

**COMPORTAMIENTO EN SERVICIO Y EN ENSAYOS
DE LABORATORIO DE PINTURAS PARA DEMARCACION
DE FRANJAS DIVISORIAS DE TRANSITO**

**Dr. Walter O. Bruzzoni
Dr. Vicente J.D. Rascio
Tco.Qco. Jorge O. Tricerri**

Serie II, nº 167

INTRODUCCION

Es ampliamente reconocido el hecho de que la correcta marcación de las zonas de circulación en caminos y calles facilita y ordena el desplazamiento de vehículos y peatones y tiende a reducir el número de accidentes de tránsito. Esto hace que la adopción de tal práctica constituya un factor esencial de seguridad.

El incremento experimentado en nuestro medio, en los últimos años, por el número de vehículos en circulación, obliga a pensar seriamente en el problema de la marcación de franjas de tránsito, imprescindible para lograr las condiciones de seguridad mencionadas.

Para tal fin se utilizan en la actualidad diferentes productos, de los cuales las pinturas, por razones económicas, son los más comunes. Una durabilidad mayor, aunque a mayor costo, se consigue adhiriendo láminas de materiales plásticos o aplicando productos termoplásticos mediante dispositivos especiales (1).

Resulta evidente que una pintura para demarcación de franjas de tránsito deberá presentar una durabilidad no inferior a un año para que su empleo pueda considerarse eficiente (mantenimiento de una buena visibilidad durante ese lapso), económico y de posible realización práctica, teniendo en cuenta la cantidad de kilómetros a marcar o remarcar anualmente. Investigadores entre los que se encuentran Gault, Hamilton, Carrow y George (2, 3) consideran que los requisitos más importantes que debe reunir una buena pintura de este tipo son los siguientes:

- a) Presentará buenas características de aplicación, propiedad que está gobernada principalmente por la consistencia del producto.
- b) Será de rápido secado, factor de gran importancia en este caso particular. El tiempo de secado de la pintura deberá ser

corto (apenas unos pocos minutos) con el objeto de evitar demoras en librar al tránsito los lugares marcados, lo que provocaría aglomeraciones imprevisibles en su magnitud. El tiempo de secado está determinado principalmente por la volatilidad del solvente y por la naturaleza del vehículo.

c) No deberá producir afloramiento del asfalto. Esta propiedad es función del tipo de solvente usado y de su velocidad de evaporación. Todos los solventes comunes de estas pinturas disuelven el asfalto; por lo tanto deberá evitarse el uso de aquellos que evaporan lentamente.

d) Deberá presentar buena durabilidad en servicio tanto sobre pavimento asfáltico como sobre hormigón; durabilidad que está determinada por las propiedades de los componentes de la pintura y por el espesor de la película depositada. El vehículo de la pintura deberá conferirle buenas propiedades de adhesión al pavimento, dureza adecuada y flexibilidad para acompañar los movimientos de la base. Deberá presentar un mínimo de deterioro por abrasión o desprendimiento (chipping) como consecuencia del pasaje de vehículos.

e) Poseerá buenas características de visibilidad. La visibilidad diurna es función de la pigmentación y no presenta serios problemas siempre que la pintura no retenga suciedad como consecuencia del tránsito; la visibilidad nocturna se logra incorporando esferas de vidrio de características y dimensiones apropiadas.

Es evidente que estas propiedades particulares no pueden ser satisfechas por los productos corrientes o de uso general existentes en el mercado, y que se deberá recurrir a pinturas especiales formuladas para este fin. Actualmente se están utilizando en el extranjero pinturas, cuyos vehículos están elaborados sobre la base de resinas alquídicas modificadas por caucho clorado e isomerizado o resina indeno-cumarona, polímeros de estireno butadieno, etc., habiéndose efectuado también experiencias a base de resinas epoxy (4). Una pintura correctamente formulada deberá proporcionar resultados satisfactorios tanto sobre pavimento asfáltico como sobre hormigón.

La idea de efectuar en el LEMIT el presente trabajo es una consecuencia directa de las consultas realizadas en diferentes oportunidades por la Dirección de Vialidad de la Pro-

vincia de Buenos Aires, en el sentido de establecer una exigencia mínima o especificación para la adquisición de este tipo de materiales. Resultaba evidente que ello no podía realizarse en base a ensayos efectuados sobre muestras aisladas, por lo cual se programó las siguiente tarea:

- a) El estudio comparativo de los materiales elaborados por la industria nacional, estableciendo fundamentalmente su comportamiento en servicio, y buscando reproducir dichos resultados mediante métodos acelerados de laboratorio, que permitieran emitir juicio sobre sus características en un lapso breve.
- b) El estudio de las variables a considerar en la formulación de las pinturas para franjas de tránsito, buscando la máxima durabilidad en servicio.

El presente informe se refiere a los resultados obtenidos en relación al punto (a).

MATERIALES ENSAYADOS

Siete firmas locales remitieron, a solicitud del LEMIT y de la Dirección de Vialidad, un total de 25 muestras de pintura; cinco de color amarillo (muestras n° 2, 9, 11, 13 y 15) y las restantes de color blanco. Se estudió además el comportamiento de una muestra preparada en el LEMIT (n° 22) que corresponde a un esmalte blanco para uso exterior con vehículo formulado en base a resina epoxy esterificada con ácidos grasos de aceite de linaza, y el de una muestra de procedencia extranjera (n° 16) que tiene incorporadas esferas reflectantes, facilitada por la repartición mencionada más arriba.

ENSAYOS EN SERVICIO

Se efectuaron dos ensayos, consistentes en aplicar fran-

jas de pintura de 15 cm de ancho, en sentido normal a la dirección del tránsito y con una separación de 30 cm entre sí, en zonas previamente elegidas por las características del pavimento (asfalto y hormigón) y por la cantidad y variedad de vehículos que circulan por las mismas.

Ensayo n° 1

Se realizó en el camino Centenario, km 22, en jurisdicción de Gutierrez (Berazategui); las pinturas se aplicaron entre las 11 y las 14 horas del día 27-V-63, con sol y luego de haber procedido al barrido del pavimento a fin de eliminar partículas extrañas (fig. 1). No se realizó ninguna limpieza especial por cuanto ello no puede tampoco ser efectuado en la realidad. Las pinturas fueron libradas al tránsito luego de 3 horas de aplicadas, y la primera precipitación pluvial se registró los días 9 y 10-VI-63 (13 días después), con 34,3 mm. El detalle de la lluvia caída durante la realización del ensayo se indica en las tablas II y III.

Ensayo n° 2

En la ruta n° 2 (Buenos Aires - Mar del Plata) en una zona próxima al cruce de la misma con la avenida 44 de acceso a La Plata (Etcheverry), km 58; se pintaron las franjas en la mañana del día 20-XI-63, con sol, se libraron al tránsito luego de 3 horas y la primera lluvia se registró el día 24, con 19,0 mm (tabla IV).

El extendido de las franjas se realizó en ambos casos mediante un dispositivo "Line O. Graph" construido en el LEMIT (fig. 2), sobre la base del diseño que figura en un trabajo de Lyon y Robin (5) publicado en "Proceeding of the 29th Annual Meeting of The Highway Research Board" (1949). El mismo consta de una caja cuya base está formada por planchuelas inclinadas que apoyan sobre el pavimento y que pueden girar sobre un eje horizontal; ello les permite adaptarse a las irregularidades del pavimento. La pintura es distribuida por un rodillo constituido por arandelas con libre movimiento de rotación alrededor de otro eje horizontal, tal como puede observarse en la fig. 3. En la mayoría de los casos fue necesario ajustar la consistencia para lograr una franja uniforme. Únicamente en el caso de la muestra n° 16 (con esferas reflectantes) fue necesario retocar la franja con pincel, por cuanto las citadas esferas traban el rodillo del extendedor y dificultan la aplicación.

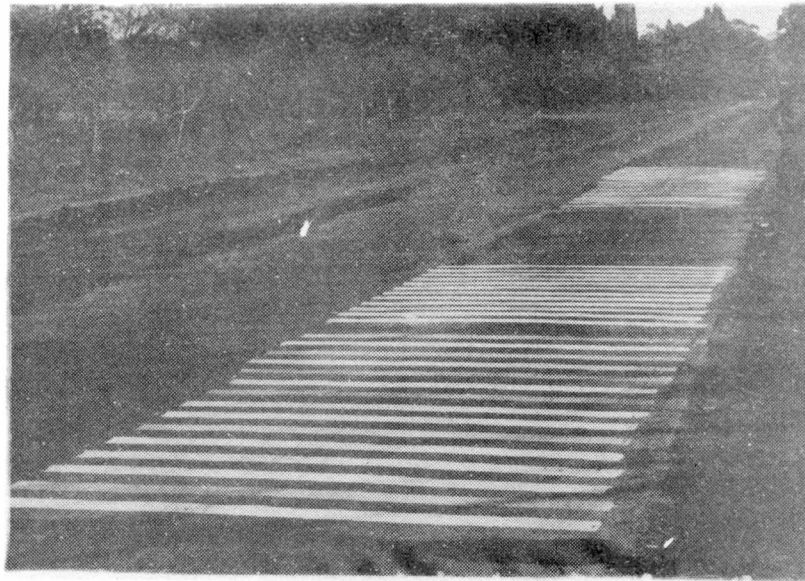


Fig. 1.- Vista panorámica de una de las zonas de ensayo (Camino Centenario)

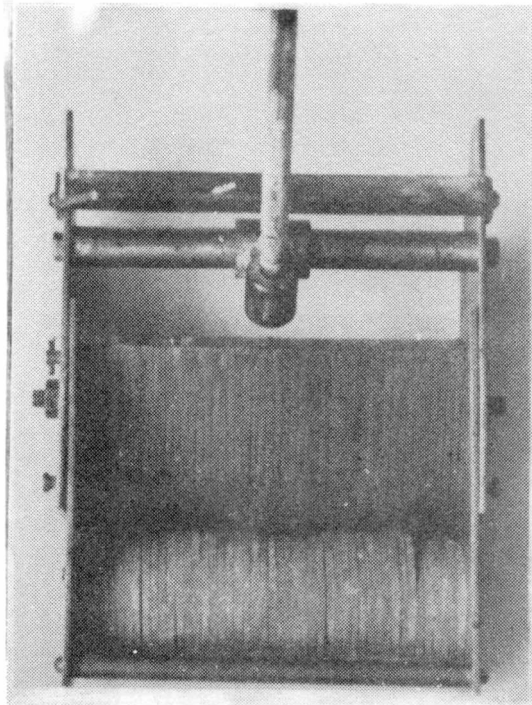


Fig. 2.- Extendedor Line O. Graph



Fig. 3.- Aplicación de las pinturas con extendedor

El espesor de película de las diferentes pinturas no pudo determinarse sobre el pavimento debido a la irregularidad de la superficie del mismo; ello se obvió aplicando una franja similar sobre un panel de acero, y midiendo el espesor de la misma con un medidor magnético (Elcometer). El espesor del film seco oscila entre 75 y 90 micrones, no incluyéndose la muestra n° 16 que posee esferas reflectantes.

El número de vehículos que circuló diariamente a partir de la iniciación de los ensayos se estableció mediante sendos contadores instalados por la Dirección de Vialidad. El promedio de circulación de ambas zonas oscila entre 2 350 y 2 550 vehículos por día, de acuerdo con el siguiente detalle:

CAMINO CENTENARIO

Días	Total acumulativo	Promedio diario
1	940	940
3	5 860	1 953
10	25 900	2 590
20	54 500	2 725
35	86 800	2 480
50	124 400	2 489
80	185 100	2 314
110	255 600	2 324
160	370 200	2 314
200	462 900	2 315
250	590 300	2 361
300	726 000	2 420
365	931 200	2 551

RUTA N° 2

Días	Total acumulativo	Promedio diario
1	560	560
3	4 050	1 350
10	15 500	1 550
20	36 427	1 821
35	69 400	1 983
50	117 500	2 350
80	200 500	2 507
110	313 500	2 850
160	406 900	2 543
200	485 900	2 429
250	587 600	2 350
300	702 500	2 341

La observación de las franjas se realizó inmediatamente después de la aplicación, registrándose el aspecto general de la película sobre ambos tipos de pavimento, (tabla I) y estableciéndose los casos donde se observaba mala nivelación (muestra 6), afloramiento del asfalto (muestras 5 y 22) o cuarteado de la película sobre asfalto (muestras 3, 4, 5, 10, 25, 26).

Posteriormente se efectuaron registros de abrasión y de desprendimiento (chipping) luego de 1, 3, 10, 20, 35, 50, 110, 160, 200, 300 y 365 días de exposición, de acuerdo con los lineamientos de la norma ASTM D-713 (6), a fin de establecer comparativamente el comportamiento de las pinturas. Para que la observación no estuviera excesivamente influida por la apreciación personal del operador, se fotografiaron las zonas de mayor tránsito, dentro de la franja, empleando una cámara con lente de aproximación a una distancia de 0,50 m. Las fotografías obtenidas se compararon con las fotografías patrón de las normas ASTM:

D-913-51 T Chipping (7), cuyos valores corresponden a los siguientes porcentajes de superficie intacta:

8	97 por ciento
6	92 por ciento
4	77 por ciento
2	60 por ciento

asignándose el valor 10 a la película sin "chipping".

D-821-47 T Degree of Abrasion and erosion (8), donde el valor 8 corresponde al menor deterioro y el 2 al máximo, siendo 10 el valor del film exento de desgaste.

De esta manera se ha preparado un registro con un total de 580 fotografías que corresponden al estado de la película de las muestras ensayadas al cabo de diferentes períodos de tiempo. Los valores numéricos obtenidos para cada muestra se han resumido en las tablas II, III y IV. Los registros se efectuaron para cada pintura y tipo de falla, hasta llegar al valor 2, que se tomó como límite para la observación.

Del examen de los resultados obtenidos se deduce que el comportamiento en servicio de las pinturas tiene estrecha vinculación con el tipo y las características del pavimento que sirve de soporte:

a) Camino Centenario.

Sobre hormigón el chipping constituye la única falla presentada por las muestras (tabla II), observándose un deterioro rápido (dentro de los tres meses) de 24 pinturas ensayadas; sólo las muestras nº 17, 16 y 20 (11,1 % del total) presentan valores de chipping 4; 2 y 2 respectivamente luego de 110 días de exposición (entre 60 y 77% de la superficie total intacta), mientras que para las restantes dicho valor es inferior a 2 (fig. 4).

Puede estimarse en 110 días el límite de duración de estas pinturas sobre dicho pavimento de hormigón, (fig. 4) ya que a los 160 días (observación siguiente) los valores de chipping registrados resultaron inferiores a 2. El comportamiento a lo largo de todo el ensayo se aprecia en el gráfico de la fig. 5.

Sobre pavimento asfáltico (tabla III) la durabilidad de las pinturas es apreciablemente mayor. Con excepción de las

T A B L A I

ENSAYO EN SERVICIO. ASPECTO DE LAS FRANJAS DESPUES DEL SECADO DE LA PINTURA

Fabricante	Muestra Nº	Color	Aspecto sobre pavimento asfáltico	Aspecto sobre pavimento de hormigón
A	1	blanco	bueno	bueno
	2	amarillo	bueno	bueno
	3	blanco	regular (cuarteado)	bueno
B	4	blanco	regular (cuarteado)	bueno
C	5	blanco	regular (cuarteado, poco afloramiento de asfalto)	bueno
	6	blanco	malo (mala nivelación)	malo (mala nivelación)
D	7	blanco	bueno	bueno
	8	blanco	bueno	bueno
	9	amarillo	bueno	bueno
	10	blanco	regular (cuarteado)	bueno
	11	amarillo	bueno	bueno
	12	blanco	bueno	bueno
	13	amarillo	bueno	bueno
	14	blanco	bueno	bueno
	15	amarillo	bueno	bueno

16	blanco	bueno	bueno
17	blanco	bueno	bueno
18	blanco	bueno	bueno
19	blanco	bueno	bueno
20	blanco	bueno	bueno
21	blanco	bueno	bueno
F **	blanco	regular (afloramiento de asfalto)	bueno
G	blanco	bueno	bueno
23	blanco	bueno	bueno
24	blanco	bueno	bueno
25	blanco	regular (cuarteado)	bueno
H	blanco	regular (cuarteado)	bueno
26	blanco	bueno	bueno
I	blanco	bueno	bueno
27	blanco	bueno	bueno

* Muestra de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires

** Muestra preparada en el IEMII

Nota: En esta tabla se indican con una letra los 9 fabricantes intervinientes, incluyendo la muestra de procedencia extranjera (E), proporcionado por la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires (D.V.B.A.). Los números 1 a 27 identifican cada una de las muestras ensayadas.

muestras 5 y 6, que quedan rápidamente descartadas dentro de los 50 días de ensayo; a los 110 días encontramos 16 muestras con valores de abrasión o chipping entre 8 y 2; ese número se reduce a 9 muestras a los 160 días, 8 a los 200, 7 a los 250 y 2 a los 300 y 365 días. En la tabla citada se ha consignado la observación efectuada sobre la falla predominante ya que el registro de las dos fallas simultáneamente sobre una misma película de pintura sólo puede hacerse en las primeras etapas del ensayo. A partir de los dos meses el chipping dificulta la observación de la abrasión y vice-versa.

En este pavimento asfáltico 15 muestras presentan predominantemente abrasión (55,5 %) y 12 chipping (44,5 %), tal como se indica en detalle en la tabla III. Es evidente que la adhesividad de la película de pintura es mayor sobre pavimento asfáltico que sobre hormigón, lo que trae como consecuencia una mayor durabilidad de la pintura, que se traduce en el mantenimiento de las condiciones de visibilidad o de adecuado señalamiento durante más tiempo.

Desde este punto de vista las muestras 22 (LEMIT) y 18 (Fabricante A) son las que mejores características presentan al cabo de 300 y 365 días de ensayo (fig. 6 y 7) ya que no solamente los valores de chipping son respectivamente de 4 y 4-2, sino que también el aspecto general de la franja puede ser calificado como muy bueno. Teniendo en cuenta las exigencias del ensayo, prácticamente no se observan diferencias sensibles entre la zona de mayor tránsito y el resto de la franja. Dichas pinturas, aplicadas en forma de franja central de señalamiento en un camino con carpeta asfáltica en buenas condiciones deberían exceder el año de duración sin deterioro manifiesto.

Características algo inferiores presentan las pinturas n° 8 (fig. 8), 12 y 13 (fig. 9), 16 y 17 (fig. 7). Su duración en las condiciones del ensayo puede ser estimada en 250 días; la franja presenta aspecto general bueno, y la zona de tránsito manifiesta mayor deterioro que en el caso anterior. Cualquiera de estas últimas muestras debería satisfacer las exigencias de uso normal en un camino.

Es importante consignar que la clasificación que surge de la comparación del estado de la zona de mayor tránsito con las fotografías tipo ASTM, coincide con la observación o la

impresión visual panorámica del conjunto de la franja.

Esto puede corroborarse comparando las fotografías que anteceden con las obtenidas con lente de aproximación, que también se incluyen, y que corresponden a 300 y 250 días de exposición para las mismas pinturas (fig. 10 a 12). El comportamiento durante 250 días, sobre este pavimento asfáltico, ha sido representado gráficamente en las figuras 13 y 14, considerando separadamente las muestras que presentan abrasión como falla predominante (pinturas 12, 13 y 17) y aquellas con chipping (pinturas 8, 16, 18, 22 y 24).

b) Ruta nº 2:

El ensayo en la zona elegida incluyó, como ya se ha indicado, el extendido de franjas sobre hormigón y sobre asfalto. Lamentablemente por efectos de la elevada temperatura ambiente se produjo el ablandamiento de la capa asfáltica superficial del segundo de los pavimentos mencionados, inconveniente que trajo aparejada la imposibilidad de practicar observaciones sobre la zona de tránsito, debido a la remoción de las pinturas. Por ello no son consideradas las mismas en esta exposición, pero queda como saldo positivo del inconveniente producido, el hecho de llamar la atención sobre un aspecto muy importante del problema, el estado del pavimento asfáltico, que puede tener una influencia decisiva sobre cualquier tipo de señalamiento que se utilice. Aparentemente no es aconsejable el marcado de aquellas rutas donde se ha procedido a aplicar recientemente un riego asfáltico superficial.

Las observaciones se efectuaron, en consecuencia, exclusivamente sobre las franjas aplicadas sobre hormigón, registrando las mismas fallas que en el camino Centenario y con lapsos de observación aproximadamente similares. Nuevamente aparece el chipping como falla única, y en la tabla IV se indican los valores de la misma entre los 10 y los 300 días de exposición.

Se repite en este caso, la caída brusca de las muestras 5 y 6, que son eliminadas entre los 10 y 35 días, pero el resto manifiesta una durabilidad mayor que sobre el pavimento, aparentemente similar, del camino Centenario. Se observa que

TABLA II

Ensayo en servicio. Camino Centenario. Pavimento de hormigón

Chipping ASTM D-913-51 (falla única)

Fabri canta e	Pintu ra N ^o	1 día	3 días	10 días	20 días	35 días	50 días	80 días	110 días	160 días	Clasifi cación
A	1	10	10	10	6	6	4	2	<2		4 ^o
	2	10	10	10-8	4	4-2	2	2			7 ^o
	3	10	10	10-8	2	<2					9 ^o
B	4	10	10	8	4-2	4-2	<2				8 ^o
	5	10	10-8	6	<2						10 ^o
C	6	10	8	8-6	<2						10 ^o
	7	10	10	10-8	8	8	8-6	<2			5 ^o
D	8	10	10	10	8-6	8-6	6-4	2	<2		4 ^o
	9	10	10	10	6	6-4	4	<2			6 ^o
	10	10	10	8	4-2	2	<2				8 ^o
	11	10	10	10	8	8	8-6	4	<2		3 ^o
	12	10	10	10-8	6-4	6-4	4-2	<2			6 ^o
	13	10	10	10	2	<2					9 ^o
	14	10	10	10-8	4-2	2	<2				8 ^o
15	10	10	8-6	<2						10 ^o	
E	16	10	10	10	10-8	8	6	4	2	<2	2 ^o
A	17	10	10	10-8	8-6	8-6	6	6-4	4	<2	1 ^o
	18	10	10	10	4-2	2	<2				8 ^o
	19	10	10	10	8-6	6	4	<2			6 ^o
	20	10	10	10	8-6	6	6-4	4	2	<2	2 ^o
	21	10	10	10-8	4	2	<2				8 ^o
F	22	10	10	10-8	<2						10 ^o
G	23	10	10	10	6-4	6-4	4	<2			6 ^o
	24	10	10	10	8-6	6	6-4	4	<2		3 ^o
	25	10	10	10-8	8	8-6	6-4	4-2	<2		3 ^o
H	26	10	10	8	2	<2					9 ^o
I	27	10	10	10	8-6	8-6	6	4-2	<2		3 ^o
Lluvia mm totales acumulativos					114	142	208	260	572	712	

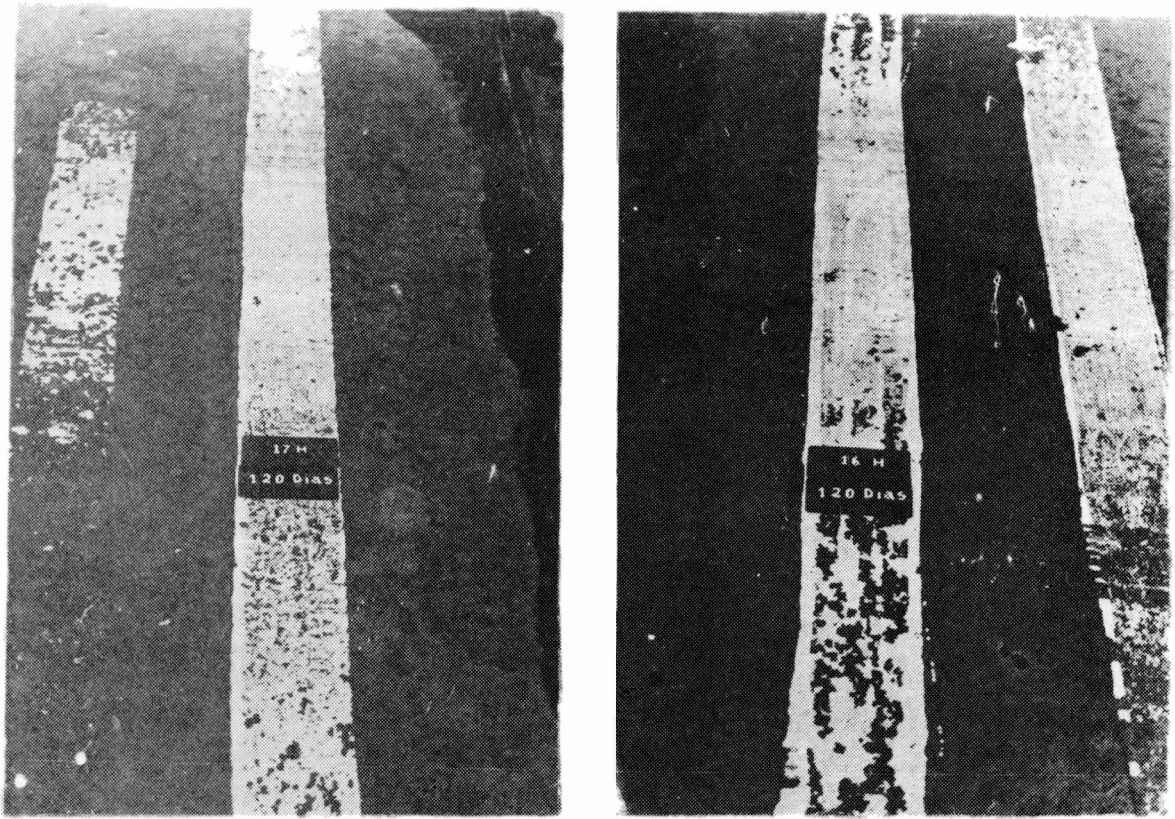


Fig. 4.- Muestras 17 (izquierda) y 18 (derecha), luego de 110 días de aplicadas sobre pavimento de hormigón

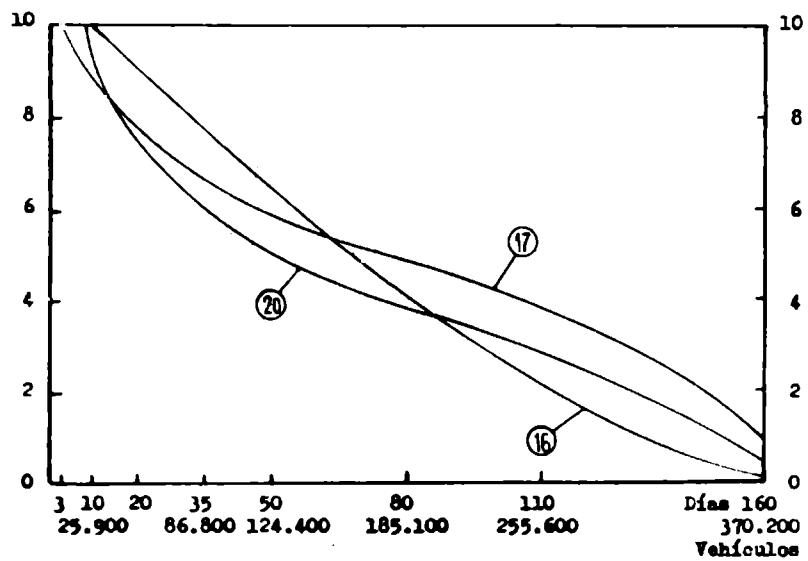


Fig. 5.- Chipping sobre hormigón, camino Centenario, 160 días (pinturas 16, 17 y 20). Registros realizados según ASTM D-913-51

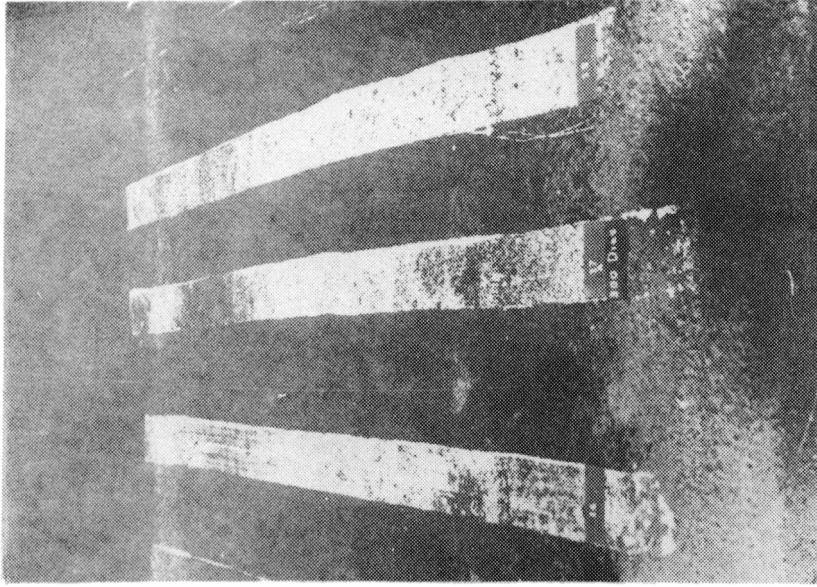


Fig. 7.- Muestras 16, 17 y 18, 300 días sobre pavimento asfáltico

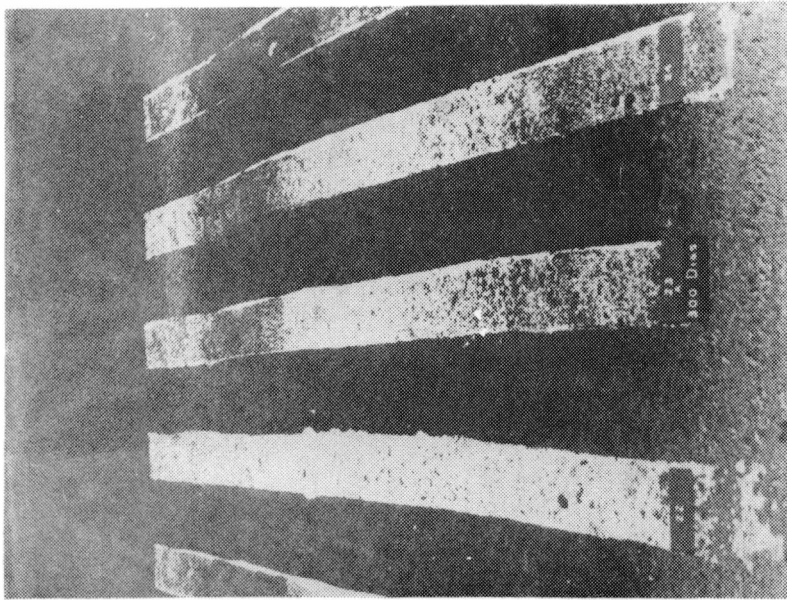


Fig. 6.- Muestras 22, 23 y 24, 300 días sobre pavimento asfáltico

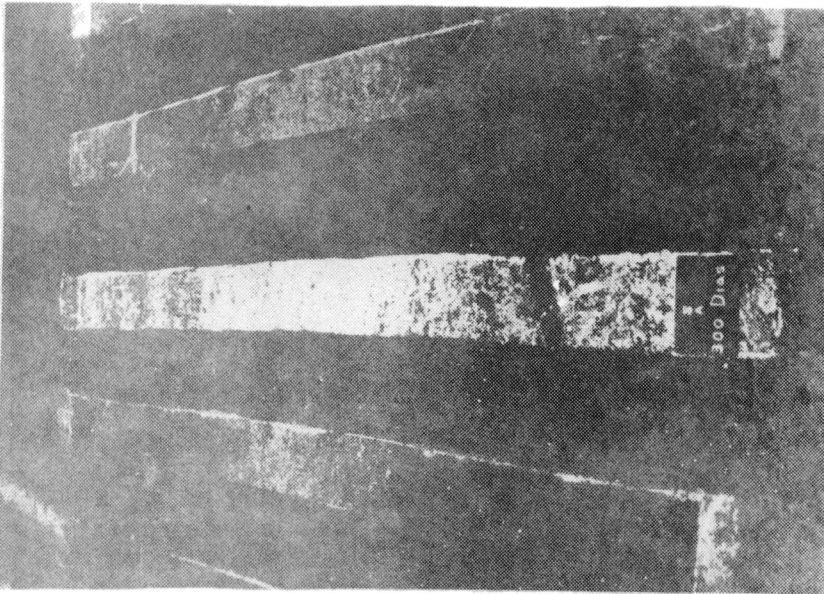


Fig. 8.- Muestra 8, 300 días sobre
pavimento asfáltico

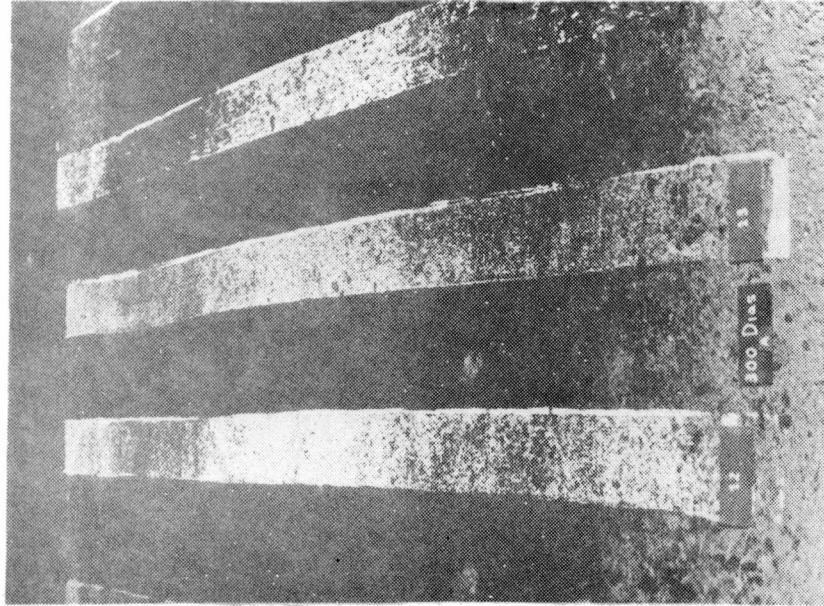


Fig. 9.- Muestras 12 y 13, 300 días
sobre pavimento asfáltico

TABLA III
Ensayo en servicio. Camino Centenario. Pavimento asfáltico
Abrasión, según ASTM D-821-47
Registro de la falla predominante: Chipping, según ASTM D-913-51

Pintura	Falla predominante	24 horas	72 horas	10 días	20 días	35 días	50 días	80 días	100 días	160 días	200 días	250 días	300 días	365 días	Clasificación
1	abrasión	10	10	10	8	8-6	6	4	2	<2	<2	<2	<2	<2	7 ^o
2	abrasión	10	10	10	10-8	8	6	6	4-2	<2	<2	<2	<2	<2	6 ^o
3	chipping	10	10	10-8	6	8-4	4	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	9 ^o
4	abrasión	10	10	10	8	6	4	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	9 ^o
5	chipping	10	10	6	4-2	4-2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	10 ^o
6	chipping	10	10	6	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	10 ^o
7	abrasión	10	10	10	10-8	8	8-4	4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	7 ^o
8	chipping	10	10	10	10-8	10-8	8	8	6	4	4-2	2	<2	<2	3 ^o
9	abrasión	10	10	10	10	10	8	8	4	<2	<2	<2	<2	<2	5 ^o
10	chipping	10	10	8	8-6	8-6	6	4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	7 ^o
11	abrasión	10	10	10	10-8	10-8	8	6	4	<2	<2	<2	<2	<2	5 ^o
12	abrasión	10	10	10	10	10	8	8-6	6	4-2	4-2	2	<2	<2	3 ^o
13	abrasión	10	10	10	10	10	8	6	4	4-2	4-2	2	<2	<2	3 ^o
14	chipping	10	10	8	6	6-4	4	4-2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	8 ^o
15	abrasión	10	10	8	8-6	6-4	4	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	9 ^o
16	chipping	10	10	10	10-6	10-8	8	8	8-6	4	4-2	2	<2	<2	3 ^o
17	abrasión	10	10	10	10-8	8	8-6	6	6-4	4-2	4-2	2	<2	<2	3 ^o
18	chipping	10	10	10-8	8	8-6	8-6	6	6-4	4	4	4-2	4-2	4-2	2 ^o
19	abrasión	10	10	10	8	8-6	6-4	4-2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	8 ^o
20	abrasión	10	10	8	8-6	8-6	6	6-4	6-4	<2	<2	<2	<2	<2	5 ^o
21	chipping	10	10	8	8-6	8-6	6	6-4	4-2	<2	<2	<2	<2	<2	6 ^o
22	chipping	10	10	10-8	8	8	8-6	6	6	6-4	6-4	4	4	4	1 ^o
23	chipping	10	10	10-8	6	6	6-4	4	4-2	2	<2	<2	<2	<2	5 ^o
24	chipping	10	10	10-8	8	8	8-6	8-6	6	4	2	<2	<2	<2	4 ^o
25	abrasión	10	10	10	8	8-6	6	4	2	<2	<2	<2	<2	<2	7 ^o
26	abrasión	10	10	8	8-6	6	4	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	9 ^o
27	abrasión	10	10	10	8	6	6-4	4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	7 ^o
Lluvia caída (mm)															
totales acumulativos - - - 114 142 208 260 572 712 1057 1130 1341 1522															

T A B L A IV

ENSAYO EN SERVICIO. RUTA N° 2. PAVIMENTO DE HORMIGÓN

Chipping ASTM D - 913-51 (fallea única)

Fabricante	Pintura n°	10 días	20 días	35 días	50 días	80 días	110 días	180 días	250 días	300 días	350 días	Clasificación	
A	1	10	10-8	10-8	10-8	8	8	8-6	4	2	< 2	5°	
	2	10	10	8	8	8	8-6	6	4	2	< 2	5°	
	3	10	8	8-6	8-6	6-4	4-2	< 2				8°	
B	4	10	10	10	10-8	6	4	< 2				8°	
C	5	10-8	4	< 2	Eliminación de la franja a los 10 días								10°
	6											10°	
D	7	10	10-8	8-6	8-6	6	6-4	2	< 2			7°	
	8	10	10	10	10-8	8	8-6	6	4-2	2	< 2	5°	
	9	10	10	10	10-8	10-8	10-8	8	6-4	6-4	2	4°	
	10	10	10-8	8-6	4	< 2						9°	
	11	10	10	10-8	8	6-4	4	< 2				8°	
	12	10	10	10	10	10-8	10-8	8	8	8-6	4-2	2°	
	13	10	10	10-8	10-8	8	8-6	8-6	6	6-4	2	4°	
	14	10	10	10	10	10-8	10-8	8	8-6	6	2	3°	
	15	10	10-8	8	8	8-6	6	6-4	4	2	< 2	5°	

E	16	10	6	6	6	6-4	4	2	< 2	7°
A	17	10	10	10	10	10-8	10-8	10-8	8	4
	18	10	8	6	6	6-4	4-2	< 2		3°
	19	8-6	4	2	2	< 2				8°
	20	10	8	8-6	8-6	6	6-4	4	4-2	2
	21	10	8	8	8-6	6	6	6-4	4	< 2
F	22	10	10	10	10	10-8	10-8	8	8	6
G	23	8	4	4-2	4-2	2	< 2			9°
	24	10	4	4	4	4-2	2	< 2		8°
	25	10	8	8	8-6	6	4	2	< 2	7°
H	26	10-8	6	6-4	2	< 2				9°
I	27	10	8	8	8	8-6	8-6	6-4	4-2	6°
Lluvia mm totales acumulativos										
	42	97	272	300	345	415	637	836	917	

a los 110 días, 18 muestras presentan chipping entre 10-8 y 4, 2 chipping 4-2 y 1 chipping 2 (77,7 %), siendo solamente 6 las de comportamiento no satisfactorio.

Luego de 180 días (160 días fue el límite del ensayo anterior) tenemos 10 muestras con valores entre 10-8 y 2; a los 250 y 300 días, 13 y 12 muestras respectivamente entre 8 y 2 (48,1 y 44,4 %).

Particularmente, encontramos que el menor deterioro (tabla IV) es el presentado por las muestras:

22	chipping	8
12	chipping	8-6
9 y 13	chipping	6-4
14 y 17.....	chipping	6
1, 2, 8, 15, 20, 21..	chipping	2

Considerando la clasificación presentada en las tablas II, III y IV, encontramos que el comportamiento de las pinturas de mayor durabilidad es el que se indica en la página siguiente.

Observamos diferencias apreciables en el comportamiento en los tres casos, y se infiere que la durabilidad está influida simultáneamente por factores inherentes al pavimento y a la pintura en sí. Mientras que la muestra n° 22 (LEMIT) aparece como la mejor en el camino Centenario (asfalto) y Ruta 2 (hormigón), sufre rápido deterioro en el primero sobre hormigón; la n° 18, en segundo término en pavimento asfáltico, tiene menor durabilidad sobre hormigón; la n° 16 presenta mejor comportamiento en el camino Centenario (ambos tipos de pavimento) que sobre la Ruta 2; y finalmente, la muestra n° 17 presenta el comportamiento más uniforme en los tres casos.

La mayor durabilidad corresponde, sobre asfalto (C. Centenario) a las muestras 18 y 22 y en un plano ligeramente inferior las pinturas 8, 12, 13, 16 y 17. Las pinturas 12, 13, 14, 17 y 22 son las que satisfacen el ensayo sobre hormigón (Ruta 2).

Resulta evidente que las características del pavimento tienen influencia decisiva sobre los resultados obtenidos,

CLASIFICACION DE LAS PINTURAS DE MAYOR DURABILIDAD Y REGISTROS DE ABRASION O CHIPPING EN EL CAMINO CENTENARIO Y RUTA 2

Pintura n°	Centenario asfalto	Centenario hormigón	Ruta 2 hormigón	Centenario asfalto	Centenario hormigón	Ruta 2 hormigón
8	3°	4°	5°	2 (300)	2 (80)	2 (300)
11	5°	3°	8°	2 (160)	4 (80)	2 (180)
12	3°	6°	2°	2 (300)	2 (80)	8-6 (300)
13	3°	9°	4°	2 (300)	2 (35)	6-4 (300)
14	8°	8°	3°	2 (110)	2 (50)	6 (300)
16	3°	2°	7°	2 (300)	2 (160)	2 (250)
17	3°	1°	3°	2 (300)	2 (160)	6 (300)
18	2°	8°	8°	4-2 (365)	2 (50)	2 (180)
20	5°	2°	5°	2 (160)	2 (160)	2 (300)
22	1°	10°	1°	4 (365)	2 (20)	8 (300)
24	4°	3°	8°	2 (250)	2 (110)	2 (180)

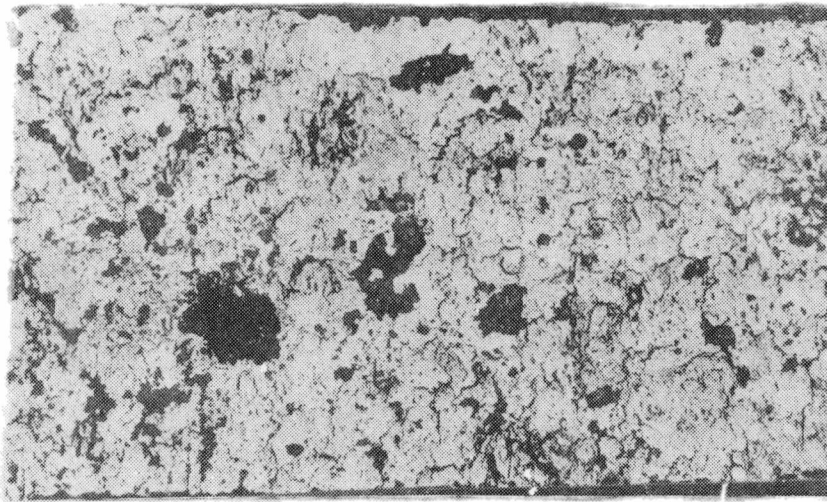
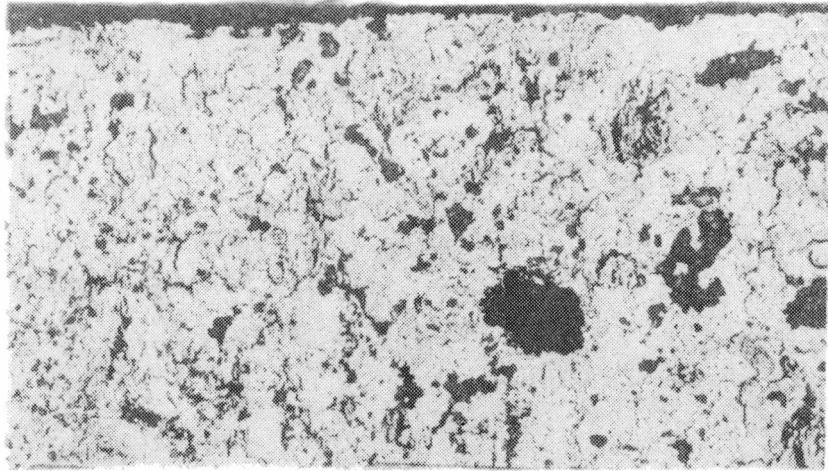


Fig. 10.- Pintura 22, 250 (arriba) y 300 días (abajo), sobre pavimento asfáltico

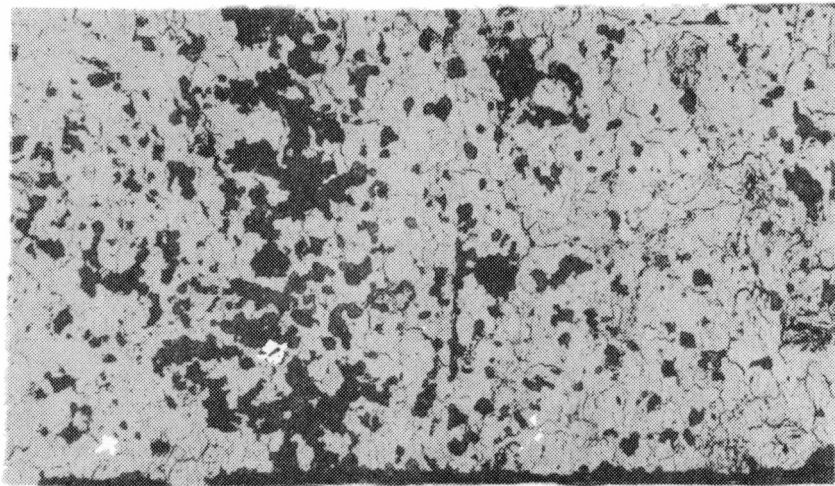
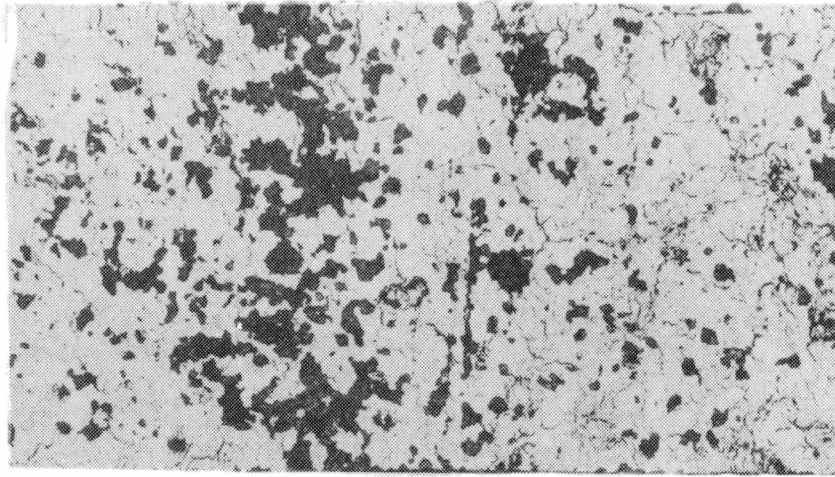


Fig. 11.- Pintura 18, 250 (arriba) y 300 días
abajo), sobre pavimento asfáltico

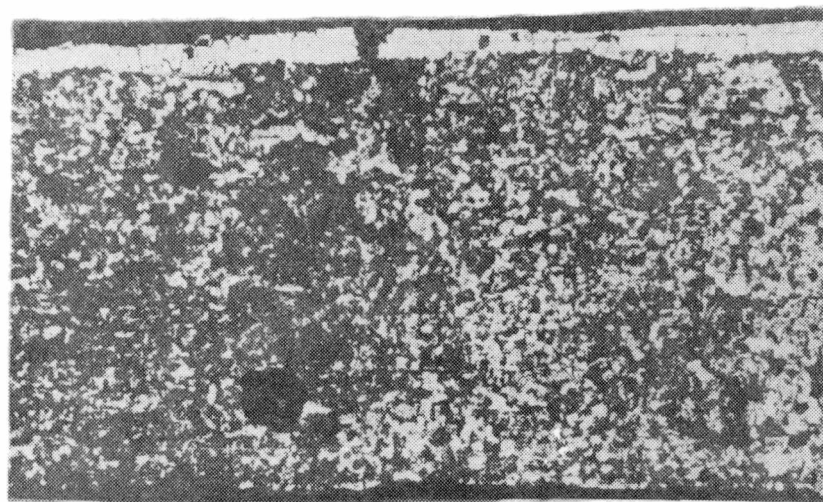
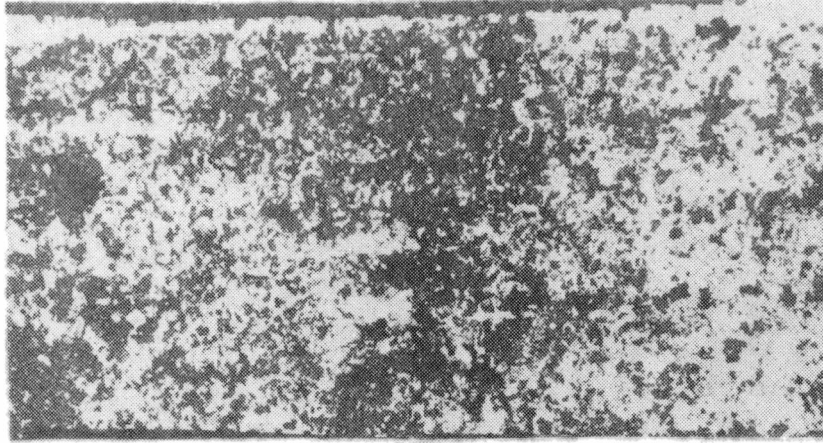


Fig. 12.- Pinturas 8 (arriba) y 12 (abajo), 250 días sobre pavimento asfáltico

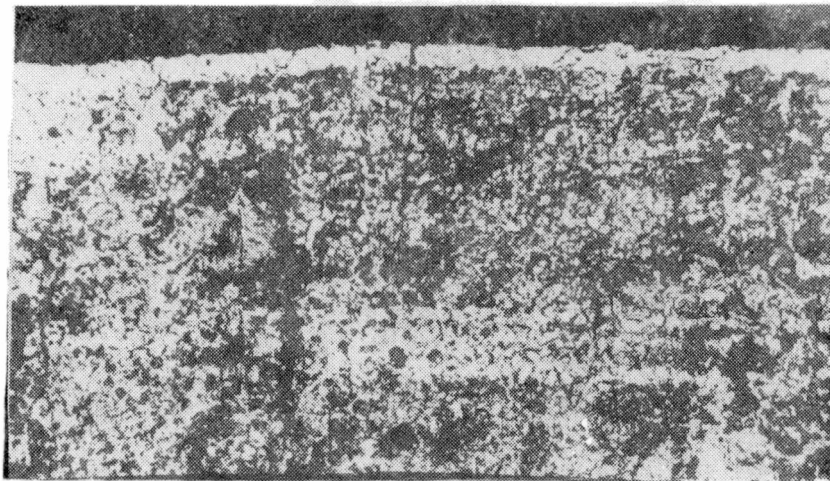
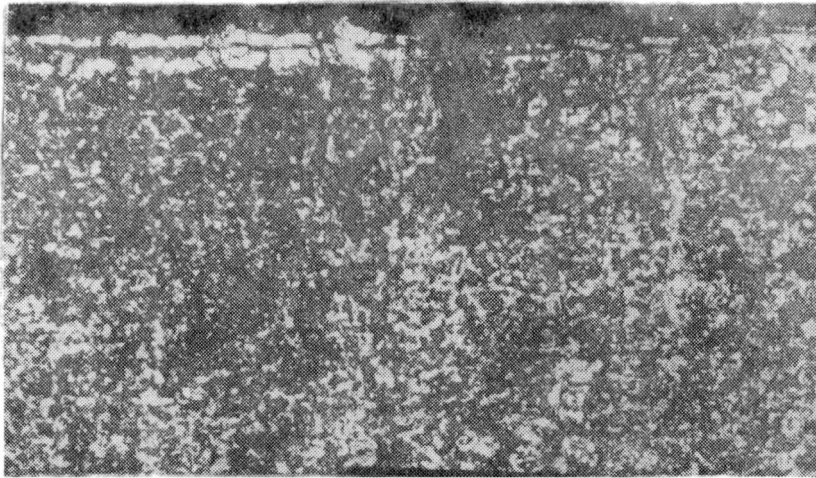


Fig. 12 b.- Pinturas 13 (arriba) y 16 (abajo),
250 días sobre pavimento asfáltico

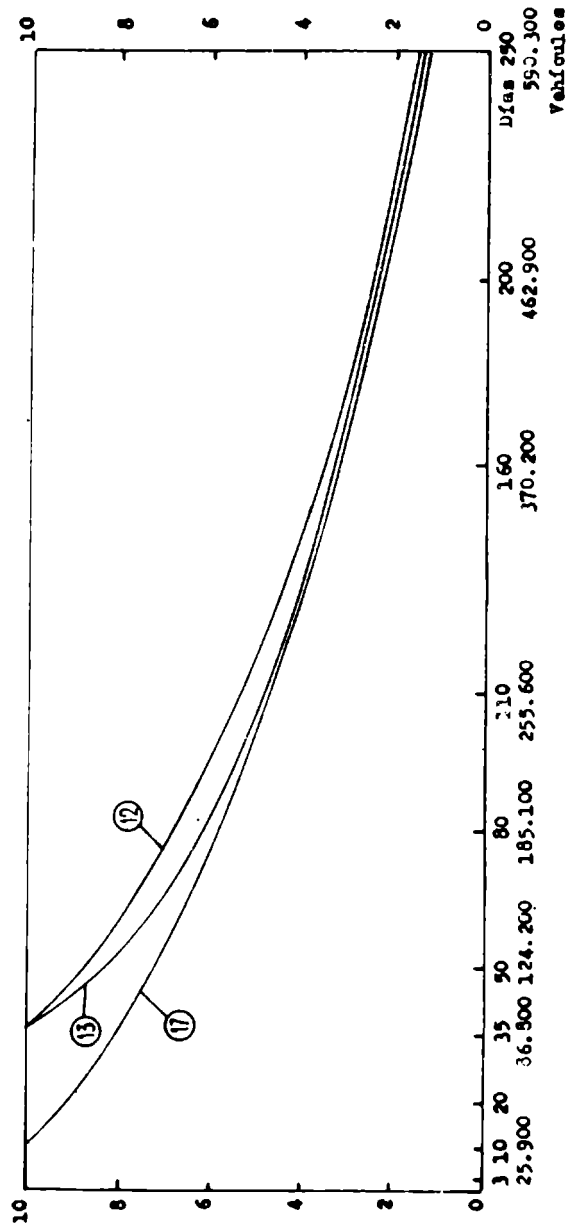


Fig. 13.- Muestras de mejor comportamiento, camino Centenario, pavimento asfáltico. Pinturas 17 (fabricante A) y 12 y 13 (fabricante D). Falla predominante, abrasión (ASTM D-821-47)

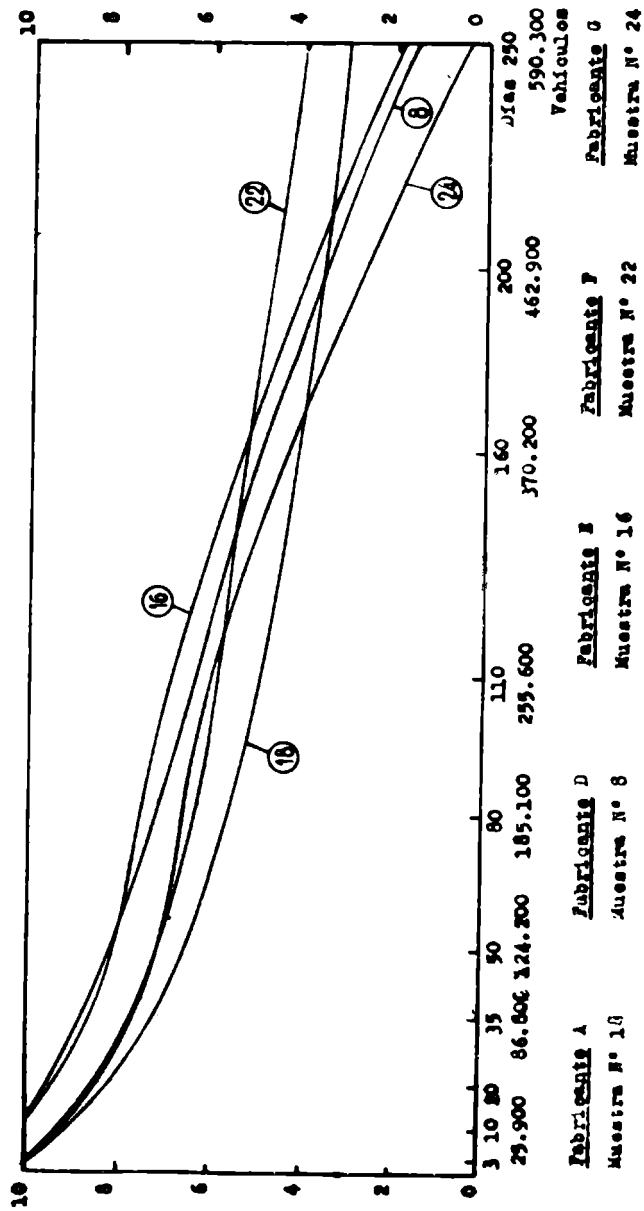


Fig. 14.- Muestras de mejor comportamiento, camino Centenario, pavimento asfáltico. Pinturas 18 (fabricante A), 8 (D), 16 (E), 22 (F) y 24 (G). Falla predominante, chipping (ASTM D-913-51)

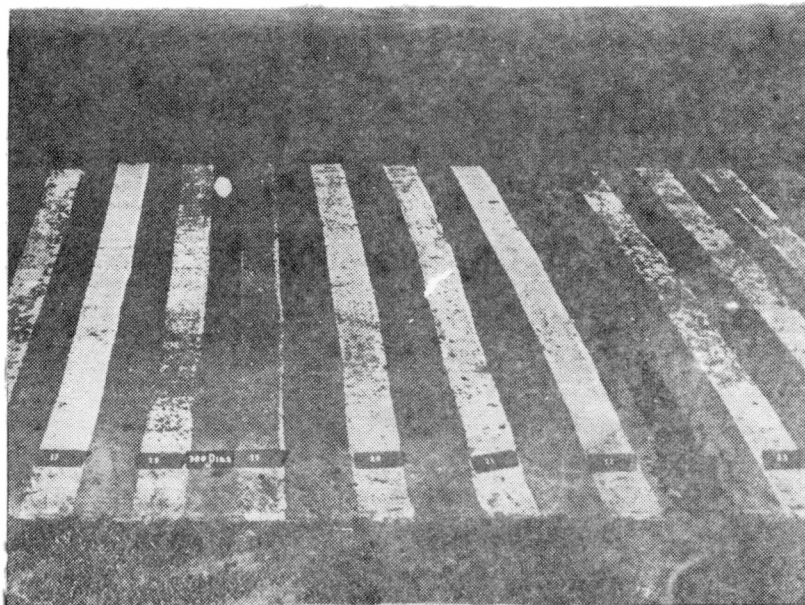
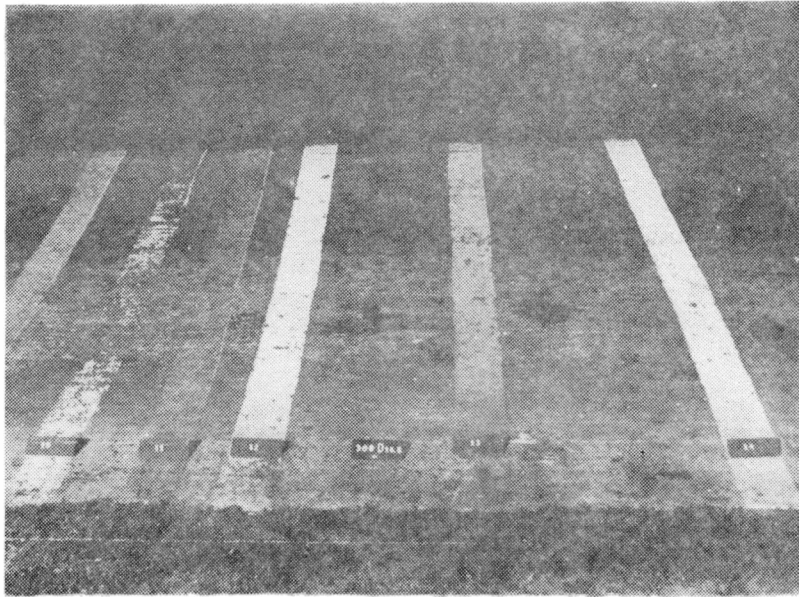


Fig. 14 b.- Ruta n° 2. Aspecto general de las franjas, pinturas de mejor comportamiento, luego de 300 días de ensayo.

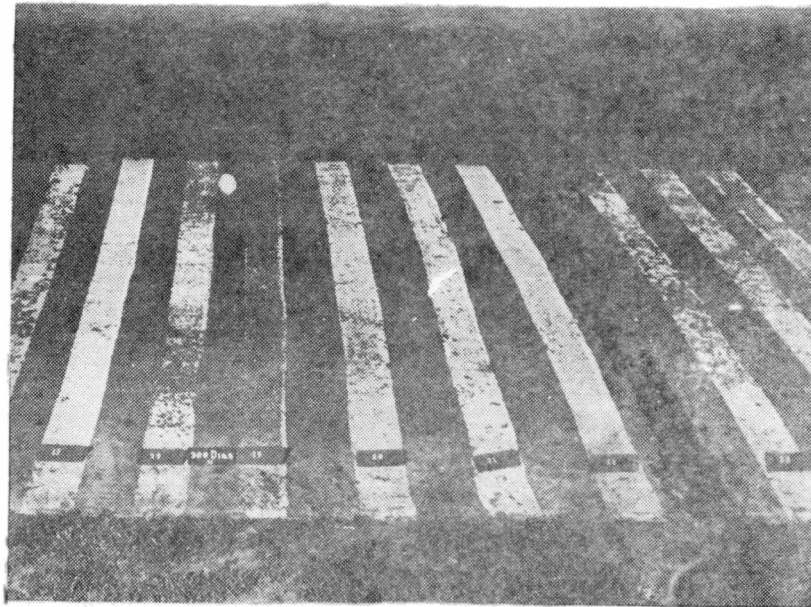
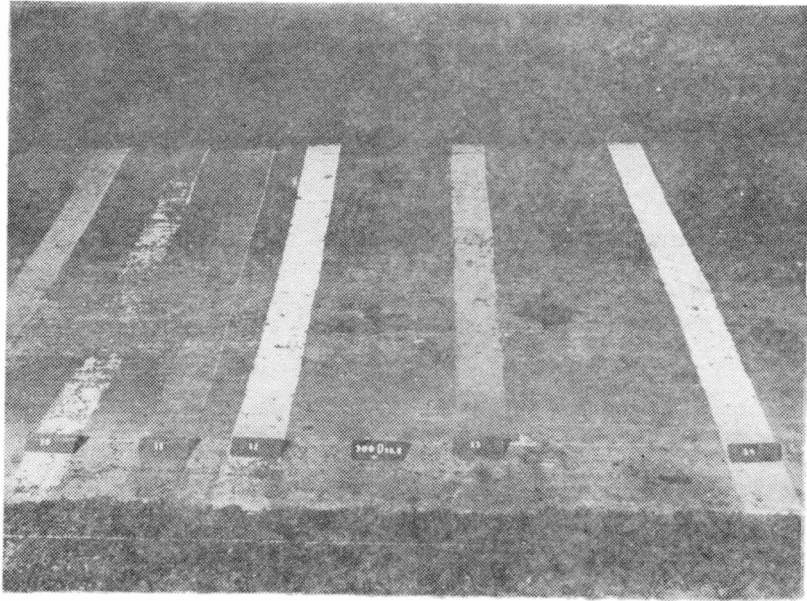


Fig. 14 b.- Ruta n° 2. Aspecto general de las franjas, pinturas de mejor comportamiento, luego de 300 días de ensayo

aún cuando hay pinturas que satisfacen el ensayo en cualquier condición.

Otra consideración importante podrá realizarse acerca de la época más conveniente para el pintado. Realizar esa tarea a fines de la primavera (noviembre-diciembre) permitiría contar con un pavimento más ceco; además, la mayor temperatura ambiente aseguraría el rápido secado y endurecimiento de la película de pintura. Esto último es lo que se deduce del ensayo en la Ruta 2, donde se observa el mayor número de muestras con poco deterioro al cabo de 300 días (12 sobre un total de 27).

Respecto del valor de este ensayo y de las posibilidades de aplicación del mismo en el contralor de adquisiciones, los resultados obtenidos sugieren que:

- a) las muestras de mal comportamiento son rápidamente eliminadas (10 a 30 días), especialmente si se producen lluvias en el lapso indicado;
- b) un período de 5-6 meses (150-180 días) deja en servicio únicamente las pinturas de buenas características;
- c) un ensayo de 1 año permite seleccionar los mejores materiales, pero no hay una diferencia significativa con las conclusiones que pueden extraerse en 5-6 meses.

Es conveniente, de acuerdo con lo expresado anteriormente, la realización de ensayos simultáneos, en diferentes lugares y sobre distintas bases.

ENSAYOS ACELERADOS Y DE LABORATORIO

Ensayo en pista experimental

Se efectuó en la pista que el LEMIT posee para ensayar bases y carpetas de rodamiento. Consiste en una superficie anular de concreto asfáltico (fig. 15) aplicada sobre base estabilizada. La carpeta está constituida por:

Betún asfáltico 7,1 % (de aplicación en caliente (70-100°C) e

Inerte 92,9 %, este último compuesto por agregado pétreo grueso (de origen granítico), y fino (arena de trituración, arena silíceo natural y filler), con la siguiente composición granulométrica:

Pasa por tamiz 1/2"	97,8 %
Pasa por tamiz 3/8"	92,4 %
Pasa por tamiz 1/4"	80,0 %
Pasa por tamiz 10	43,0 %
Pasa por tamiz 40	25,6 %
Pasa por tamiz 80	9,3 %
Pasa por tamiz 200	4,8 %

La mezcla fue apisonada a mano y antes de aplicar las pinturas, se sometió a tránsito mediante el dispositivo de desgaste, constituido por un carro móvil que gira apoyado en un soporte central, y provisto de dos ruedas opuestas diametralmente, sobre una de las cuales está montado el motor, de accionamiento eléctrico. La presión ejercida por la rueda motriz es de 5,1 kg/cm², con una presión de inflado de 70 lb/pulg² y una velocidad de rotación de 16 vueltas por minuto. La estructura de la carpeta resultó más abierta que la de los pavimentos asfálticos, sobre los que se efectuaron los ensayos en servicio.

Las pinturas se aplicaron en forma radial con el mismo extendedor y espesores que para el ensayo en servicio. Después de 24 horas de secado se puso en movimiento el dispositivo de desgaste, prolongándose el ensayo durante 32 500 vueltas. Cumplidas las mismas se suspendió la operación, por el deterioro de la carpeta de concreto asfáltico. Las observaciones efectuadas sobre las pinturas se consignan en la tabla V.

Las muestras presentan prácticamente como única falla abrasión (88 %), apreciándose además chipping solamente en las pinturas n° 2, 5, 6. A partir de 20 000 vueltas los valores permanecen estacionarios o varían muy poco.

Cumplido dicho lapso tenemos los siguientes valores de abrasión:

10-8	Muestras 8 y 9
8	Muestras 11, 12, 13, 16
8-6	Muestras 14, 15, 17, 21, 22
6	Muestras 1, 2, 3, 7, 18, 20, 23, 24
6-4	Muestras 4, 5, 6, 19, 25, 26, 27
4	Muestra 10

Luego de 32 500 vueltas el menor desgaste corresponde a la muestra 9 (abrasión 10-8), presentando valor 8-6 las n° 8, 11, 12, 13 y 15.

En la tabla V no se consignan observaciones para las pinturas 16, 19, 20 y 22/27 luego de las 20 000 vueltas, por el deterioro de la carpeta en la zona donde las mismas estaban aplicadas.

Al margen del inconveniente apuntado, que no ha permitido prolongar la experiencia, es importante dejar establecido que el ensayo en la pista solamente reproduce una de las fallas observadas en servicio, el desgaste por abrasión. Al no producirse chipping, falla que en servicio aparece en el 44,8 % de las muestras sobre pavimentos asfálticos, no podemos tomar estos resultados como criterio seguro para juzgar la calidad de estos materiales. La sola presencia de abrasión indicaría mayor adhesividad de las pinturas sobre la superficie de la carpeta, más rugosa que la de los caminos donde se hizo el ensayo en servicio. La falta de chipping podría atribuirse también al hecho de que el dispositivo de desgaste no desarrolla las altas velocidades de los vehículos o a que la falta de lluvia hace a este ensayo menos riguroso que el real en el camino.

Además, aún en el caso del desgaste por abrasión, puede verse que el mismo no es en general muy marcado (valores entre 10 y 4-2 para todas las muestras luego de 32 500 vueltas). Por otra parte, las pinturas 5 y 6, que en servicio se eliminan rápidamente (20 días sobre hormigón y 35 sobre asfalto) presentan en este ensayo un comportamiento que no es sensiblemente diferente del de las restantes.

Los motivos apuntados nos han llevado a no repetir este ensayo (originariamente se había proyectado trabajar sobre diferentes tipos de carpetas), que por otra parte resulta de un

TABLA V

Ensayo en la pista experimental del LEMIT, sobre carpeta asfáltica
observación de abrasión según ASTM D 821-47

Fabri- cante	Pintura Nº	vueltas						
		1000	3000	7500	15500	20000	28000	32500
A	1	10	10-8	8	8-6	6	6	6-4
	2	10	10-8	8	8-6	6	6	6-4
	3	10-8	8	8-6	6	6	6	6
B	4	10-8	8	8	8-6	6-4	6-4	6-4
C	5	10-8	8-6	6	6-4	6-4	6-4	6-4
	6	8	8-6	8-6	8-6	6-4	4-2	4-2
D	7	10-8	8	8	8-6	6	6	6
		10	10-8	10-8	10-8	10-8	8	8-6
		10	10	10-8	10-8	10-8	10-8	10-8
	10	8-6	6	6	6-4	4	4-2	4-2
	11	10-8	10-8	10-8	8	8	8-6	8-6
	12	10	10-8	10-8	8	8	8	8-6
	13	10	10-8	10-8	8	8	8	8-6
	14	10-8	10-8	8	8	8-6	6	6
	15	10	10	10-8	8-6	8-6	8-6	8-6
	E	16	10	10	10	10-8	8	-
A	17	10-8	8	8	8-6	8-6	6	6
	18	10-8	8	8-6	8-6	6	6-4	6-4
	19	10-8	8	6-4	6-4	6-4	-	-
	20	10-8	8	8-6	6	6	-	-
	21	10-8	8	8	8-6	8-6	6	6
F	22	10	8	8	8	8-6	-	-
G	23	10-8	10-8	8-6	8-6	6	-	-
	24	10-8	10-8	8-6	8-6	6	-	-
	25	10-8	10-8	6	6	6-4	-	-
H	26	10-8	10-8	8-6	8-6	6-4	-	-
I	27	8	8	6	6	6-4	-	-

En las muestras: 5, 8, 9, 16, 19, 20, 22, 25 y 26 ; se observa afloramiento del asfalto luego de su aplicación.

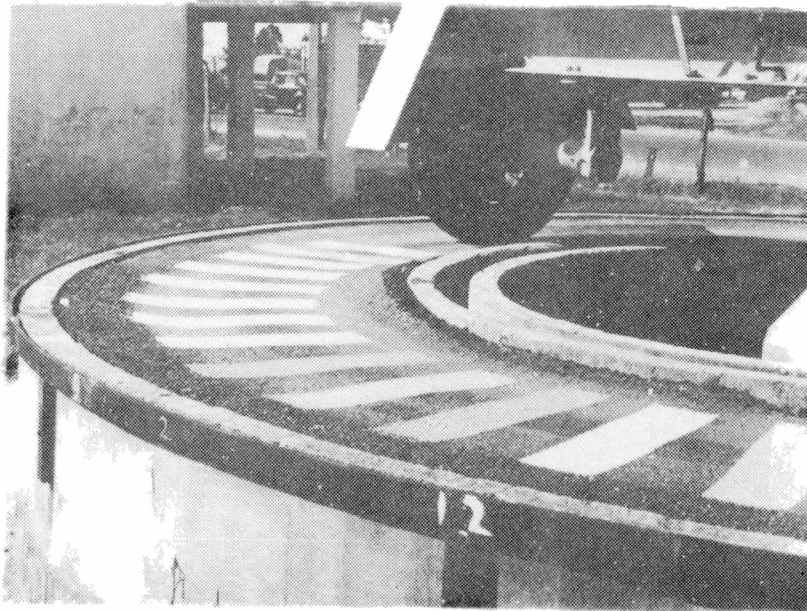


Fig. 15.- Aspecto parcial de la pista experimental

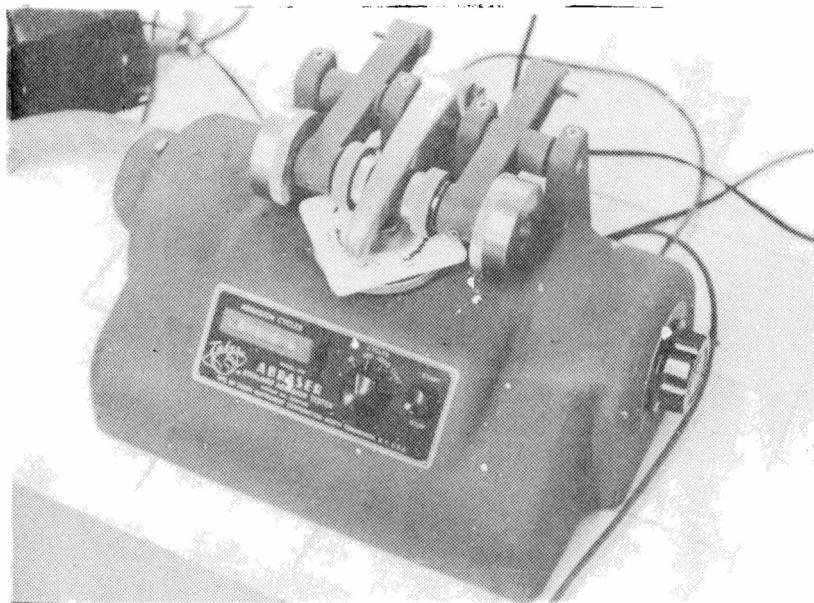


Fig. 16.- Taber Abraser, aparato para ensayos acelerados de desgaste

costo apreciable.

Ensayo de desgaste abrasivo mediante chorro de arena (falling sand test).

Se efectuó según ASTM D-968 (9), utilizando arena tamiz n° 16-30 que se hizo caer desde 0,90 m de altura sobre la pintura extendida en paneles de vidrio despulido (carborundum 3F) inclinados a 45°.

La aplicación de la pintura se efectuó mediante un extensor de Bird de luz variable, con diferentes espesores, dejando secar 7 días a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y 65 % de humedad relativa.

En cada panel se determinó el espesor de película seca y se midió el volumen de arena necesario para eliminar totalmente la película en la zona de abrasión (tabla VI). En función de estos valores se calculó el coeficiente de abrasión, es decir el volumen de arena necesario para producir el desgaste de la unidad de espesor (1 mm) de película seca.

De los resultados obtenidos se desprende que en la mayor parte de las muestras (79,2 %), el coeficiente de abrasión aumenta al aumentar el espesor de película. En 5 muestras (3, 17, 23, 24, 25) no se aprecian diferencias marcadas en los coeficientes de abrasión calculados para diferentes espesores de película.

Lo que antecede induce a suponer que el aumento de espesor retardaría el secado completo de las pinturas y de esta manera, la película, al conservar mayor elasticidad, actuaría como amortiguador del choque de las partículas de arena, reduciendo su efecto abrasivo. De esto se infiere la necesidad de considerar solamente resultados de ensayos realizados sobre espesores similares.

Teniendo en cuenta esto hemos calculado, a partir de los valores indicados en la tabla VI, los coeficientes de abrasión que corresponderían a un espesor de 90μ , equivalente al de los ensayos en servicio.

De acuerdo con ese criterio, las muestras ensayadas quedarían ordenadas de la siguiente manera, en el sentido decreciente de los coeficientes de abrasión:

Pintura n°	Coefficiente de abrasión (1/mm. para espesor 90 μ)
26	1 293
8	1 260
9	1 165
18	884
4	884
20	747
5	675
23	640
12	598
21	578
17	467
24	408
2	400
10	373
1	311
14	298
3	273
25	200
15	197
27	153
11	144
19	99
7	80
6	49

Si comparamos estos valores con los que se registran en la tabla III (observación sobre pavimento asfáltico, camino Centenario), observamos que a las muestras que presentan más alto coeficiente de abrasión (26; 8 y 9) les corresponde el 9°, 3° y 5° lugar en la clasificación mencionada; a las muestras 18 y 4, que siguen en orden decreciente de coeficiente de abrasión les corresponden el 2° y 9° lugar en el ensayo en servicio; las muestras que siguen (20, 5, 23, 12) se encuentran en el 5°, 10°, 5° y 3° lugar en servicio.

Se evidencia de esta manera la imposibilidad de establecer correlación entre los dos ensayos, y esto queda corroborado si se consideran también los valores de las tablas II y IV,

TABLA VI. Resistencia a la abrasión mediante chorro de arena (ASTM D-968-51)

Pintura	Espesor mm	Volumen arena l	Coefficiente abrasión l/mm	Pintura	Espesor mm	Volumen arena l	Coefficiente abrasión l/mm	Pintura	Espesor mm	Volumen arena l	Coefficiente abrasión l/mm
1	0,060	8	133	9	0,065	60	923	19	0,055	4	72
	0,090	28	311		0,118	176	1491		0,100	11	110
	0,112	52	464		0,130	204	1569		0,125	22	178
	0,122	48	393		0,163	216	1323		0,130	24	185
					0,171	252	1473				
2	0,030	4	133	10	0,060	16	267	20	0,045	16	355
	0,082	32	390		0,096	38	398		0,065	32	492
	0,090	36	400		0,130	64	492		0,085	52	611
	0,112	84	750		0,135	68	504		0,085	60	706
3	0,050	16	320	11	0,060	8	133	21	0,035	5	143
	0,055	16	299		0,065	8	123		0,040	6	150
	0,096	28	292		0,100	16	160		0,060	30	500
	0,112	32	286		0,105	20	190		0,065	36	554
	0,116	33	284		0,126	30	238		0,080	44	550
	0,120	38	317		0,132	28	212		0,090	52	578
4	0,035	4	114	12	0,050	12	240	23	0,050	30	600
	0,040	5	125		0,077	44	571		0,075	48	640
	0,075	42	560		0,085	48	565		0,100	60	600
	0,085	71	835		0,110	74	673		0,105	60	571
5	0,035	3	86	14	0,060	6	100	24	0,040	16	400
	0,045	4	89		0,080	20	250		0,070	24	343
	0,060	20	333		0,085	24	282		0,075	22	293
	0,080	48	600		0,120	36	300		0,095	41	431
6	0,072	2	28	15	0,050	4	80	25	0,060	16	267
	0,085	4	47		0,075	13	173		0,100	20	200
	0,120	8	67		0,080	14	175		0,110	24	218
	0,130	8	62		0,100	26	200		0,135	42	311
	0,170	12	71		0,105	20	190		0,150	49	327
7	0,067	4	60	17	0,065	28	430	26	0,030	14	467
	0,075	15	67		0,050	20	400		0,040	18	450
	0,115	12	104		0,090	42	467		0,060	28	467
	0,125	16	128		0,115	56	487		0,065	36	554
	0,135	20	148		0,125	60	480		0,080	92	1150
8	0,055	60	1090	18	0,035	8	229	27	0,050	4	80
	0,100	140	1490		0,050	24	480		0,075	8	107
	0,102	128	1255		0,060	29	483		0,100	17	170
	0,116	200	1709		0,075	54	720		0,105	20	190
	0,120	272	2230								

que corresponden a los resultados en servicio sobre pavimento de hormigón.

Tomando solamente las muestras que en el ensayo en servicio presentan exclusivamente desgaste por abrasión, observamos que tampoco hay correlación con los respectivos coeficientes de abrasión:

Pintura n°	Clasificación en servicio	Coefficiente de abrasión
12	3°	598
17	3°	467
9	5°	1 165
7	7°	80
26	9°	1 293

Estos son sólo algunos ejemplos aislados pero bien demostrativos de que este ensayo de laboratorio no puede ser tenido en cuenta para establecer la posible resistencia a la abrasión en condiciones de servicio de pinturas de tránsito.

Ensayo de desgaste abrasivo mediante el Taber Abraser

El dispositivo utilizado es el Taber Abraser modelo 174 (fig. 16) que consta esencialmente de dos discos abrasivos, que apoyan sobre la probeta de ensayo, con cargas que pueden variar entre 250 y 1 000 gramos. La probeta gira con la platina y el número de vueltas se registra en un contador. Un aspirador elimina el material separado de la superficie de la probeta.

Los paneles utilizados son de acero, despulido con esmeril 7/0, sobre los que se aplicaron diferentes espesores de las pinturas en estudio. Se dejó secar la película durante 7 días en ambiente acondicionado a $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $65 \pm 5\%$ de humedad relativa. Se empleó para el ensayo el abrasivo CS-17, con una carga de 1 000 gramos y succión 90 en el aspirador. Se determinó el peso y espesor de película seca al comienzo del ensayo, y las modificaciones que los mismos registraron luego de 100, 200 y 300 vueltas en el aparato.

Hemos resumido los valores obtenidos en dos tablas; en la VII se expresa, para varias probetas de una misma pintura, la pérdida de peso (mg/100 vueltas) luego de los lapsos citados más arriba; en la VIII se establece la disminución de espesor (micrones/100 vueltas), para probetas cuyos diferentes espesores iniciales se consignan en cada caso.

Sin realizar un examen muy profundo de dichas cifras, puede observarse inmediatamente que los valores de desgaste, para los diferentes períodos de 100 vueltas considerados, no acusen reproducibilidad, por lo que el valor promedio que se consigna en las tablas, para cada probeta, no es verdaderamente representativo de la propiedad estudiada.

La clasificación de las muestras que surge de este ensayo no tiene relación con la obtenida en servicio. Si consideramos las muestras 5 y 6, cuyo deterioro en el camino es inmediato, vemos que la primera tiene valores bajos de pérdida de peso o pequeña disminución de espesor, y la segunda altos; las muestras 17 y 18, de buen resultado práctico, no presentan en este ensayo valores que permitan seleccionarlas como las de mejor calidad, lo mismo que las muestras 8, 12 y 24, que tomamos como ejemplos aislados para ilustrar lo que antecede.

Los inconvenientes serios que hemos encontrado en este ensayo, que dificultan la obtención de resultados comparativos e impiden cualquier intento de clasificación de las pinturas ensayadas, son los siguientes:

- a) Para cada muestra, los valores de desgaste abrasivo aumentan, no varían o varían irregularmente con el espesor de la película.
- b) El método provoca el desgaste de la película por abrasión, pero no un deterioro del tipo "chipping", que se observa en gran número de muestras en servicio.
- c) Cuando la película de pintura no endurece suficientemente o conserva características de plasticidad, se observa el empastamiento del abrasivo; si la rectificación de la superficie del mismo se hace sólo al comienzo del ensayo, el desgaste correspondiente en estos casos a las primeras 100 vueltas es mayor que el de períodos similares sucesivos. Por ese moti-

TABLA VII

Ensayo de desgaste abrasivo (Taber Abraser)

Pintura	Pérdida de peso(mg/100 vueltas)				Pintura	Pérdida de peso (mg/100 vueltas)			
	1/100v	100/200v	200/300v	promedio		1/100v	100/200v	200/300v	promedio
1	43	34	32	36	15	38	61	51	50
	54	54	76	61		24	22	24	23
	34	45	60	46					
2	35	32	33	33	17	67	58	81	69
	53	59	63	58		30	38	61	43
3	35	23	19	26	18	50	55	51	52
	26	23	16	22		104	86	72	87
						41	47	65	51
						33	37	37	36
4	81	91	92	88	19	33	31	36	33
	64	80	90	78		33	26	30	30
	60	63	60	61		33	40	65	46
						36	35	67	46
5	30	27	28	28	20	23	53		38
	39	25	29	31		18			
	23	23	24	23					
6	74	69	64	69	21	21	23	21	22
	72	70	64	69		20	20	22	21
						21	23	23	22
						21	21	23	22
7	18	20	21	20	23	99	76		87
	46	30	27	34		104	86		95
						131	81	66	93
8	71	55	67	64	24	25	19	18	21
	99	108	84	97		28	21	21	23
	64	80	84	76		25	21	21	22
						21	18	23	21
9	61	71		66	25	21	10	8	13
	64	72		68		25	14	11	17
	54	59	66	59		27	13	11	17
	64	74	67	68					
10	55	57	56	56	26	33	30		31
	58	58	54	57		36	32		34
						39	41	40	40
						34	34	32	33
11	39	22	29	30	27	30	20	24	25
						34	21	21	25
						32	25	21	26
12	47	50	70	56					
	41	65	105	70					
	39	60	102	60					
14	30	44		37					
	29	31	30	30					

TABLA VIII
Ensayo de desgaste abrasivo (Taber Abraser)

Pin-tura	Espesor orig. μ	Pérdida espesor (μ /100 vueltas)				Pin-tura	Espesor orig. μ	Pérdida espesor (μ /100 vueltas)			
		(1)	(2)	(3)	(4)			(1)	(2)	(3)	(4)
1	94	7	6	6	6	15	155	5	15	10	10
	100	15	6	12	11		245	15	4	2	7
	195	11	9	11	10						
2	120	5	6	5	5	17	89	4	5	5	5
	160	6	6	6	6		136	2	4	11	6
3	145	6	4	5	5	18	88	7	13	12	11
	145	7	4	2	4		98	24	25	11	20
							172	10	5	9	8
							189	22	5	6	11
4	100	5	15	26	15	19	115	6	4	6	5
	110	5	16	14	12		117	4	6	10	7
	190	10	14	10	11		245	5	7	11	8
							258	10	4	15	10
5	85	4	6	4	5	20	78	5	12		8
	95	7	6	6	6		180	10			10
	145	11	4	2	6						
6	206	17	4	27	16	21	69	7	5	6	6
	336	16	37	5	19		91	4	9	6	6
							182	5	5	6	5
7	148	1	5	5	4	23	88	19	15		17
	218	10	10	7	9		98	25	22		23
							165	27	11	11	16
8	91	16	6	15	12	24	88	6	6	4	5
	105	22	19	15	19		90	6	5	4	5
	190	21	14	21	19		115	4	5	4	4
							224	5	3	6	5
9	102	10	14		12	25	104	5	5	3	4
	120	11	16		13		261	6	3	3	4
	145	5	7	25	12		268	5	6	3	5
	180	21	14	11	15						
10	175	11	6	3	7	26	74	5	7		6
	192	5	10	5	7		86	10	5		7
							174	7	10	11	9
							205	10	12	11	11
11	132	11	4	6	7	27	81	8	5	3	5
							84	8	3	6	6
							86	11	5	3	6
12	101	10	9	9	9						
	176	9	19	16	15						
	185	7	21	19	16						
14	87	6	9		7						
	201	5	10	5	7						

(1) 1/100 vueltas; (2) 100/200 vueltas; (3) 200/300 vueltas; (4) promedio . -

vo se ha dado por terminado el ensayo luego de 300 vueltas.

d) Como complemento de lo anterior se observa que en las películas de pintura más blandas se produce un aplastamiento de las mismas, con disminución de espesor, pero no pérdida de peso paralela. En estos casos no pueden relacionarse ambos valores.

e) Películas de pintura más duras sufren mayor desgaste abrasivo que las blandas.

f) En algunas pinturas se observa retención de partículas de abrasivo por la película, con el consiguiente deterioro del primero, y modificación de las características superficiales de la probeta correspondiente.

Análisis químico de las pinturas

Si bien no constituye un elemento fundamental de juicio para establecer la calidad de las pinturas, se procedió a establecer el contenido de pigmento, vehículo no volátil y materias volátiles (tabla IX) de los materiales de mejor comportamiento en servicio; se analizó además el pigmento (tabla X) y se practicaron reacciones de identificación del vehículo (10, 11).

El contenido de pigmento oscila entre límites muy amplios, desde 26,0 %, correspondiente a las muestras 22 y 18 (TiO_2 y TiO_2 y silicatos, respectivamente), hasta los valores entre 67 y 70 % de las muestras 10 y 24, color blanco (la primera con TiO_2 y litopón; la segunda con TiO_2 y silicatos) y la 11, amarilla.

Todas las pinturas blancas analizadas contienen bióxido de titanio en proporciones variables (desde 16,8 hasta 73,3 %), acompañado de cargas (silicatos, tiza, barita, sulfato de calcio, etc.). La muestra 10, citada más arriba, está formulada fundamentalmente a base de litopón.

Las pinturas amarillas tienen como pigmento cubriente cromato de plomo, y las mismas cargas ya citadas.

Con respecto a la composición de los vehículos, la muestra n° 22 (LEMIT) está formulada en base a una resina epoxy (Epikote 1004) esterificada (30 %) con ácidos grasos de acei-

Tabla IX

Composición de las pinturas de tránsito

Fabricante	Muestra N°	Pigmento %	Material volátil 105-110°C %	Vehículo fijo (por dif.) %
A	1	56,4	30,1	13,5
	2	55,2	26,1	18,7
	3	56,3	30,9	12,8
D	8	53,3	26,2	20,5
	9	49,0	5,8	25,2
	10	67,9	16,9	15,2
	11	70,2	19,3	10,5
	12	61,6	26,9	11,5
A	17	51,2	25,2	23,6
	18	26,0	43,1	30,9
	20	37,8	31,9	30,3
	21	34,4	40,1	25,5
F	22	26,0	42,2	31,8
G	23	53,8	25,1	21,1
	24	68,4	25,7	5,9

TABLA X

Composición de pigmentos de las pinturas de tránsito (componentes principales)

1.- Pinturas blancas

Muestra	1	3	8	10	12	17	18	20	21	22	23	24
TiO ₂ , %	23,7	26,9	30,3	1,1	23,2	24,5	73,3	34,6	74,9	98,3	21,5	16,8
ZnS, %	--	--	--	26,2	--	--	--	--	--	--	--	--
ZnO, %	--	--	--	1,7	--	--	--	--	--	--	--	--
SiO ₃ ⁻ , %	6,5	28,0	--	--	--	10,9	18,6	26,2	14,7	--	11,6	14,7
BaSO ₄ y SiO ₃ ⁻ , %	--	--	22,3	68,1	71,2	--	--	--	--	--	--	--
CaCO ₃ , %	Cont.	Cont.	Cont.	--	--	Cont.	--	Cont.	Cont.	--	Cont.	Cont.
CaSO ₄ , %	Cont.	--	Cont.	--	Cont.	Cont.	Cont.	--	Cont.	--	Cont.	--

2.- Pinturas amarillas

Muestra	2	9	11
CrO ₃ , %	6,8	8,7	10,4
Pb, %	30,1	24,0	21,6
SiO ₃ ⁻ , %	9,9	14,1	49,4
CaCO ₃ , %	Cont.	Cont.	Cont.
CaSO ₄ , %	Cont.	Cont.	--

te de linaza. En las muestras 8, 9, 17, 18, 23, 24, las reacciones de identificación practicadas indican la presencia de resina cumarona, probablemente modificada con caucho clorado o isomerizado.

Las muestras 12 y 13 acusan reacción de resina alquídica, modificada también presumiblemente con caucho.

CONCLUSIONES

- a) Los ensayos en servicio resultan de valor fundamental para seleccionar pinturas de tránsito de buenas características de durabilidad. Deben ser efectuados sobre pavimentos de diferente tipo (asfalto y hormigón), en franjas transversales a la dirección de circulación de los vehículos, y eligiendo rutas que por la uniformidad de tránsito permitan obtener resultados comparables.
- b) Los resultados obtenidos indican que la durabilidad de las pinturas aumenta cuando el pintado se realiza en una época del año (noviembre-diciembre) que asegura un camino sin humedad, y un rápido secado y endurecimiento posterior de los materiales aplicados.
- c) Sobre pavimento asfáltico se observa tanto deterioro por desgaste abrasivo como por desprendimiento o chipping; sobre hormigón se registra principalmente esta última falla.
- d) Las fotografías tipo de ASTM que se han utilizado para juzgar el deterioro en la zona de mayor tránsito dentro de la franja pintada, permiten efectuar una clasificación de las pinturas que concuerda plenamente con la que se obtiene apreciando en forma general la visibilidad de toda la franja. Los registros fotográficos son indispensables para informar sobre el comportamiento de estos materiales.
- e) Pinturas de tránsito elaboradas por la industria nacional y en el LEMIT han permitido obtener franjas cuyo estado general, luego de un año de ensayo, puede ser considerado como muy bueno. Puede estimarse que dichas pinturas (muestras 8,

12, 13, 14, 17, 18 y 22) superarían el año de durabilidad en condiciones normales de uso (señalización de la franja central de caminos).

f) El ensayo en servicio elimina rápidamente (20-30 días) las muestras de mal comportamiento, y permite seleccionar en un lapso de 5-6 meses los materiales que en conjunto presentarán buenas características. Un ensayo de 1 año de duración asegura la selección de los materiales de mejor comportamiento.

g) Los ensayos acelerados y de laboratorio (pista experimental del LEMIT, chorro de arena y Taber Abraser) dan resultados que no pueden correlacionarse con los obtenidos en servicio. Todos producen desgaste abrasivo de la película de pintura, pero ninguno reproduce el deterioro por desprendimiento (chipping) que aparece como la falla más importante en la práctica.

h) Las pinturas que han mostrado buena durabilidad están formuladas con vehículos a base de ésteres epoxy o de resinas alquídicas e indeno-cumaronas, modificadas con caucho clorado o isomerizado. Los pigmentos más utilizados son el bióxido de titanio, para las blancas y el cromato de plomo (amarillo cromo) para las amarillas, complementados con inertes.

i) Al margen del comportamiento de las pinturas, es imprescindible señalar que, en pavimentos asfálticos con carpeta excesivamente rica en betún, se tiene una superficie blanda y fácilmente deformable, poco apta para el pintado. Además, el betún ablandado por acción del calor, es arrastrado sobre la pintura, enmascarando el señalamiento, o se producen fallas de cuarteado o agrietado en las pinturas, como consecuencia de la deformación de la base.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Southern Paint and Varnish Production Club. Road test and laboratory abrasion of traffic paint. Off. Digest, 1049, agosto 1959.
- 2.- Gault C., Hamilton H., Carrow W. and Goeller G. Durable traffic paint with fast dry time. Off. Dig. 959, julio 1959.