

**ESTUDIO DE ALGUNOS FACTORES QUE INFLUYEN  
EN LA VELOCIDAD DE ROTURA DE EMULSIONES  
ASFALTICAS CATIONICAS**

**Dr. Alfredo Pinilla  
Dr. Jorge O. Agnusdei  
Lic. Pascual Frezzini**

**Serie II, nº 171**

## I. Velocidad de rotura de las emulsiones asfálticas catiónicas

---

### INTRODUCCION

---

Las emulsiones bituminosas catiónicas constituyen tal vez el más importante progreso en la tecnología de los materiales bituminosos de los últimos años. (1) y (2).

Desarrollados originalmente en Francia hace unos quince años, su consumo en ese país constituye más del 70 % del volumen de producción de emulsiones y su uso se ha extendido a numerosos países por las innumerables ventajas que posee frente a las emulsiones bituminosas aniónicas.

Dentro de las mismas podemos citar las siguientes:

- 1) Su excepcional adherencia a los agregados pétreos de cualquier tipo, especialmente a los hidrófilos.
- 2) Su alto contenido de betún hasta un 25 % mayor que las emulsiones asfálticas aniónicas.
- 3) Su tipo de rotura que es independiente de la humedad ambiente, por lo cual permite su empleo en muy diversas condiciones climáticas.

En nuestro país las emulsiones asfálticas catiónicas se producen desde hace pocos años y han sido empleadas por varias reparticiones nacionales y provinciales con carácter experimental (3) y su empleo tiende a incrementarse.

Hasta hace pocos años no existía ningún ensayo de medida

de la velocidad de rotura de las emulsiones asfálticas catiónicas.

La A.S.T.M. (4) ha propuesto en 1965 un ensayo de demulsibilidad que también está incluido en la especificación Federal de EE.UU. (5) con el empleo del dioctil sulfosuccinato de sodio.

La técnica indicada es mencionada solamente para las emulsiones asfálticas catiónicas de rotura rápida, (CRS-1 y 2), pero no es mencionada para las emulsiones de tipo rotura media o tipo sobre estabilizadas.

Para el caso de las emulsiones catiónicas, el mecanismo de rotura ha sido interpretado de acuerdo con experiencias de Gaestel (6) y otros (7), (8) y (9). La excepcional adhesión obtenida después de la rotura entre el betún y la piedra silíceo es debida a la adsorción del catión orgánico que recubre el agregado pétreo de una capa oleófila que facilita y mejora el mojado con el betún.

---

#### METODOS DE ENSAYO

---

Si bien existen en la bibliografía numerosos métodos de ensayo para medir la velocidad de rotura, se emplearán para este estudio los siguientes, cuya exposición se indica a continuación:

1) Método del índice de ruptura de la Cía. ESSO de Francia (10)

Se colocan en un vaso de precipitado 100 g de silex de granulometría definida (3/8 mm) anotando el peso del conjunto y se mezclan con 10 g de emulsión asfáltica catiónica filtrada, mezclando bien con varilla durante 30 segundos.

Se deja reposar 10 minutos en ambiente saturado de humedad evitando la evaporación; enjuagar tres veces la piedra con ácido clorhídrico diluido y luego con agua hasta que sea incolora, secar en estufa a 160°C a peso constante.

La velocidad de rotura o índice de rotura, se expresa como

la relación entre el peso de betún depositado sobre la piedra y la cantidad de betún incorporado en la emulsión. Un índice de ruptura de 100 indicaría que toda la emulsión ha roto en contacto con la piedra.

2) Método para determinar las características de ruptura de la Cía. Internacional Bitumuls

El método (10) se basa en mezclar 461 g de arena de Ottawa (20-30) seca, con 4 g de cemento portland normal, tipo III A.S. T.M., durante un minuto en un recipiente adecuado y adicionarle 35 g de emulsión asfáltica catiónica mezclando bien durante 90 segundos.

Al final de este tiempo, se inclina el recipiente para separar el exceso de emulsión.

Luego se separa aproximadamente la mitad de la muestra y se coloca sobre un papel absorbente. La muestra que quedó en el recipiente se pulveriza con agua corriente a presión constante según A.S.T.M. D-244, hasta cubrir la mezcla, retirando el exceso de agua y se continúa lavando hasta que el agua salga clara.

Se vierte la mezcla sobre papel absorbente evaluando en cada caso, por estimación visual, la superficie recubierta antes y después del lavado, repitiendo el examen luego que la mezcla se ha secado.

Los resultados se expresan para la mezcla en seco, indicando si el recubrimiento ha sido muy bueno, bueno o malo de acuerdo al siguiente criterio: muy bueno: superficie totalmente recubierta exclusive alguna burbuja y los bordes afilados; bueno: la superficie recubierta es mayor que la descubierta; malo: la superficie descubierta es mayor que la recubierta.

Después de la lluvia con agua, expresar los resultados en la misma forma. En ambos casos comentar los resultados de la evaluación de la mezcla y la superficie descubierta. Según el criterio de los autores las emulsiones que producen un escaso recubrimiento y se rompen agrumándose en el ensayo seco, se considerarán de rotura rápida, las que se recubren bien antes y después del lavado son las de rotura media (mezcladas con arena) y las que dan buen recubrimiento antes del lavado y bajo recu-

brimiento después del lavado se consideran de rotura lenta. Como la arena de Ottawa (95 % de cuarzo) proviene del exterior, se trató de reemplazarla por cuarzo triturado de igual granulometría y arena silíceas argentina y oriental.

3) Índice de coalescencia con esferas de vidrio (modificado)

Este método fue desarrollado por un laboratorio de EE.UU. y está actualmente bajo estudio por el mismo (11).

El método consiste en pesar 46,5 g de perlas de vidrio Kimble de 6 mm de diámetro, en un recipiente de vidrio de medida normalizada, pesando el conjunto.

Adicionar 1 g de agua y agitar 15 segundos con una varilla.

Luego agregar 3,5 g de emulsión asfáltica en estudio y girar el conjunto en un agitador por 30 minutos a 15 rpm.

Luego se retira la mezcla y se lava con agua destilada en condiciones normalizadas, escurriendo el líquido a través de un tamiz nº 20 (U.S.St.).

Se coloca el vaso con la mezcla en una estufa y se seca 1 hora a 130°C. Se pesa dejando enfriar previamente y expresándose el índice como la relación entre asfalto depositado sobre las perlas de vidrio y el asfalto contenido de la emulsión en estudio.

4) Método de determinación de la velocidad de rotura, recubrimiento y resistencia al agua de la Dirección Nacional de Vialidad (12)

El ensayo se cumple en dos etapas:

a) Tiempo de rotura:

Se pesan 200 g de granito de Villa Mónica comprendido entre los tamices 3/8" y 1/4" que se colocan en un recipiente, se agregan 10 ml de agua hasta humedecer ligeramente el agregado pétreo.

Se adicionan 16 g de emulsión asfáltica catiónica, agitando y midiendo el tiempo que transcurre desde el agregado de emulsión hasta que ésta fragüe, lo cual se revela por la resistencia del mezclado.

b) Ensayo de recubrimiento y resistencia al agua

El agregado recubierto se extiende sobre una bandeja y se cura media hora a temperatura ambiente, se lava con agua hasta que ésta salga limpia. Se toman al azar diez piedras, se las dispone en un cristizador y se observa la superficie descubierta de cada piedra.

Se repite el ensayo con la piedra de la obra sin lavar y si el % de recubrimiento es menor del 80 %, se repite con la piedra lavada.

En la presentación de los resultados se expresa el tiempo de rotura, en segundos y el recubrimiento luego de curado al aire con ambas piedras.

De acuerdo con el criterio del Laboratorio del Departamento de Investigaciones Técnicas, un tiempo de mezcla inferior a 60 segundos revela una emulsión catiónica de rotura rápida.

5) Método de Karl Letters (13)

El método propuesto por este autor alemán en 1961, mide la ruptura de la emulsión en contacto con el agregado pétreo utilizando un método de contacto repetido en cascada y se basa en la siguiente técnica:

Se pesa en una serie de doce tubos de ensayo, 10 g de piedra cuarcítica de 5 a 8 mm en cada una. Se miden 10 ml de emulsión catiónica diluida al 10 % con agua y se introduce inmediatamente en el tubo nº 1, se cierra con un tapón de goma, se invierte por 5 veces consecutivos y se deja en reposo dos minutos. Luego de este tiempo, la emulsión sobrenadante se vierte sobre el tubo número 2 y así sucesivamente hasta que la emulsión se haya roto, lo que se conoce por la débil coloración del líquido.

En la mayoría de los casos se llega a un tubo en el cual la cantidad de emulsión restante es insuficiente para cubrir la piedra y se diluye entonces con 2-3 ml de agua destilada.

De acuerdo a la información europea disponible (14) las emulsiones catiónicas de tipo rotura rápida, deben romper antes del tubo nº 8 y después del nº 5 lo cual asegura estabilidad frente a rupturas prematuras.

Para las emulsiones semi-rápidas éstas deben romper entre los tubos 8 y 12, en tanto que para las lentas deben sobrepasar el tubo n° 12 sin romper.

Este método se emplea como técnica de orientación en el Laboratorio de Puentes y Calzadas de Francia.

6) Ensayo de demulsibilidad A.S.T.M. (4)

Este ensayo se practica en forma similar al de emulsiones aniónicas pero empleando 35 ml de dioctil sulfosuccinato de sodio al 0,8 %.

Además de los métodos ya mencionados existen otras técnicas algunas de las cuales son similares a las indicadas más arriba como por ejemplo las mencionadas en (15)-(16)-(17).

---

## ANALISIS DE LAS EMULSIONES BITUMINOSAS

---

Las emulsiones bituminosas catiónicas fueron obtenidas de fabricantes locales y también elaboradas o modificadas en el LEMIT. Se ajustan a las características que se detallan en la tabla I.

---

## VALORES EXPERIMENTALES

---

Operando con las materias primas mencionadas se realizaron los ensayos de velocidad de rotura que se detallan a continuación:

a) Método para determinar las características de rotura de la Cía. International Bitumuls

La técnica de ensayo ya ha sido descripta y los resultados obtenidos con los diferentes agregados pétreos y emulsiones,

T A B L A I

CARACTERÍSTICAS DE LAS EMULSIONES

	A	B	C	D	E	ES <sub>1</sub>	ES <sub>2</sub>	ES <sub>3</sub>	ES <sub>4</sub>
Viscosidad S. Furol a 50°C, s .....	24	43	50	60	115	35	18	16	26
Asentamiento, 5 días, % .....	3	2	3	3	1	2	6	5	5
Demulsibilidad, 35 ml de dioctil sulfosuccinato de sodio al 0,8 % .....	78	72	66	62	83	17	0	0	0
Mezcla con cemento, % .....	-	-	-	-	-	81	15	29	18
Carga de la partícula .....	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.
Residuo sobre tamiz nº 20 .....	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
pH a 20°C .....	1,5	3,4	3,0	4,4	3,0	2,1	5,4	5,1	5,0
Contenido de bobun y emulsivo .....	68	68	67	68	72	66	62	60	65
<u>Sobre el residuo de la destilación</u>									
Penetración a 25°C (100 g-5 s) .....	115	162	115	130	121	148	162	120	130
Ductilidad a 25°C, cm .....	+150	+150	+150	+150	+150	+150	+150	+150	+150
Ensayo de Oliensis .....	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.



se indican en la tabla II.

Observando esta tabla se concluye que:

- 1) Las emulsiones asfálticas catiónicas A, B, C, D, E. y ES<sub>1</sub> rompen con todos los agregados pétreos secos, lo cual indicaría que se trata de emulsiones de rotura rápida de acuerdo a la clasificación de este método.
- 2) Las emulsiones asfálticas catiónicas ES<sub>2</sub>, ES<sub>3</sub> y ES<sub>4</sub>, son más estabilizadas y permiten un fácil mezclado en seco con cualquiera de los agregados pétreos estudiados. Con respecto al recubrimiento, la arena de Ottawa es más fácilmente recubierta que los agregados pétreos restantes los cuales tienen características superficiales y mineralógicas distintas. El cuarzo triturado presenta mayor reactividad frente a la emulsión, mezclándose con más dificultad que la arena de Ottawa.

Las arenas oriental y argentina presentan un pobre recubrimiento con respecto a la arena tipo.

- 3) Los resultados de mezcla en húmedo y seco de las emulsiones ES<sub>2</sub>, ES<sub>3</sub> y ES<sub>4</sub>, indican que se trata de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura media de acuerdo a la clasificación expuesta más arriba.

b) Método del índice de ruptura de la Cía. ESSO - (Francia)

Los resultados obtenidos se indican en la tabla III en relación a la temperatura del ensayo, factor de suma importancia.

Del estudio de la tabla III, se puede indicar:

- 1) Que a medida que la temperatura aumenta en las emulsiones A, B, C, D. y E, se produce una mayor rotura sobre el agregado pétreo lo cual constituye un hecho conocido y citado en la bibliografía (6).
  - 2) Las emulsiones más estables ES<sub>1</sub>, ES<sub>2</sub>, ES<sub>3</sub> y ES<sub>4</sub>, no rompen frente al agregado pétreo de silix.
- c) Índice de coalescencia con esferas de vidrio

En la tabla IV se indican los valores obtenidos.

Se evidencia, salvo el caso de la emulsión A que las B, C, D y E son emulsiones con mayor tendencia a la rotura que las restantes, que depositan menor cantidad de asfalto y tienen menor índice de coalescencia y por lo tanto aparecen como de rotura más lenta que las primeras.

- d) Método de determinación de la velocidad de rotura, recubrimiento y resistencia al agua (empleado en la Dirección Nacional de Vialidad)

En la tabla V se indican los valores obtenidos, operando en las condiciones mencionadas a 20°C.

La tabla indica que las emulsiones asfálticas A, B, C, D y E, rompen con cierta facilidad antes de 60 segundos, no presentando superficie descubierta.

El resto de las emulsiones asfálticas dan tiempo de rotura mayores de 1 minuto, con superficie recubierta del orden del 50 % lo cual las clasificaría como de rotura media o lenta.

- e) Método de Karl Letters

En este método llamado de tratamiento en cascada hemos empleado como agregado pétreo cuarcita de Mar del Plata y los resultados obtenidos se indican en la tabla VI.

La rotura en las emulsiones A, B, C, D y E, se inicia en el tubo n° 5 y debido al contacto por cascada, la misma ha cedido todo su betún al ponerse en contacto con el agregado del tubo n° 8, lo cual indicaría una velocidad de rotura mayor que las otras. Las restantes emulsiones no rompen en los primeros tubos, sino que comienzan a hacerlo con el tubo n° 8 y no dejan depósito apreciable en el n° 12, con excepción de la emulsión ES<sub>4</sub>, que mantiene la estabilidad aún después del contacto con el tubo n° 12.

En la tabla VII se presenta la clasificación de las emulsiones según los distintos métodos de ensayo.

T A B L A II  
METODO DE LA COMPAÑIA INTERNACIONAL BITUMULS

Emulsión Bituminosa	Arena de Ottawa		Cuarzo		Arena Argentina		Arena Oriental	
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo
A	R	-	R	-	R	-	R	-
B	R	-	R	-	R	-	R	-
C	R	-	R	-	R	-	R	-
D	R	-	R	-	R	-	R	-
E	R	-	R	-	R	-	R	-
ES <sub>1</sub>	R	-	R	-	R	-	R	-
ES <sub>2</sub>	MB	CB	MB	CR	MB	CR	MB	CR
	CMB		CB		CB		CB	
ES <sub>3</sub>	MB	CB	MB	CRM	MB	CRM	MB	CRM
	CMB		CR		CR		CR	
ES <sub>4</sub>	MB	CMB	MB	CR	MB	CRM	MB	CRB
	CMB		CB		CRB		CB	

R : La emulsión rompe completamente

MB : La emulsión mezcla bien

CB : El agregado pétreo se cubre bien

CMB : El agregado pétreo se cubre muy bien

CR : El agregado pétreo se cubre regular

CRB: El agregado pétreo se cubre de regular a bien

CRM: El agregado pétreo se cubre de regular a mal

El significado de estos términos ya ha sido informado en la técnica de ensayo.

T A B L A III

INDICE DE RUPTURA (ESSO)

Emulsión Bituminosa	Temperatura, °C		
	25	30	35
A	20	38	48
B	15	19	36
C	5	9	13
D	12	15	21
E	7	20	25
ES <sub>1</sub>	0	0	3
ES <sub>2</sub>	0	0	2
ES <sub>3</sub>	0	0	0
ES <sub>4</sub>	0	0	0

T A B L A IV

INDICE DE COALESCENCIA

Emulsión bituminosa	Indice de coalescencia
A	84
B	94
C	95
D	92
E	92
ES <sub>1</sub>	81
ES <sub>2</sub>	75
ES <sub>3</sub>	72
ES <sub>4</sub>	74

T A B L A V

RECUBRIMIENTO Y RESISTENCIA AL AGUA

Emulsión Bituminosa	Tiempo de rotura (segundos)	Superficie descubierta
A	26	0
B	39	0
C	50	0
D	44	0
E	47	0
ES <sub>1</sub>	76	50
ES <sub>2</sub>	84	50
ES <sub>3</sub>	108	50
ES <sub>4</sub>	97	50

T A B L A VI

METODO KARL LETTERS

Emulsión bituminosa	Número de los tubos en los cuales se produce la rotura
A	5 - 8
B	5 - 8
C	5 - 8
D	5 - 8
E	5 - 8
ES <sub>1</sub>	8 - 12
ES <sub>2</sub>	8 - 12
ES <sub>3</sub>	8 - 12
ES <sub>4</sub>	+ 12

T A B L A VII

M E T O D O S D E E N S A Y O

Emulsión Bituminosa	A.S.T.M. 2 397	International Bitumuls (arena Ottawa)	Recubrimiento Resist.al agua V.Nacional ARMOUR	K.letters (cuarcita)
A	R. Rápida	R. Rápida	R. Rápida	R. Rápida
B	" "	" "	" "	" "
C	" "	" "	" "	" "
D	" "	" "	" "	" "
E	" "	" "	" "	" "
ES1	(1)	R. Media	(2)	R. Media
ES2	(1)	" "	(2)	" "
ES3	(1)	" "	(2)	" "
ES4	(1)	" "	(2)	" "

(1) Estas emulsiones asfálticas de acuerdo a A.S.T.M. podrían ser clasificadas como de rotura media ya que no rompen con dioctil sulfosuccinato de sodio y no rompen completamente en el ensayo de cemento portland.

(2) Estas emulsiones asfálticas tienen un tiempo de mezclado superior a 60 segundos y pueden ser consideradas como de tipo rotura media o lenta.

## **II. Influencia de la temperatura en la velocidad de rotura**

El objeto de esta segunda parte del trabajo, es informar los resultados obtenidos al examinar la influencia de la temperatura, en la velocidad de rotura de dos tipos de emulsión asfáltica catiónica.

Para ello se estudió el comportamiento de una emulsión de tipo rotura rápida, de las empleadas en tratamientos superficiales frente a varios tipos de agregados pétreos convencionales de diferentes características superficiales y composición, en otro caso se preparó experimentalmente una emulsión asfáltica catiónica del tipo estable con miras a estudiar su comportamiento frente a mezclas finas graduadas del tipo lechada asfáltica (Slurry Seal), estudiando la influencia de la temperatura y otros factores en la velocidad de rotura de la misma.

---

### **MATERIALES EMPLEADOS**

---

Emulsiones asfálticas catiónicas: Se emplearon dos tipos de emulsiones asfálticas catiónicas, una de rotura rápida tipo (CRS1) y otra de rotura lenta (tipo CSS1) de acuerdo a la A.S.T.M.

Sus características se detallan en la tabla VIII.

## T A B L A VIII

	Tipo rotura rápida	Tipo rotura lenta	Método de ensayo
<b>1) Sobre la emulsión asfáltica</b>			
Viscosidad Saybolt-furol a 25°C, s .....	28	20	A.S.T.M.
Contenido de betún y emulsivo, % .....	64,0	61,0	A.S.T.M.
Residuo sobre tamiz U.S. n° 20. % .....	0	0	A.S.T.M.
Demulsibilidad, 35 ml de dioctil sulfosuc- cinato de sodio al 0,8 % .....	89,8	-	
Ensayo de rotura (Letters), agregado pé- treo, cuarcita, tubo .....	8	11	Letters
Carga de partícula .....	Positiva	Positiva	
Asentamiento, 5 días, % .....	5,0	1,0	
Potencial hidrógeno, a 20°C .....	3,4	4,5	
Aceite destilado, % .....	0,5	-	A.S.T.M.
Ensayo de recubrimiento y resistencia al agua, % .....	100	-	
Ensayo Vialit piedras adheridas .....	100	-	
Ensayo con cemento, % .....	-	0,8	
<b>2) Sobre el betún recuperado</b>			
Penetración a 25°C (100g - 5 s) .....	152	168	A.S.T.M.
Ductilidad a 25°C, cm .....	120	+150	A.S.T.M.
Solubilidad en S <sub>2</sub> C, % .....	98,5	-	A.S.T.M.
Ensayo de Oliensis .....	Negativo	Negativo	A.S.T.M.



---

## METODOS DE ENSAYO

---

- 1) Ensayos con emulsiones asfálticas catiónicas de rotura rápida:
  - a) Tiempo de rotura: se empleó el método desarrollado por la Cía. Armour (Bulletin G-22-R-1, 19-1962).
  - b) Ensayo de recubrimiento y resistencia al agua: se realiza de acuerdo a la técnica ya descripta.
- 2) Ensayo de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura lenta:

En este caso interesa el comportamiento de la emulsión de rotura lenta frente al agregado pétreo fino, de análogas características al empleado en la lechada asfáltica convencional, ya que ésta es su mayor aplicación.

En este caso el agregado pétreo estaba constituido por arenas graduadas, obtenidas por mezclas de arena natural y de trituración en 50 % de cada una, adicionada de filler calcáreo para que cumpliera los requisitos detallados en la tabla IX. Esta granulometría coincide con la recomendada por Harkness (18) y Mc Coy (19).

La determinación del tiempo de rotura para una temperatura dada se realiza pesando 100 g de arena seca en un recipiente de fondo semiesférico, mantenido no menos de 30 minutos a temperatura constante y adicionando la cantidad calculada de agua (5 a 10 %) a la misma temperatura, mezclando bien con una espátula.

Luego se agregan rápidamente 15 cm<sup>3</sup> de emulsión asfáltica a la temperatura indicada y se mezcla con la espátula, poniendo simultáneamente el cronógrafo en marcha. La agitación debe ser suave, percibiéndose al cabo de cierto tiempo, que el material ha roto o fraguado por una mayor resistencia al mezclado. Se detiene entonces el cronómetro y se toma el tiempo transcurrido.

T A B L A IX

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS PETREOS

	Especificación	Valor obtenido
Indice de plasticidad.....	menor de 5	0
Equivalente arena .....	menor de 40	0,8
Cranulometría		
Pasa tamiz U.S.Std. n° 4, % .....	100	100
Pasa tamiz U.S.Std. n° 8, % .....	85-100	92
Pasa tamiz U.S.Std. n° 16, % .....	58- 90	75
Pasa tamiz U.S.Std. n° 30, % .....	37- 75	56
Pasa tamiz U.S.Std. n° 50, % .....	20- 35	33
Pasa tamiz U.S.Std. n° 100, % .....	10- 20	16
Pasa tamiz U.S.Std. n° 200, % .....	0- 10	4

---

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

---

### Influencia de la temperatura en el tiempo de rotura de la emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida

En la tabla X y en la fig. 1 y 2 se observa la variación del tiempo de rotura de la emulsión asfáltica de rotura rápida, frente a distintos agregados pétreos en función de la temperatura hasta 45°C.

En primer lugar, se comprueba que para iguales condiciones de operación y para todos los agregados pétreos estudiados, el tiempo de rotura disminuye a medida que aumenta la temperatura, aunque en forma distinta según los agregados.

En lo referente a la adhesión residual del betún sobre el agregado pétreo, la tabla XI resume los resultados obtenidos en función de la temperatura.

Se observa así, que cualquiera sea la temperatura de mezclado, el recubrimiento es completo para el granito, la cuarcita y el basalto en tanto que el calcáreo, la grava silícea y la tosca tienen un descubrimiento del 20 %.

Uno de los factores que se consideró de interés estudiar, fue la influencia de la cantidad de emulsivo en el tiempo de rotura frente a diferentes agregados y en función de la temperatura dentro del intervalo convenido.

Para ello, la emulsión de rotura rápida fue adicionada de 0,2; 0,4 y 0,6 % de emulsivo bajo la forma de clorhidrato, ajustando el pH al mismo valor del material original. Los emulsivos empleados se denominan con las letras A, B, S y T.

Los resultados obtenidos siguiendo la técnica descripta; se indican en las fig. 3 a 8.

A cualquier temperatura considerada, el incremento de emulsivo aumenta el tiempo de rotura, este valor del incremento es apreciable para el calcáreo y la tosca especialmente a bajas temperaturas.

T A B L A XTIEMPO DE ROTURA (Segundos)

Temperatura de mezclado °C	Agregado pétreo					
	Granito	Cuarcita	Calcáreo	Grava silícea	Tosca	Basalto
5	318	276	101	540	112	840
10	230	204	75	425	80	553
15	182	154	60	243	60	270
20	110	105	43	110	48	189
25	63	68	36	85	39	111
30	34	48	22	69	20	60
35	25	28	20	44	19	37
40	18	18	19	24	18	25
45	13	17	16	12	15	17
50	12	14	15	12	15	14

Tamaño de agregado pétreo: 3/8" - 1/4"

T A B L A XI

SUPERFICIE DESCUBIERTA, %

Temperatura °C	Agregado pétreo					
	Granito	Cuarcita	Calcáreo	Grava silícea	Tosca	Basalto
5	0	0	20	20	20	0
10	0	0	20	20	20	0
15	0	0	20	20	20	0
20	0	0	20	20	20	0
25	0	0	20	20	20	0
30	0	0	20	20	20	0
40	0	0	20	20	20	0
45	0	0	20	20	20	0
50	0	0	20	20	20	0

Tamaño del agregado pétreo: 3/8" - 1/4"

La adhesividad de los residuos se informa en la tabla XII.

Influencia de la temperatura en el tiempo de rotura de emulsiones catiónicas de rotura lenta

La principal aplicación de la emulsión de rotura lenta es su empleo en la preparación de lechada asfáltica (Slurry seal).

La lechada asfáltica es un tipo especial de mezcla en frío con emulsión asfáltica, aniónica o catiónica constituida por agregados finos graduados, filler y agua cuya composición y comportamiento depende de numerosos factores entre ellos del agregado, tipo de emulsión, condiciones climáticas, etc.

La mezcla típica para la determinación del tiempo de rotura es la siguiente:

Agregado pétreo .....	100 g
Emulsión asfáltica catiónica estable.....	15 g
Agua de dilución.....	10 g

El agua de dilución es agua corriente y en ciertos casos dicha agua contenía estabilizador en las cantidades indicadas en la tabla de valores respectivos (tabla XIII) considerando dichos valores relacionados al peso de emulsión asfáltica.

Los valores de la tabla anterior se indican en las fig. 9, 10 y 11. Se observa en los mismos que la emulsión original rompe a tiempos decrecientes, a medida que asciende la temperatura entre 5 y 30°C. Cualquiera sea el aditivo.

Al adicionar el estabilizador en el agua de premojado en las concentraciones mencionadas, cambia la variación del tiempo de mezclado con la temperatura.

A medida que se incrementa la concentración de estabilizador para una misma temperatura, crece el tiempo para la rotura, aunque dicho valor depende del estabilizador considerado.

Observése que a 30°C todas las mezclas consideradas en la tabla XIII dan tiempos de rotura muy bajos; que seguramente afectarán el mezclado y el comportamiento del sistema sobre todo desde el punto de vista de su aplicación en obra.

T A B L A XII

SUPERFICIE DESCUBIERTA, %

Temperatura °C	Agregados pétreos						
	Granito cuarcita basalto	Calcáreo	Grava silícea	Tosca			
5	0	0	0	20	20	20	20
15	0	0	0	20	20	30	20
25	0	0	0	20	20	30	20
35	0	0	0	20	20	30	20
45	0	0	0	20	20	30	20
Emulsionante adicionado, %							
en peso.....	0	0,2	0,4	0,6	0	0,2	0,4
	0	0,2	0,4	0,6	0	0,2	0,4
	0	0,2	0,4	0,6	0	0,2	0,4
	0	0,2	0,4	0,6	0	0,2	0,4

T A B L A XIIITIEMPO DE ROTURA DE LA EMULSION, Segundos

Temperatura °C	Emulsión original	Estabilizador utilizado								
		B	S	T						
5	31	178	462	795	229	448	862	197	460	876
10	24	108	267	497	139	252	440	117	208	408
20	15	35	82	175	24	66	110	26	52	116
30	10	12	15	22	14	16	19	11	12	15
Concentración de estabilizador, % sobre la emulsión en el agua de mezcla.....										
		0,2	0,4	0,7	0,2	0,4	0,7	0,2	0,4	0,7



T A B L A X I V

TIEMPO DE ROTURA DE LA EMULSION, Segundos

Temperatura °C	Emulsión original	E s t a b i l i z a d o r A		
5	31	275	483	961
10	24	135	278	609
20	15	53	118	158
30	10	13	17	20
Concentración de estabilizador, % sobre la emulsión en el agua de la mezcla		0,2	0,4	0,7

Para el estabilizador A, adicionados en la misma forma que los anteriores acidificando a pH 3 con HCl se han obtenido los valores que se observan en la fig. 12 y tabla XIV.

De cualquier manera, los valores de la variación del tiempo de rotura con la temperatura, revelan la enorme importancia que parecería tener este factor en los ensayos de laboratorio, para la preparación de la lechada asfáltica catiónica.

CONCLUSIONES

I.- Sobre los métodos de ensayo (tabla VII)

1) Las emulsiones asfálticas catiónicas de tipo rotura rápida pueden identificarse de acuerdo a las siguientes técnicas que son equivalentes, de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo:

a) Por medio del ensayo de demulsibilidad A.S.T.M. con el empleo del dioctil sulfosuccinato de sodio al 0,8 % con valores superiores a 40.

b) Por el método de K. Letters empleando cuarcita, siempre que la ruptura se produzca entre los tubos nº 5 y nº 8.

c) Por el método de la Cía. International Bitumuls empleando arena de Ottawa (20-30) a condición de que la emulsión instantáneamente rompa al mezclarse con el agregado pétreo. No es recomendable la sustitución de la arena de Ottawa por otros agregados (arena argentina, oriental y cuarzo triturado) porque tienen distinto comportamiento frente a las emulsiones catiónicas.

d) Por el método de la Cía. Armour Co. (modificado por la Dirección Nacional de Vialidad) cuando se tienen tiempos de mezclado menores de sesenta segundos y recubrimientos mayores del 80 % sobre el agregado pétreo después de lavado.

2) Para la clasificación de las emulsiones asfálticas catiónicas estudiadas, más estables que las de rotura rápida, es decir de tipo rotura media, se pueden emplear las siguientes técnicas:

a) Por el método de la Cía. International Bitumuls cuando se tiene buen recubrimiento tanto antes como después del lavado del agregado pétreo tipo (arena Ottawa).

b) Por el método de K. Letters cuando la ruptura se produce entre los tubos nº 8 y 12.

c) Mediante los ensayos especificados A.S.T.M. cuando la demulsibilidad es cero y el ensayo con cemento portland es mayor de dos; lo cual concuerda con los valores experimentales obtenidos para la velocidad de rotura según métodos de International Bitumuls Co. y K. Letters.

3) Para la clasificación de las emulsiones asfálticas catiónicas estables se dispondría de los métodos de la Cía. International Bitumuls Co. y K. Letters, pero en este trabajo no ha sido posible verificar la aptitud de los mismos, por no disponer de emulsiones asfálticas catiónicas de tipo estable.

4) Si bien los métodos de índice de coalescencia e índice de ruptura permiten diferenciar emulsiones catiónicas de tipo rápida de las más estables, no se dispone aún de suficientes datos experimentales como para fijar valores de clasificación de la velocidad de rotura.

## II.- Sobre la influencia de la temperatura en la velocidad de rotura

1) En el caso de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura rápida empleando distintos agregados pétreos de tamaño comprendido entre tamices U.S.Std. 3/8" y 1/4" y de acuerdo a la técnica descrita en el presente trabajo se determina que el tiempo de rotura disminuye a medida que aumenta la temperatura en el intervalo entre 5 y 50°C para cualquier agregado pétreo considerado.

2) A 5°C, el tiempo de rotura de la grava silícea es doble que el de la cuarcita, algo menor para el granito y casi la quinta parte menor para el calcáreo y la tosca; el basalto tiene el tiempo de rotura más elevado.

3) A 20°C, los tiempos de rotura son prácticamente iguales entre cuarcita, grava y granito, el calcáreo y la tosca rompen en la mitad de tiempo que los anteriores.

4) A 40° y 50°C los tiempos de rotura disminuyen sensiblemente para todos los agregados pétreos ensayados, tendiendo a igualarse, dentro de las condiciones establecidas por la técnica de ensayo.

5) La adhesividad residual en las condiciones enunciadas, no parece estar influida por la temperatura de mezclado para ninguno de los agregados pétreos estudiados como así tampoco por la cantidad de emulsivo de refuerzo, dentro de las cantidades empleadas.

6) Un incremento de la cantidad de emulsivo, hasta el 0,6 % aumenta el tiempo de rotura entre 5 y 45°C, cualquiera sea el agregado considerado.

7) Para el caso del sistema (agregado pétreo fino-emulsión asfáltica catiónica tipo superestable) la velocidad de rotura con el empleo de piedra granítica triturada, arena silíceo natural y filler calcáreo, se encuentra una apreciable sensibilidad a la temperatura, incrementándose los tiempos de rotura a medida que disminuye la temperatura entre 5 y 30°C.

8) Para el caso estudiado (sistema lechada asfáltica) los aditivos A, B, S y T mezclados en fase acuosa a la piedra, incrementan el tiempo de rotura en forma sensible con respecto a la emulsión original, permitiendo un buen mezclado siempre que su concentración supere un cierto valor, a la temperatura de 20°C o inferiores. A temperaturas de 30°C con la emulsión estudiada y los estabilizadores en las concentraciones empleadas, los tiempos de rotura eran demasiados pequeños para permitir una mezcla satisfactoria.

---

#### BIBLIOGRAFIA

---

- 1) Bellanger, M. & Duriez, M. - Revue Gen. des Routes. 23, 309 (1957).
- 2) Sauterey, R. - Decimotercera Reunión del Asfalto. (1964).
- 3) Romero, S. - Decimocuarta Reunión del Asfalto. 446, (1966)
- 4) A.S.T.M. D-2397 (1965).
- 5) F.S.B. Specification for cationic emulsified asphalt SSA-0067 4c (1965).
- 6) Gaestel, C. - Chemistry & Industry, n° 6, 221 (1967).
- 7) Letters, K. - Bitumen, Teer, Asphalte und Peche, 12, 269 (1961).
- 8) Rodebush, H. - Highway Research Board, S. Report n° 40 (1958).
- 9) Vogt, C. - Rev. Gen. des Routes, n° 319, 55 (1958).

- 10) Comunicación personal.
- 11) Comunicación personal.
- 12) Armour Ind. Chemical Co. - Bulletin G 22-R-1, 19, (1962).
- 13) Letters, K. - Bitumen, teer, Asphalte und Peche. (1961).
- 14) Sauterey, R. - Comunicación personal.
- 15) Syndicat de Fabricant d'Emulsions de Bitume. Les emulsions de bitume et leurs techniques de application. Ed. (1966).
- 16) Armour Ind. Chem. Co. - Bulletin G 22 R4, pág. 18, (1964).
- 17) Ceintrey, M. - citado en la conferencia de V. Bonitzer, Pub. Vialidad de la Pcia. de Bs. As. (1962).
- 18) Harkness, L. - Cationic Slurry Seal (1967).
- 19) Mc Coy, P. - Chev. Asph. Tech. Paper 144 (1968).
- 20) Sauterey, R. - Decimotercera Reunión del Asfalto, (1964).

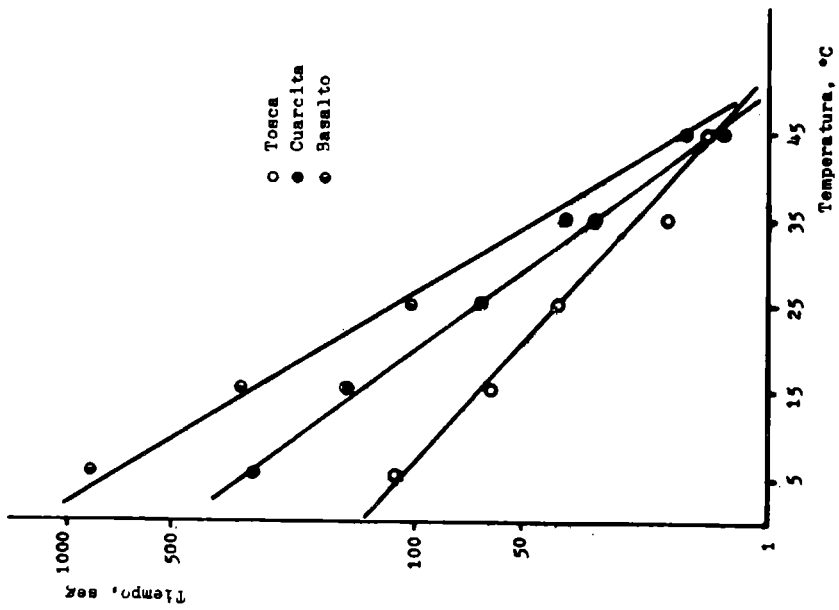


Fig. 1.- Emulsión catiónica de rotura rápida  
Tiempo de rotura en función de la temperatura

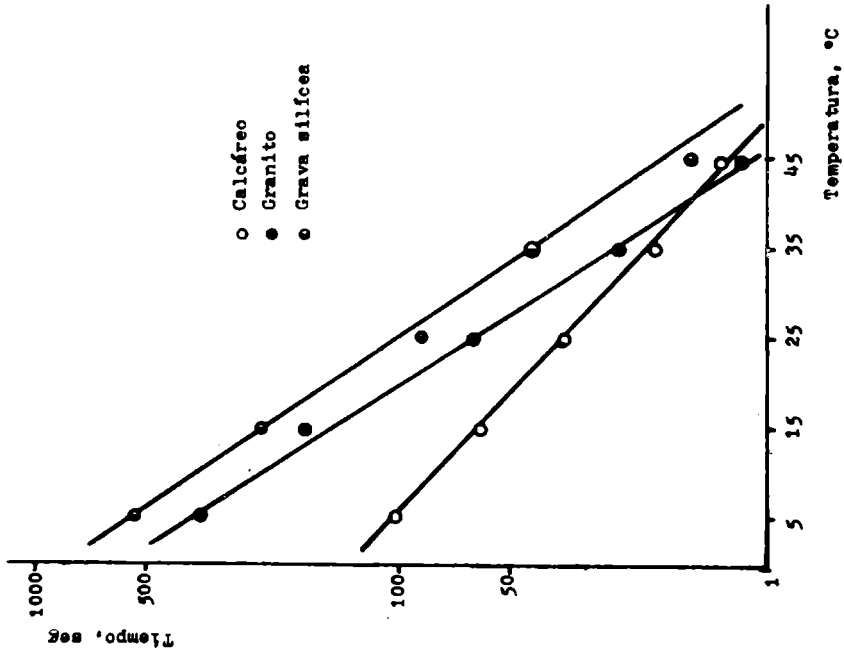


Fig. 2.- Emulsión catiónica de rotura rápida  
Tiempo de rotura en función de la temperatura

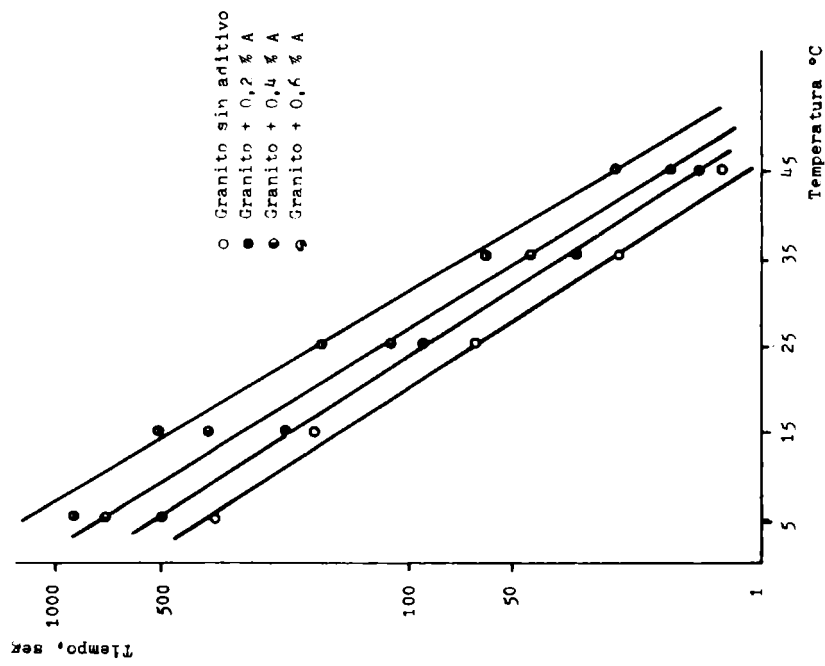


Fig. 3.- Emulsión catiónica de rotura rápida  
Tiempo de rotura en función de la temperatura

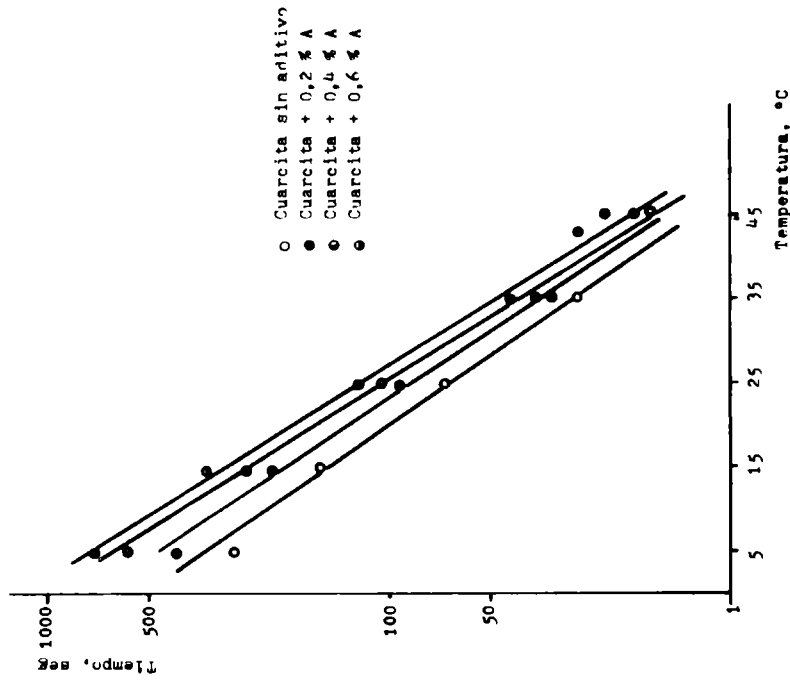


Fig. 4.- Emulsión catiónica de rotura rápida  
Tiempo de rotura en función de la temperatura

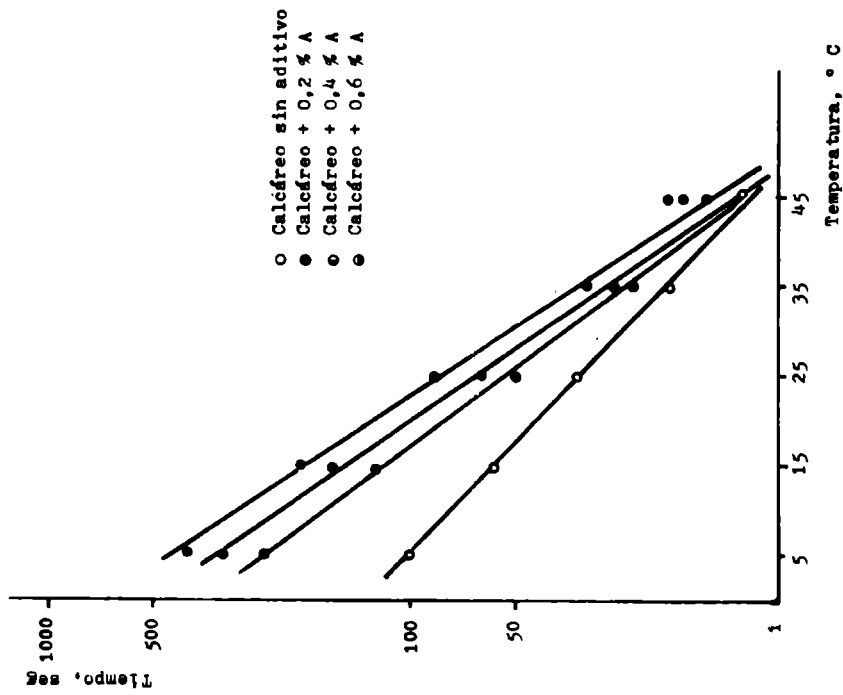


Fig. 5.- Emulsión catiónica de rotura rápida  
Tiempo de rotura en función de la temperatura

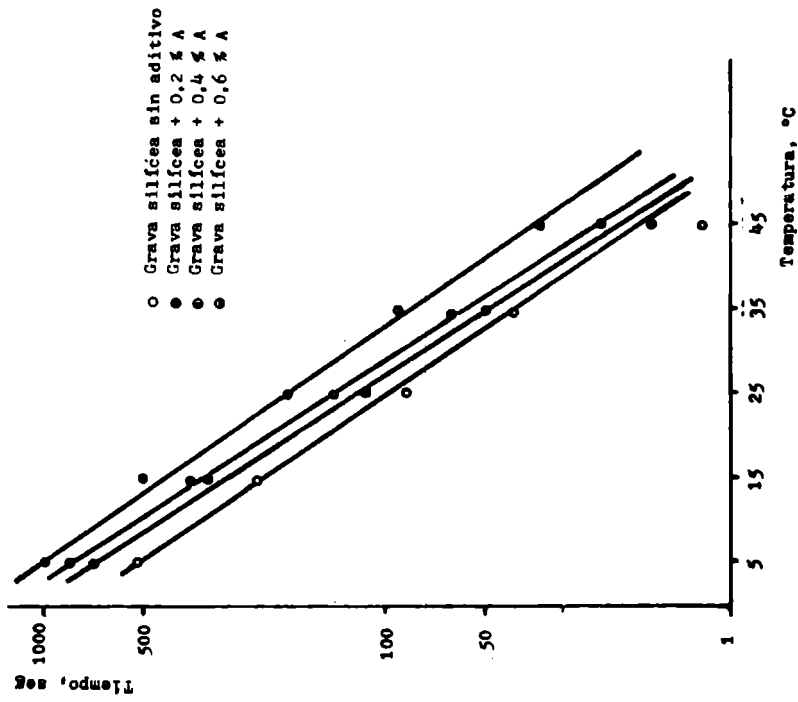


Fig. 6.- Emulsión catiónica de rotura rápida  
Tiempo de rotura en función de la temperatura



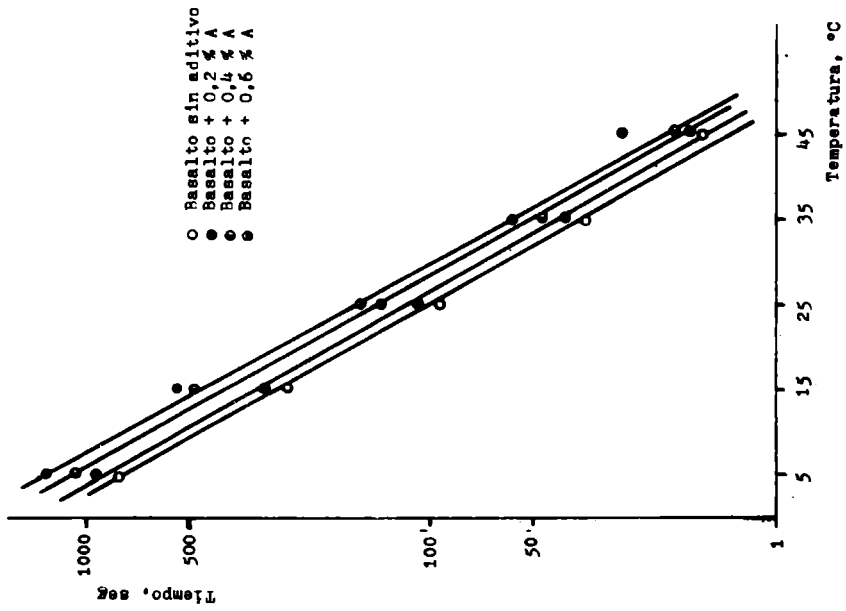


Fig. 8.- Emisión catiónica de rotura rápida  
Tiempo de rotura en función de la temperatura

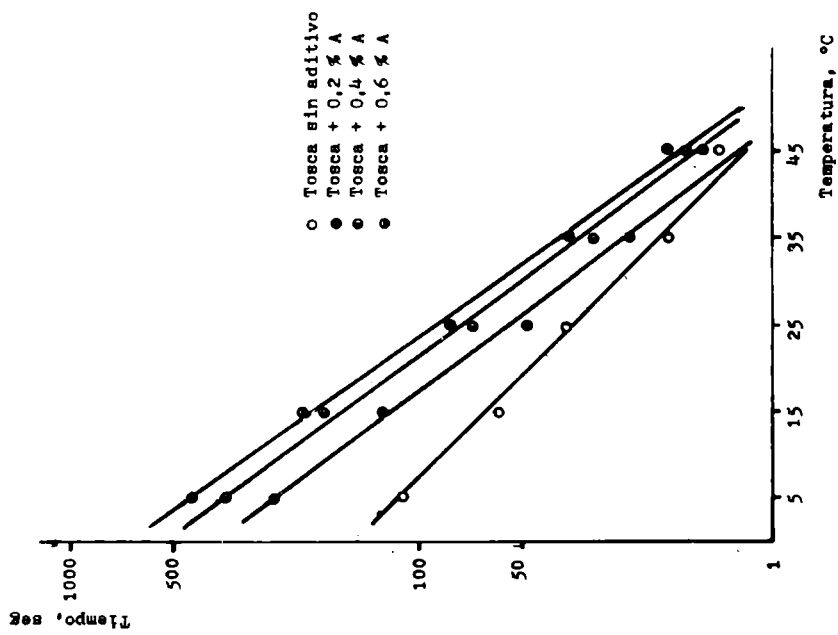


Fig. 7.- Emulsión catiónica de rotura rápida  
Tiempo de rotura en función de la temperatura

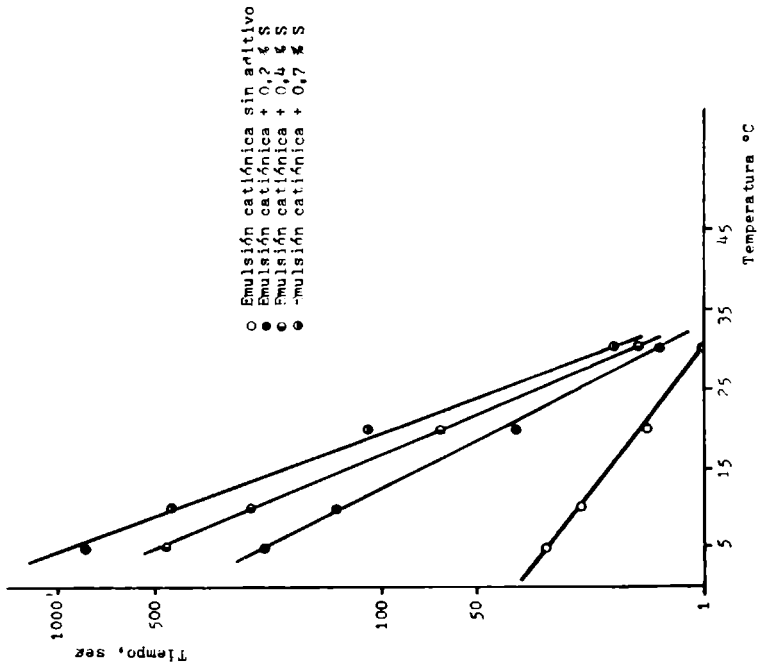


Fig. 9.- Emulsión catiónica para lechada asfáltica  
Tiempo de rotura en función de la temperatura

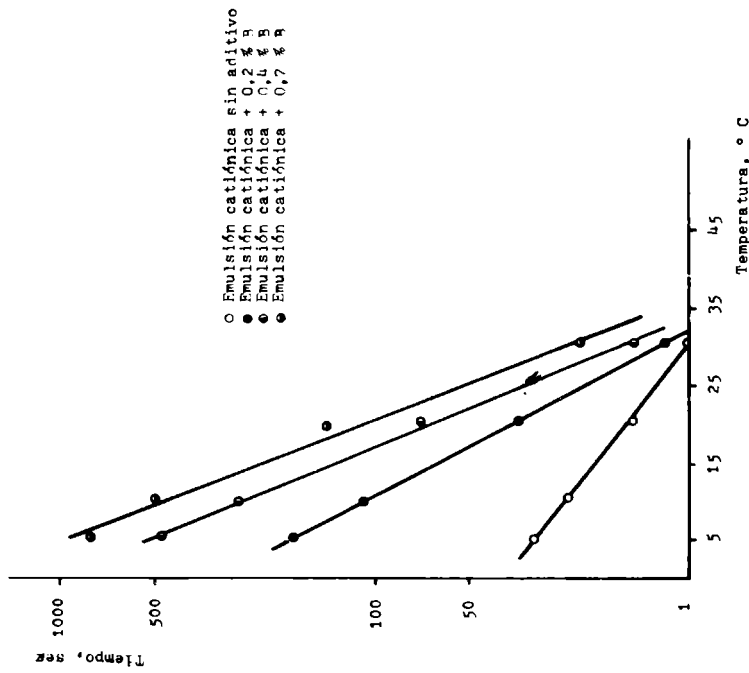


Fig. 10.- Emulsión catiónica para lechada asfáltica  
Tiempo de rotura en función de la temperatura

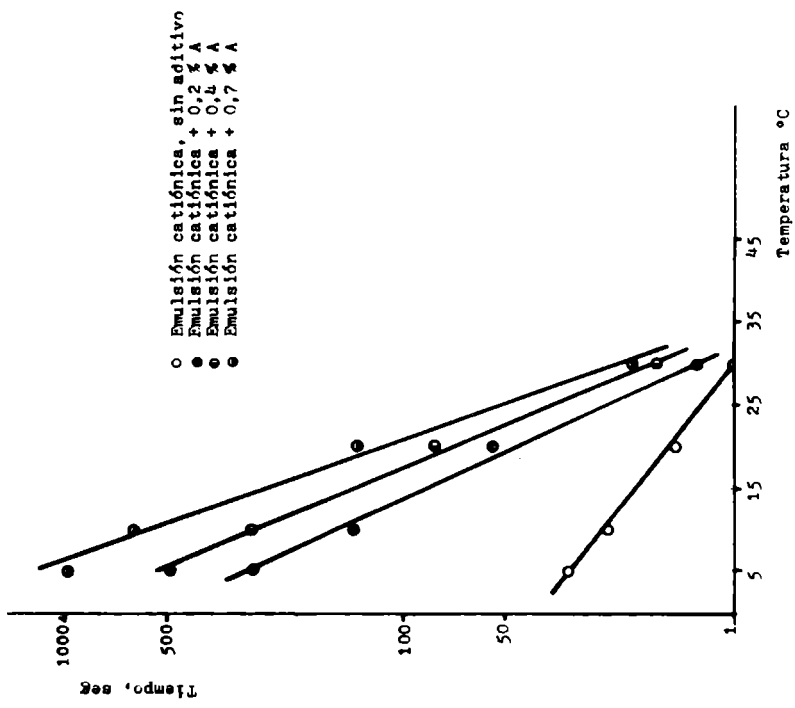


Fig. 12.- Emulsión catiónica para lechada asfáltica. Tiempo de rotura en función de la temperatura

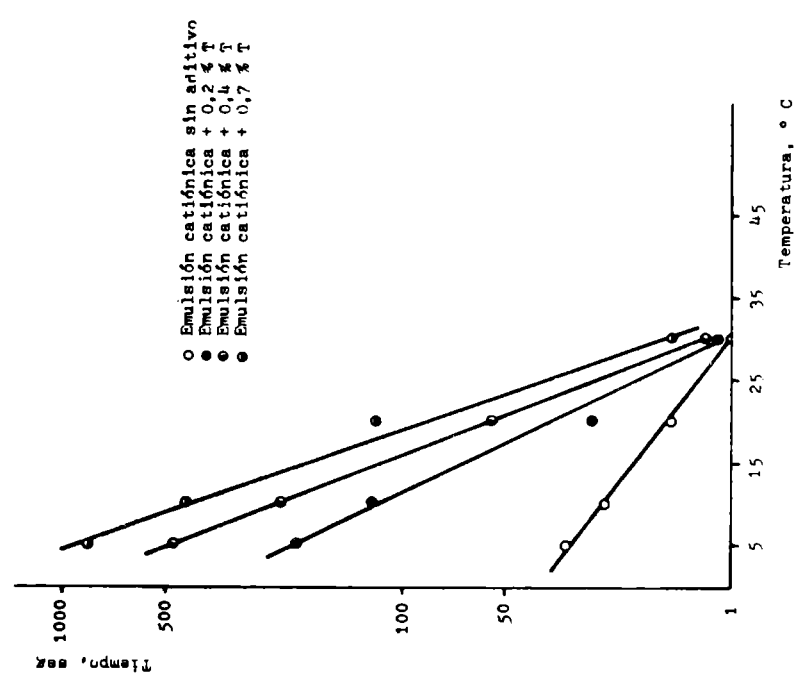


Fig. 11.- Emulsión catiónica para lechada asfáltica. Tiempo de rotura en función de la temperatura