PROYECTO

En cuanto al avance del proyecto se puede indicar que faltan por realizar algunos ensayos de caracterización de caracterización a temperatura intermedia, los cuales se efectuarán en la próximas cuatro semanas.

3. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

En el estudio se utilizaron dos asfaltos base, uno AC-20 y el otro AC-30, cuyas principales características se describen a continuación.

3.1 Ligantes asfálticos base

3.1.1 Ligante asfáltico tipo AC-20

Tabla No.1: Caracterización del asfalto AC-20

ENSAYO	AASHTO	RESULTADO (2)	ESPECS	Normativa	UNID.
Punto de inflamación	T 48	255 ±1	min. 232	min. 232	°C
Penetración a 25°C	T 49	80,0 ± 1,8	min. 50	min 50	(1/10 mm)
Viscosidad cinemática a 125°C	T 201	844 ± 2	-	-	cSt
Viscosidad cinemática a 135°C	T 201	487,5 ± 5,6	min. 350	min. 350	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 145 °C	T 201	307,9 ± 0,3	-	-	cSt
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60°C (original)	T 201	2411 ± 4	2400-3600	2400-3600	Poise
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60°C (envejecido en TFO)	T 201	5952 ±6	máx.12000	-	Poise
DUCTILIDAD A 25°C (envejecido en TFO)	T 51		mín. 40	mín. 40	cm
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	T 44	99,97 ±0,01	min. 99,00	min. 99,00	%
GRAVEDAD ESPECIFICA A 25°C	T 228	1,037 ± 0,0003	-	-	-
PERDIDA EN PELULA DELGADA (RTFO)		0,690 ±0,01	-	-	-
PERDIDA EN PELICULA DELGADA (D 1754)	T 179	0,55 ±0,01	max. 0.50	max. 0,50	%
Indice de susceptibilidad térmica (VTS)	No norma AASHTO	3,37	-	3,30-3,90	-
Razón de viscosidades	No norma AASHTO	2,4	-	máx.3,0	-
Indice de inestabilidad coloidal (IC)			-	máx 0,60	-
Porcentaje de ceras.			-	máx 3,0	%

El ligante asfáltico virgen utilizado clasifica como un AC-20 en el límite.

En cuanto a los parámetros de pureza, seguridad, susceptibilidad al envejecimiento y susceptibilidad térmica, el único parámetro que incumple la especificación, es el de pérdida de masa por calentamiento en el horno rotatorio de película delgada (TFO).

En las Tablas No. 2, 3 y 4 se presenta la caracterización reológica del ligante.

**Tabla No. 2: Caracterización reológica del ligante asfáltico AC-20:
Determinación del grado de desempeño superior**

TEMP.	CONDICION ORIGINAL		CONDICION ENVEJECIDA EN RTFO (4)	
	Módulo de deformabilidad $G^* / \text{sen } \delta$ (kPa)	ANGULO DE FASE	Módulo de deformabilidad $G^* / \text{sen } \delta$ (kPa)	ANGULO DE FASE
58°C	3,054	81,7	7,985	75,8
70°C	0,708	86,3	1,883	80,9
82°C	0,227	87,7	0,532	84,2
Grado de desempeño	67,85 (64°C)		68,13(64°C)	

**Tabla No. 3: Caracterización reológica del ligante asfáltico virgen AC-20:
Determinación del grado de desempeño intermedio**

TEMP.	CONDICION ENVEJECIDA EN RTFO + PAV	
	Módulo de fatiga $G^* \text{ sen } \delta$ (MPa)	ANGULO DE FASE
16°C	5,152	44,5
22°C	2,497	48,0
28°C	1,270	52,3
Grado de desempeño	16,24 (19°C)	

Tabla No. 4: Grado de desempeño superior e intermedio del ligante asfáltico AC-20 virgen

GRADO DE DESEMPEÑO	
Temperatura superior	64
Temperatura intermedia	19

Según los ensayos reológicos, el ligante clasifica, de acuerdo con la metodología SUPERPAVE para determinación del grado de desempeño, como un PG-64 (19), donde 64 representa la temperatura máxima de desempeño y 19 representa la temperatura intermedia de desempeño.

3.1.2 Ligante asfáltico tipo AC-30

En la Tabla No.5 se presenta la caracterización físico-química del asfalto utilizado sin modificar.

Tabla No. 5: Caracterización físico-química del ligante asfáltico AC-30 virgen

ENSAYO	AASHTO	Resultado	Especif.AASHTO	Especificación Nacional	UNID.
Punto de inflamación	T 48	276	min. 232	min. 232	°C
Penetración a 25°C	T 49	61	min. 50	min 50	(1/10 mm)
Viscosidad cinemática a 125°C	T 201	1033	-	-	cSt
Viscosidad cinemática a 135°C	T 201	578	min. 350	min. 350	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 145 °C	T 201	332	-	-	cSt
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60°C (original)	T 201	3041	2400-3600	2400-3600	Poise
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60°C (envejecido en TFO)	T 201	7283	máx.12000	-	Poise
DUCTILIDAD A 25°C (envejecido en TFO)	T 51	-	mín. 40	mín. 40	cm
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	T 44	99,99	min. 99,00	min. 99,00	%
GRAVEDAD ESPECIFICA A 25°C	T 228	1,021	-	-	-
PERDIDA EN PELULA DELGADA (RTFO)		0,61	-	-	-
PERDIDA EN PELICULA DELGADA (D 1754)	T 179	0,42	max. 0,50	max. 0,50	%
Indice de susceptibilidad térmica (VTS)	No norma AASHTO	3,41	-	3,30-3,90	-
Razón de viscosidades	No norma AASHTO	2,4	-	máx.3,0	-
Indice de inestabilidad coloidal (IC)	-	-	-	máx 0,60	-
Porcentaje de ceras.	-	-	-	máx 3,0	%

El ligante asfáltico virgen utilizado clasifica como un AC-30.

En cuanto a los parámetros de pureza, seguridad, susceptibilidad al envejecimiento y susceptibilidad térmica, el único parámetro que incumple la especificación, es el de pérdida de masa por calentamiento en el horno rotatorio de película delgada (TFO).

En las Tablas No. 6, 7 y 8 se presenta la caracterización reológica del ligante.

Tabla No. 6: Caracterización reológica del ligante asfáltico AC-30 virgen: Determinación del grado de desempeño superior

Ensayos de Determinación del grado de desempeño superior				
TEMP.	CONDICION ORIGINAL		CONDICION ENVEJECIDA EN RTFO (4)	
	Módulo de deformabilidad G* / sen δ (kPa)	ANGULO DE FASE	Módulo de deformabilidad G* / sen δ (kPa)	ANGULO DE FASE
58°C	4,045	82,7	10,918	77,6
70°C	0,829	86,1	2,221	82,3
82°C	0,248	87,9	0,607	85,5
Grado de desempeño	69,2 (64°C)		70,1 (70°C)	

Tabla No. 7: Caracterización reológica del ligante asfáltico virgen: Determinación del grado de desempeño intermedio

Ensayos de Determinación del grado de desempeño intermedio		
TEMP.	CONDICION ENVEJECIDA EN RTFO + PAV	
	Módulo de fatiga G* sen δ (MPa)	ANGULO DE FASE
16°C	6,367	42,5
22°C	3,131	47,1
28°C	1,612	52,0
Grado de desempeño	17,99 (19°C)	

Tabla No. 8: Grado de desempeño superior e intermedio del ligante asfáltico virgen

GRADO DE DESEMPEÑO	
Temperatura superior (°C)	64
Temperatura intermedia (°C)	19

Según los ensayos reológicos, el ligante clasifica, de acuerdo con la metodología SUPERPAVE para determinación del grado de desempeño, como un PG-64 (19), donde 64 representa la temperatura máxima de desempeño y 19 representa la temperatura intermedia de desempeño.

3.2 Modificantes utilizados

3.2.1 Polímero tipo EGA

El polímero tipo EGA es del tipo Etilen Glicidil Acrilato, el cual se incorporó directamente al asfalto y se mezcló durante 2 horas a 150°C. Luego de esto, se dejó en el horno a 150°C por 24 horas.

Se dosificó al 1.5% del peso del asfalto.

La figura No.3 muestra al polímero citado.



Figura No. 3: Polímero EGA

3.2.2 Polímero tipo elastómero

Se utilizó un elastómero del tipo SBS (estireno, butadieno, estireno). El fabricante recomienda que la temperatura normal de operación deber ser entre 157 y 163°C y debe tenerse agitación ya sea mecánica o con bombas de recirculación. No se debe permitir que la temperatura de almacenaje exceda los 204°C y no debe exceder de 193°C por más de dos horas.



Figura No. 4: Polímero EGA

3.2.3 Polímero tipo plastómero

El plastómero utilizado es un olefin fue diseñado para usarse como un modificador de alta temperatura. Tiene baja viscosidad, facilita la trabajabilidad de la mezcla, y es compatible con un alto grado de asfaltos. La funcionabilidad de este polímero radica en que forma asociaciones moleculares polares con las moléculas del asfalto. La temperatura de ignición súbita es superior a 204 °C.

El proceso de mezclado consiste en añadir el asfalto a 150 °C, y se deja en recirculación durante 2:30 min.

3.2.4 Polímero tipo látex

Este látex corresponde a un SBR aniónico, cuyas principales características se indican a continuación:

Contenido de sólidos	69
pH, (+/- 0.5)	10.0
Viscosidad (Brookfield)	1500

El proceso de mezclado consiste en añadir el látex lentamente a una temperatura de 150 °C el polímero, este proceso tarda unas 2 horas para 9 kg de asfalto. , Luego se debe dejar en recirculación durante un período no menor de 3:30 minutos. Se debe tener cuidado al añadir por estar el látex diluido en una solución acuosa.

4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE GRADO DE DESEMPEÑO

4.1 Modificación con polímero tipo EGA

En este caso, la modificación se ejecutó solamente a un asfalto base tipo AC-30.

Tabla No.9: Modificación de AC-30 con polímero tipo EGA al 1.5%

Parámetro	Unidades	Condición original		RTFO		PAV	
		Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Visc. Absoluta	Poise	6145	54				
G*/sen d a 70	kPa	2,097	0,004	4,616	0,032		
G*/sen d a 82	kPa	0,768	0,006	1,624	0,008		
G* sen d a 16	MPa					8,59	-
G* sen d a 22	MPa					4,396	-
G* sen d a 28	MPa					2,34	-
Grado de desempeño		76		76		22	
Grado de desempeño final		76-22					

4.2 Modificación con polímero tipo plastómero

4.2.1 Análisis con asfalto base tipo AC-20

Tabla No.10: Modificación de AC-20 con plastómero al 3.0%

Análisis de asfalto AC-20 con 3,0% de EASTMAN							
Parámetro	Unidades	Condición original		RTFO		PAV	
		Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Visc. Absoluta	Poise	4501	27	9239	75		
G*/sen d a 70	kPa	1,625	0,009	2,752	0,019		
G*/sen d a 82	kPa	0,701	0,003	0,901	0,01		
G* sen d a 16	MPa					7,461	0,019
G* sen d a 22	MPa					3,72	0,001
G* sen d a 28	MPa					1,872	0,002
Grado de desempeño		70		70		22	
Grado de desempeño final		70-22					

Tabla No.11: Modificación de AC-20 con plastómero al 4.0%

Análisis de asfalto AC-20 con 4,0% de EASTMAN							
Parámetro	Unidades	Condición original		RTFO		PAV	
		Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Visc. Absoluta	Poise	6135	37	11030	100		
G*/sen d a 70	kPa	2,388	0,012	3,469	0,028		
G*/sen d a 82	kPa	1,159	0,009	1,084	0,008		
G* sen d a 16	MPa					6,561	0,013
G* sen d a 22	MPa					3,81	0,006
G* sen d a 28	MPa					1,705	0,095
Grado de desempeño		76		70		19	
Grado de desempeño final		70-19					

Tabla No.12: Modificación de AC-20 con plastómero al 5.0%

Análisis de asfalto AC-20 con 5,0% de EASTMAN							
Parámetro	Unidades	Condición original		RTFO		PAV	
		Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Visc. Absoluta	Poise	6754	5	12600	105		
G*/sen d a 70	kPa	2,814	0,019	4,329	0,038		
G*/sen d a 82	kPa	1,531	0,017	1,624	-		
G* sen d a 16	MPa					6,123	0,002
G* sen d a 22	MPa					3,294	0,003
G* sen d a 28	MPa					1,677	0,002
Grado de desempeño		76		76		19	
Grado de desempeño final		76-19					

4.2.2 Análisis con asfalto base tipo AC-30

Tabla No.13: Modificación de AC-30 con plastómero al 3.0%

Análisis de asfalto AC-30 con 3,0% de EASTMAN							
Parámetro	Unidades	Condición original		RTFO		PAV	
		Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Visc. Absoluta	Poise	5650	18	12600	52		
G*/sen d a 70	kPa	2,212	0,006	4,274	0,052		
G*/sen d a 82	kPa	0,767	0,003	1,23	0,026		
G* sen d a 16	MPa					-	-
G* sen d a 22	MPa					-	-
G* sen d a 28	MPa					-	-
Grado de desempeño		76		76		-	
Grado de desempeño final		76					

4.3 Modificación con látex

Tabla No.14: Modificación de AC-30 con látex al 1.0%

Análisis de asfalto AC-30 con 1,0% de UP-70							
	Unidades	Condición original		RTFO		PAV	
		Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Visc. Absoluta	Poise	3740		-	-		
G*/sen d a 70	kPa	1,079	0,006	-	-		
G*/sen d a 82	kPa	0,339	0,003	-			
G* sen d a 16	MPa					-	-
G* sen d a 22	MPa					-	-
G* sen d a 28	MPa					-	-
Grado de desempeño		70					
Grado de desempeño final							

Tabla No.15: Modificación de AC-30 con látex al 5.0%

Análisis de asfalto AC-30 con 5,0% de UP-70							
Parámetro	Unidades	Condición original		RTFO		PAV	
		Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Visc. Absoluta	Poise	-	-	-	-		
G*/sen d a 70	kPa	3,326	0,006	-	-		
G*/sen d a 82	kPa	1,226	0,005	-	-		
G* sen d a 16	MPa					-	-
G* sen d a 22	MPa					-	-
G* sen d a 28	MPa					-	-
Grado de desempeño		76					
Grado de desempeño final							

4.4 Modificación con SBS

4.4.1 Asfalto base tipo AC-20

Tabla No.16: Análisis a AC-20 virgen

Análisis de asfalto AC-20 Virgen							
Parámetro	Unidades	Condición original		RTFO		PAV	
		Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Visc. Absoluta		2460	30	5807	7		
G*/sen d a 70		0,732			1,793		
G*/sen d a 82		0,243			0,521		
G* sen d a 16						5,177	
G* sen d a 22						2,796	
G* sen d a 28						1,312	
Grado de desempeño		64 (68,2)		64 (69,1)		19 (16,5)	
Grado de desempeño final		PG 64-19					

Tabla No.17: Modificación de AC-20 con SBS al 2.5%

Análisis de asfalto AC-20 con 2,5% de SBS							
Parámetro	Unidades	Condición original		RTFO		PAV	
		Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Visc. Absoluta	Poise	6053	11	11470	48		
G*/sen d a 70	kPa	4,246		3,886			
G*/sen d a 82	kPa	0,502		1,31			
G* sen d a 16	MPa					6,193	
G* sen d a 22	MPa					3,422	
G* sen d a 28	MPa					1,718	
Grado de desempeño		76 (78,4)		70 (75,7)		19 (18)	
Grado de desempeño final		PG 70-19					

4.4.2 Asfalto base tipo AC-30

Tabla No.18: Análisis a AC-30 virgen

Análisis de asfalto AC-30							
Parámetro	Unidades	Condición original		RTFO		PAV	
		Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Visc. Absoluta	Poise	3691	9	10300			
G*/sen d a 70	kPa	1,036		3,033			
G*/sen d a 82	kPa	0,306		0,888			
G* sen d a 16	MPa					7,133	
G* sen d a 22	MPa					4,452	
G* sen d a 28	MPa					2,176	
Grado de desempeño		70 (70,57)		70 (73,4)		22(19,75)	
Grado de desempeño final		PG 70-22					

Tabla No.19: Modificación de AC-30 con SBS al 1.5%

Tabla No.2: Análisis de asfalto AC-30 con 1,5% de SBS							
Parámetro	Unidades	Condición original		RTFO		PAV	
		Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Visc. Absoluta	Poise	5617	121	16200			
G*/sen d a 70	kPa	1,664		4,916			
G*/sen d a 82	kPa	0,528		1,437			
G* sen d a 16	MPa					8,791	
G* sen d a 22	MPa					4,873	
G* sen d a 28	MPa					2,566	
Grado de desempeño		70 (75,1)		76 (77,97)		22 (21,7)	
Grado de desempeño final		PG 76-22					

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la tabla siguiente se muestra un resumen general de los resultados obtenidos al modificar los asfaltos base analizados con los polímeros indicados.

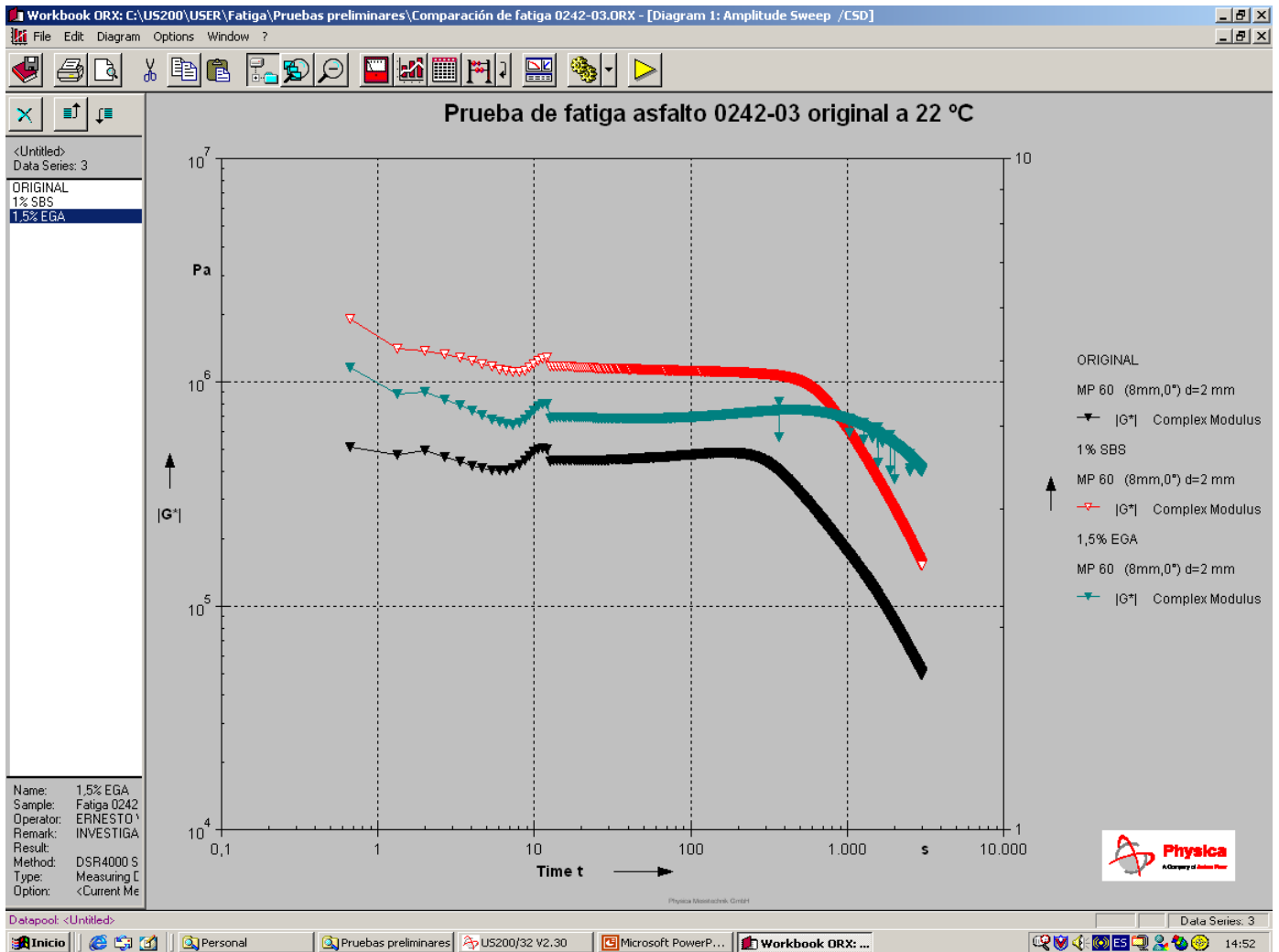
Tabla No. 20
Resumen de resultados de análisis de grados de desempeño para
asfalto tipo AC-20 y AC-30

ADITIVO	Porcentaje de aditivo (%)	AC-20	AC-30
Virgen	0	64-(22)	64-(22)
Plastómero	3,0	70-(22)	76-(22)
Plastómero	4,0	70-(19)	
Plastómero	5,0	76-(19)	
EGA	1,5		76-(19)
SBR UP-70	1,0	70-(22)	70
SBR UP-70	2,0		70
SBR UP-70	5,0		76
Virgen (SBS)	0	64-(19)	70-(22)
SBS	1,5		76-(22)
SBS	2,5	70-(19)	

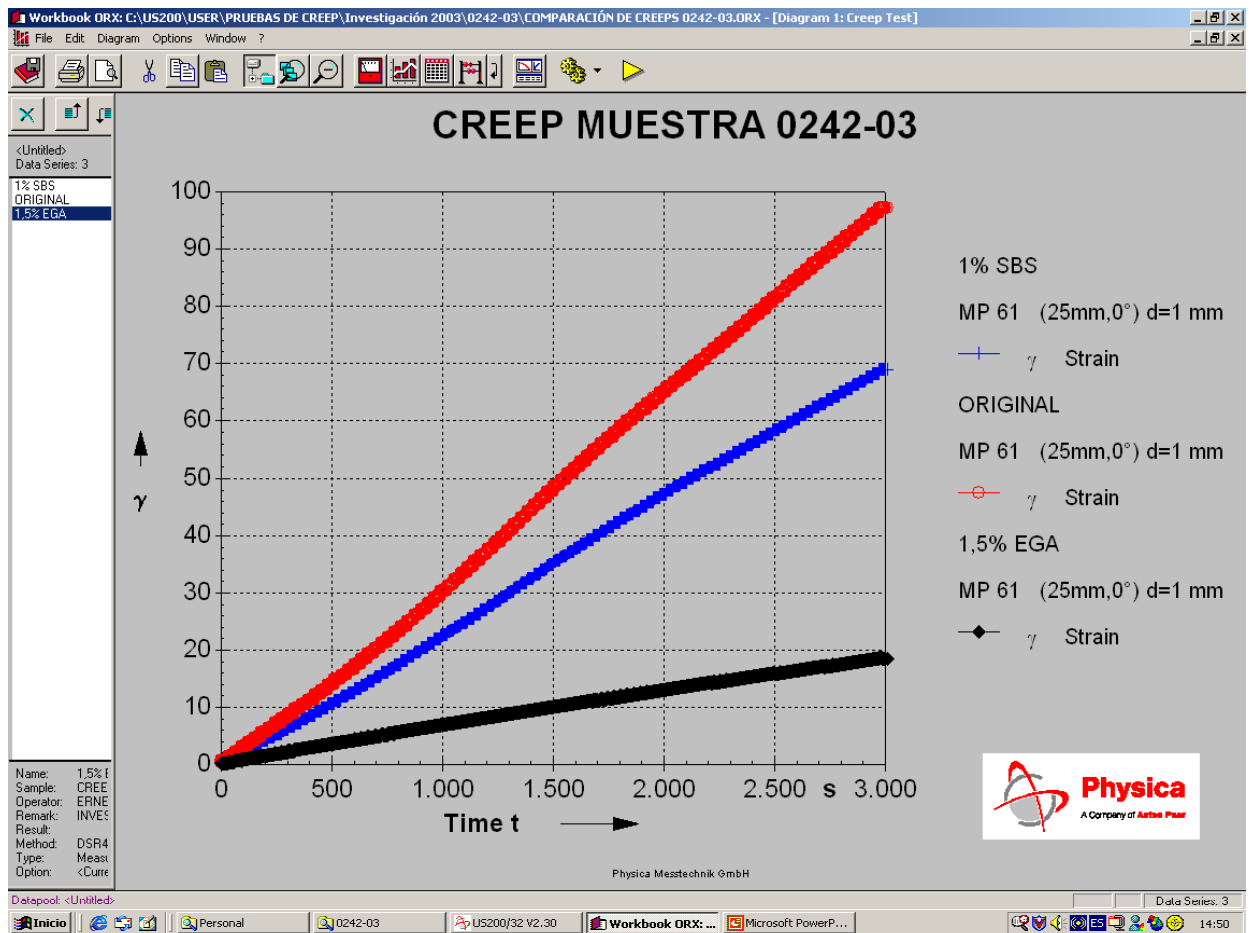
De la tabla anterior se puede concluir que los polímeros tipo EGA y SBS son los que lograron mayores grados de desempeño con las concentraciones mas bajas.

En el caso del látex utilizado para modificar el asfalto base AC-30, se puede concluir que la concentración para alcanzar un PG-76 es muy alta, de un 4.0%, según se nota en la contextura del asfalto, queda muy pegajoso lo cual puede producir problemas para su almacenamiento y posterior colocación en sitio sino hay un adecuado control de temperaturas.

Ensayo de fatiga de un ligante asfáltico virgen y dos modificados



Ensayo de creep de un ligante asfáltico virgen y dos modificados



6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación se presenta un listado de las actividades que están pendientes por realizar.

Cronograma de actividades aprobados en junio 2003

ACTIVIDAD	DURACIÓN (semanas)
1 Realizar ensayos adicionales con otro polímero.	4 semanas
2 Finiquitar la caracterización en los casos en que no se hizo el ensayo en PAV	Una semana después del muestreo
3 Realización de los ensayos de deformación permanente y módulo	12 semanas

Cronograma actualizado 2003																		
	julio			agosto			septiembre			octubre			noviembre			diciembre		
Análisis de creep y fatiga a 6 asfaltos propuesto	1			2			3			4			5			6		
Análisis de creep y fatiga a 6 asfaltos real:3 asfaltos													1	2	3			

Cronograma propuesto 2004																		
	enero			febrero			marzo			abril			mayo			junio		
Análisis de creep y fatiga a 7 asfaltos adicionales																		
Análisis de resultados																		
Toma de decisiones																		

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Según los resultados expuestos, es notorio el beneficio que le produce a las propiedades del asfalto la adición de polímeros modificantes.
- Con la información presentada se puede discernir cual polímero puede funcionar mejor para las condiciones de un determinado proyecto de construcción de carreteras.
- Con los resultados obtenidos se puede concluir en primera instancia que los polímeros que con una menor concentración han mejorado sustancialmente el grado de desempeño del asfalto son el polímero tipo EGA y el SBS:
- Para poder discernir adecuadamente cual polímero tendrá un mejor desempeño en sitio se deben ejecutar los ensayos definidos por el NCHRP 9-10.
- Respecto de los resultados de creep y fatiga es necesario ejecutar mas ensayos para obtener mejores conclusiones.

Notas:

- (1) Las conclusiones aquí expuestas se refieren al marco experimental ya explicitado en cuanto a los tipos de agregados, ligantes asfálticos analizados y plantas asfálticas estudiadas.