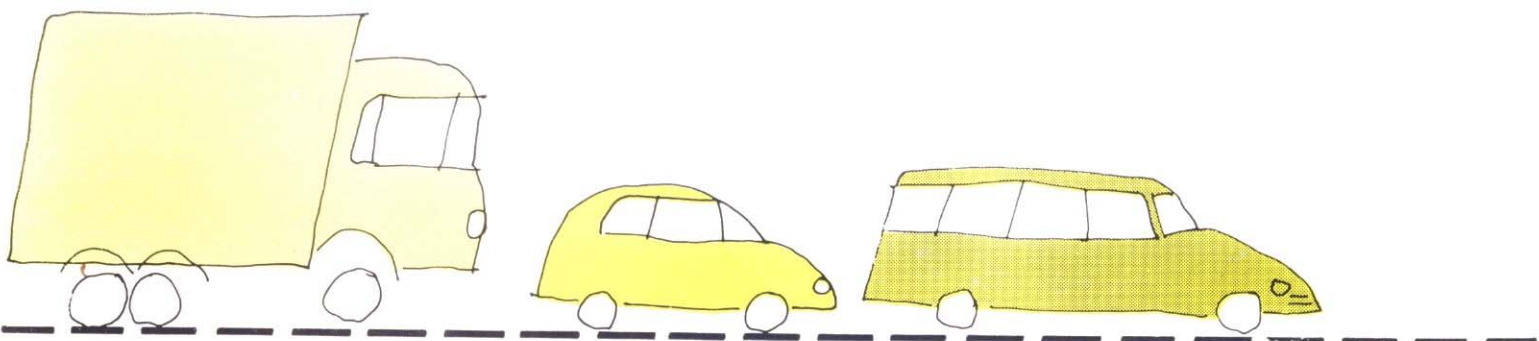
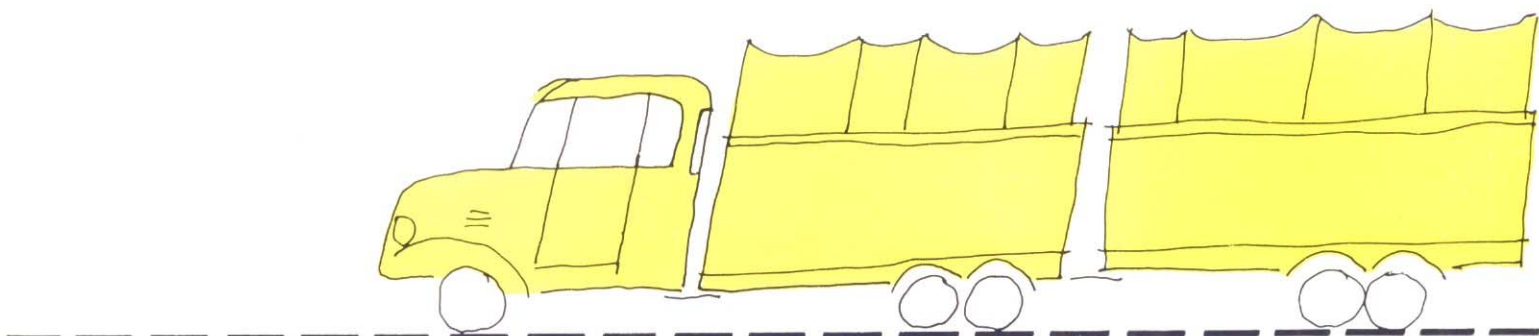
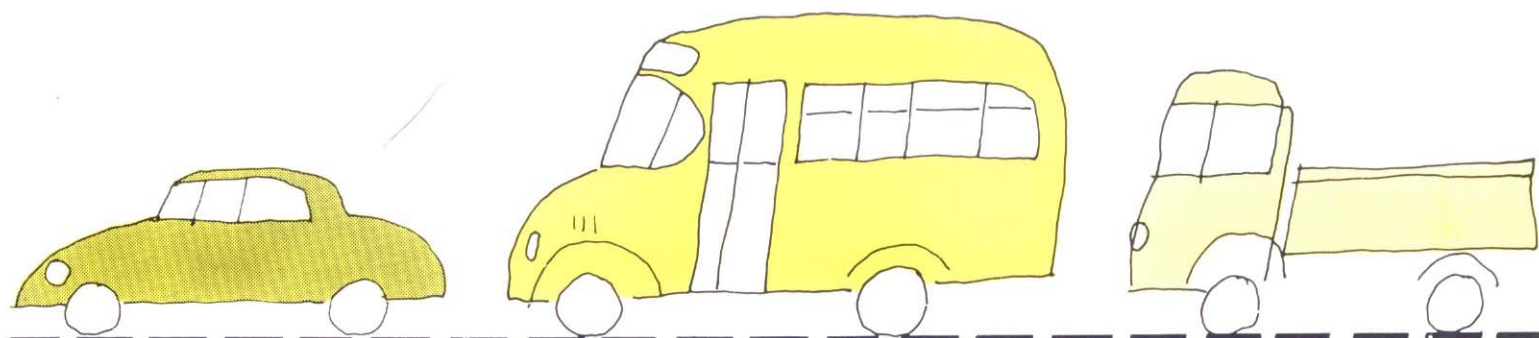
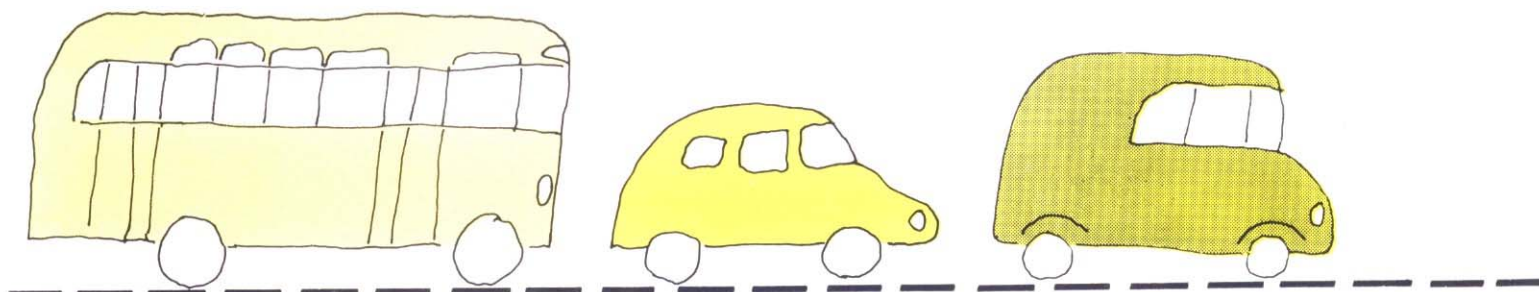


CARRETERAS

ISSN 0325 0296

Asociación Argentina de Carreteras
Año XX / N° 76 / Octubre - Diciembre 1975



Zalazar & Arrigoni

INGENIEROS CONSULTORES

☐ Obras Viales

☐ Pavimentos

☐ Suelos

☐ Desagües y Fundaciones

Libertad 745
Bajo "A"
T. E. 40-8880

Capital Federal

Libertad 877
1° "B"
T. E. 49-8156

Beltrán 145
T. E. 22-0670
Godoy Cruz
Mendoza

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Carreteras en
San Miguel de Tucumán (Acceso por Ruta Nac. 38)



**PARA LAS RUTAS
ARGENTINAS**

MEJORADOR DE ADHERENCIA PARA ASFALTO

**ADITIVO AMINICO
ADROG**

EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS CON

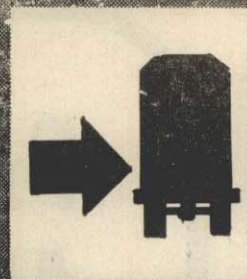
**EMULSIVO
ADROG-E**

FABRICANTE:

DROGACO INDUSTRIA QUIMICA S.A.

Dr. IGNACIO ARIETA 3922/44 - Tel. 651-0790/0229

SAN JUSTO - F.C.D.F.S. (Prov. Bs. As.)



**Los caminos
de hormigón
son los que recorren
más futuro.**

INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO

San Martín 1137 - Buenos Aires

SECCIONALES: CORDOBA: Av. Gral. Paz 70, Córdoba - TUCUMAN: 25 de Mayo 30, San Miguel de Tucumán -
LA PLATA: Calle 48 N° 632, La Plata - ROSARIO: San Lorenzo 1047, Rosario - MENDOZA: San Lorenzo 170,
Mendoza - SAN JUAN: Ignacio de la Roza 194, Oeste, San Juan - BAHIA BLANCA: Luis María Drago 23, Bahía
Blanca - CORRIENTES: Catamarca 1515, Corrientes - NEUQUEN: Av. Argentina 251, Neuquén - DEPARTAMENTO
DE INVESTIGACIONES: Capitán Bermúdez 3958, frente Acceso Norte, Partido de Vicente López. Pcia. de Bs. Aires.

PEDRO PETRIZ

1912 - 1975



El 30 de septiembre ha muerto el presidente de la Asociación Argentina de Carreteras.

Como ciudadano, ingeniero, profesor universitario, empresario, hombre público, académico, fue imagen de humanidad, de virtud, de capacidad intelectual, de coraje, de energía, de creatividad.

Hombre de bien, caballero digno, ampliamente respetado por la profundidad de sus juicios, por la probidad de su acción.

Queda su obra fecunda y su ejemplo noble.

También queda un vacío imposible de salvar...



SOCIEDAD ANONIMA COMPAÑIA ARGENTINA DE SEGUROS

Paseo Colón 823 → Buenos Aires

Tel. 33-9625-5988

30-1138-8464-2708

La ruta de máxima seguridad.

AL SERVICIO DE TODAS LAS
EMPRESAS CONSTRUCTORAS
DEL PAIS



Revista técnica trimestral editada por la ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS — Adherida a la Asociación de la Prensa Técnica Argentina. — Registro de la Propiedad Intelectual Nº 1.305.406 — Concesión Postal del Correo Argentino Nº 5.942. — (Franqueo Pagado) Interés general, concesión No 5.426. — Dirección, Redacción y Administración: Paseo Colón 823, p. 7º, Buenos Aires, Argentina. — Teléfono: 30-0889. — DIRECTOR Ing. EZEQUIEL OGUETA. — SECRETARIO DE REDACCION: Sr. JOSE B. LUINI.

SUMARIO

Pág.

LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ ARGENTINA - IMPORTANCIA - DESARROLLO - SITUACION.

Por el Ing. Carlos M. Berrotarán 6

SOBRE LA ESTRUCTURA GRANULAR DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS CONVENCIONALES.

Por la Ing. Yolanda R. Rivara de Ronchi y el Técnico Oscar F. M. Llano, bajo la dirección del Dr. Celestino L. Ruiz 10

INFORMACIONES DE VIALIDAD NACIONAL 14 y 15

LA CALIFICACION DE LOS SERVICIOS PUBLICOS URBANOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS POR AUTOMOTOR.

Por el Ing. Ezequiel Ogueta 23



LINEA DE PRODUCCION

APLICACIONES

EMULSION ANIONICA Y
CATIONICA SUPERESTABLE



ESTABILIZACION DE SUELO
LECHADA ASFALTICA

EMULSIONES CATIONICAS
LENTAS



PREMEZCLADOS DENSOS,
SEMIDENSOS Y ABIERTOS

EMULSION CATIONICA RAPIDA



TRATAMIENTOS - SELLADOS

La Industria Automotriz Argentina

IMPORTANCIA - DESARROLLO - SITUACION (*)

por el Ing. CARLOS M. BERROTARAN

BREVE SINTESIS HISTORICA

Cuando el hombre inventó la rueda movió al mundo. Con el correr de los años fue haciendo una utilización más inteligente de ella. Luego la autopropulsó, dando lugar al nacimiento del automotor. Se cree que el primer automotor construido íntegramente en nuestro país lo fue por el año 1907, cuando don Manuel Iglesias recorría con el automóvil de su fabricación, las calles de Campana. Ya en el año 1906 Anasagasti montó el primer taller de armado de automóviles con partes importadas de la fábrica BLERIOT de Francia. La actividad del Ing. Anasagasti se prolongó hasta el año 1911.

Se suceden después otras iniciativas individuales que no se alcanzan a materializar interrumpiéndose las actividades por el primer conflicto mundial del año 1914.

Terminada la guerra, progresivamente comienza en nuestro país el armado en pequeñas series de automóviles y camiones por parte de importantes empresas mundialmente famosas; con lo que se inicia la formación de la mano de obra argentina especializada.

En 1935, Hispano Argentina Fábrica de Automóviles S. A. asociada a Hispano Suiza, construyó algunas unidades, pero el intento no prosperó.

Cabe mencionar también que existieron otros intentos de fabricación de menor trascendencia.

Otra etapa de nuestra industria se inicia en 1949 con Automotores Argentinos S. A. (AUTOAR), firma ya desaparecida, que produjo unidades equipadas con motores y transmisiones importadas y algunos elementos de fabricación nacional.

Dos años más tarde comienza sus operaciones Industrias Aeronáuticas y Mecánicas del Estado —IAME—, que luego se transforma en DINFIA y en la actualidad en IME S. A.

En el año 1951 nace Mercedes-Benz Argentina y marca el punto de arranque del sistema de nacionalización progresiva al lanzar al mercado en el año 1952 los primeros chasis para camiones fabricados en el país.

En 1955, la incorporación a la actividad automotriz de Industrias Kaiser Argentina, hoy

Renault Argentina, significa el paso definitivo hacia la consolidación de la industria.

En marzo de 1959 se sanciona el llamado Régimen de Promoción de la Industria Automotriz que encuentra su fundamento en las leyes 14.780 y 14.781 de "inversión y promoción industrial" y que propicia el establecimiento de auténticas fábricas de automotores, determina las condiciones de funcionamiento o ampliación de las plantas ya existentes, y persigue además la finalidad de que los vehículos se construyan con contenido creciente de partes nacionales.

Al entrar en vigencia el Régimen de Promoción se acogieron a sus prescripciones además de AUTOAR, DINFIA, Mercedes-Benz e Industrias Kaiser, las empresas Citroen, Chrysler, Fiat, Ford, General Motors, Industria Automotriz Santa Fe, Isard, Metalmecánica, SAFRAR (Peugeot) y Siam. Otras empresas de menor importancia tuvieron una existencia efímera y no llegaron a desarrollar, en algunos casos, más que unos pocos vehículos y en otros no pasaron de los meros decretos de aprobación del plan, eliminándose definitivamente al no cumplir las obligaciones emergentes del Régimen citado.

Con el transcurso del tiempo, algunas de las empresas mencionadas fueron desapareciendo y agregándose otras hasta llegar a la situación actual.

La Asociación de Fábricas de Automotores (ADEFA) nació como una necesidad de la industria, pudiendo decirse que se inició con ella. Su origen se remonta a 1961 y su objeto es propender a los fines de interés público, al eficiente desarrollo de la fabricación de vehículos automotores y accesorios, mediante la asistencia en la solución de los problemas que afecten a la industria y al público en general.

En sus 14 años de existencia ha cumplido con los fines de su creación gracias a la asistencia y esfuerzo de sus empresas asociadas que actualmente son CITROEN ARGENTINA S. A., CHRYSLER FEVRE ARGENTINA S. A., FIAT CONCORD S. A., FORD MOTOR ARGENTINA S. A., GENERAL MOTORS ARGENTINA S. A., MERCEDES-BENZ ARGENTINA S. A., RENAULT ARGENTINA S. A., SAAB-SCANIA ARGENTINA S. A. y SAFRAR.

De las fábricas precitadas nuestra asociada SAAB-SCANIA se encuentra cumpliendo la etapa de instalación de su planta fabril en la Provincia de Tucumán. Además, no asociadas a ADEFA, funcionan las plantas de IME S. A. y DEUTZ ARGENTINA S. A.

POTENCIALIDAD INDUSTRIAL

Se podría afirmar, casi con sentido de apoteagma, que el desarrollo industrial de los países va acompañado inexorablemente de la presencia de la industria automotriz.

Basta para confirmar tal aserto, observar un mapa industrial del mundo y verificar que las naciones más desarrolladas son las mayores productoras de automotores.

Así, en el mundo occidental encontramos a EE. UU. precediendo a Japón, Alemania, Francia, Inglaterra, Italia, etc.

En el Este, encabeza la lista RUSIA cuya reciente preocupación por el desarrollo automotriz, y la erección de una planta con capacidad para 600.000 automóviles-año, instalada por una marca italiana, le ha permitido superar la cantidad de 1.700.000 unidades en total.

Luego le siguen Checoslovaquia, Alemania Oriental, Polonia, etc.

Como corolario, los países que luchan por desarrollarse recurren también a la industria automotriz, como sucede con los del Pacto Andino y las actuales gestiones de Egipto para instalar una planta de una marca norteamericana.

De los 130 países que integran las Naciones Unidas, menos de 30 son realmente fabricantes de automotores y entre esta selecta minoría industrial se encuentra, naturalmente, Argentina.

Es que la nuestra, es una industria reproductora de industrias, que comienza asimilando tecnología extraña, pero facilita los medios y conocimientos para el desarrollo de una tecnología progresivamente propia.

Muchos países han advertido la conveniencia de fabricar automotores a importarlos, sobre todo cuando la opción local abre la perspectiva de la exportación. Y estas apreciaciones tornan obligatoria la decisión cuando, como en el caso de nuestro país, su dimensión geográfica (5.000 km. de largo por 1.500 de ancho) hace imprescindible la existencia de un voluminoso parque transportador, no sólo para llevar riquezas de los centros de producción a los de consumo o a los puertos, sino como ineludible condición para la realización de la integración de las regiones y de la defensa nacional, factores que no pueden sujetarse a las decisiones industriales externas.

Claro que la posesión de una industria automotriz requiere un costo en el que un país

* Texto de la conferencia dictada el 21 de octubre por el Ing. Berrotarán, Director General de ADEFA, durante el ciclo "Mes del Camino" que la Asociación Argentina de Carreteras presentó con motivo de la celebración del "Día del Camino" y del "Cincuentenario del primer Congreso Panamericano de Carreteras".

debe incurrir para adquirir la tecnología industrial adecuada.

La cuestión es si el balance de esa actividad adquirida, deja o no resultados favorables en el transcurso del tiempo.

Hagamos un somero balance de nuestra propia experiencia para sacar conclusiones que permitan emitir un juicio de valor objetivo.

La industria automotriz argentina ha producido ya, más de 3.000.000 de vehículos de todo tipo.

Si calculamos a un promedio de u\$s 4.000 por unidad, el país hubiera debido disponer de divisas por valor de u\$s 12.000.000.000 para adquirir en el exterior esa cantidad de vehículos, restándole a nuestro país un P. B. equivalente y sus consiguientes beneficios.

Internamente, la Industria Automotriz local que como hemos dicho sustituyó la importación de unidades terminadas aportó también importantes sumas para el fisco nacional que sólo, en 1974, significaron 2.000 millones de pesos.

Los sueldos, salarios y cargas sociales pagadas por las fábricas de vehículo a sus 57.000 obreros y empleados, superaron en 1974 los 3.200 millones de pesos, a los que habría que agregar los abonados por las concesionarias y por las fábricas de autopiezas el personal ocupado que suma 180.000 obreros y empleados.

Si además consideramos al personal afectado a otros servicios como gomerías, talleres, garages, etc., podemos afirmar que en la producción, distribución y servicios vinculados a la industria automotriz trabajan en forma directa más de 450.000 personas.

La industria automotriz terminal aporta 2,5 % del P. B. I. y la de autopartes el 1,4 %, aproximadamente, o sea, que el sector tiene una participación del 3,9 % del P. B. I. lo que significa que participa en un 9,7 % del producto bruto de la industria manufacturera.

Estos guarismos no dejan lugar a dudas de la importancia de la industria automotriz argentina, pero, desde el mirador de la conmemoración que hoy nos reúne, su mejor aporte al progreso nacional está dado por la existencia de un parque suficiente y eficiente, hecho en la Argentina y por argentinos, en plantas capaces de solventar las presentes y futuras necesidades de transporte del país.

Más de 3.000.000 de unidades circulando y una relación de menos de 8 habitantes por vehículo, pone en prevención a algunos críticos con una supuesta saturación.

Este defecto, podrá verificarse en los centros urbanos, pero es evidente que íntegramente, el actual parque automotor está lejos de justificar esa prevención en el orden nacional.

En efecto, la Argentina tiene actualmente 12 automotores por cada Km. de camino; esa relación en Inglaterra llega a 47, en Italia a 50, en Suecia a 27 y en EE. UU. a 21.

La relación de metros de camino por Km² de superficie en nuestro país es de aproximadamente 80 metros, en tanto en Inglaterra llega a 1.345 metros; en Italia a 963 metros y en Suecia a 217 metros.

Estas cifras comparativas nos indican no sólo que no existe motivo de alarma para una saturación aún en el estado actual de nuestra red vial, sino también en la insuficiencia de rutas y caminos que respondan a la superficie del país como a la permanente vocación de integración de sus habitantes y a la apetencia de transformar a la Nación en una potencia moderna por el desarrollo de su capacidad productiva.

Estas metas, requieren sin lugar a dudas, eficientes rutas y automotores en cantidad y calidad necesarias para transportar la creciente futura producción nacional, la riqueza de sus suelos y para satisfacer los justificados deseos de sus habitantes de conocer en profundidad el país en que han nacido.

La industria automotriz argentina toda, sus fábricas de autopiezas y sus fábricas terminales, se sienten capacitadas, humana y tecnológicamente, para responder a ese desafío.

En lo que hace a la producción en sí de nuestras fábricas debemos señalar que la mayor cantidad de unidades producidas en un año lo fue en 1973 con **293.742**.

Ya desde mediados de 1973 la industria comenzó a transitar un penoso camino de deterioro progresivo caracterizado por una errónea conducción económica en materia de precios, frente a un incesante aumento de los costos. En tales condiciones proliferó un virulento mercado negro, que afectó a todo el proceso de industrialización y comercialización de los automotores. El desabastecimiento, tanto de partes e insumos nacionales como de importación y los graves conflictos laborales acaecidos, afectaron la producción que decayó a **286.312** unidades en el año 1974.

Si consideramos que el crecimiento normal de la producción respondiendo a una sostenida demanda del mercado interno y el incremento en las posibilidades de exportaciones que se venían produciendo, significaba un incremento del 8 % anual, resulta que la caída real de la actividad de las fábricas se tradujo en el año 1974, en la pérdida de 23.500 unidades con respecto a la producción del 73.

La crisis de la industria automotriz se profundiza este año de 1975. Las fábricas que vienen soportando pérdidas desde el año 1973, pérdidas que al 31-XII-74 superaban los \$ 2.000.000.000,— deben afrontar súbitamente, impresionantes aumentos en sus costos a partir de junio de 1975 lo que trasladado a los precios de mercado se traduce en una brusca retracción de la demanda y como tampoco es posible exportar dado que la paridad cambiaria efectiva no permite cubrir los aumentos de costos internos, las fábricas se ven en la obligación de reducir sus planes de producción.

La producción para este año se estima en **230.000** unidades. Si tenemos en cuenta el crecimiento normal que ya citamos, del 8 % comparando siempre con el año 1973, la producción disminuirá en 112.620 automotores o sea que hay una pérdida real del 49 %. A los valores unitarios promedios consignados (u\$s. 4000/unidad) las fábricas dejarán de producir riquezas en el año 1975 por valor de u\$s. 450.480.000.

Para completar la información comparemos la producción Argentina con la del Brasil y México.

AÑO	ARGENTINA	BRASIL	MEXICO
1965	194.536	185.187	97.395
1970	219.599	416.040	192.841
1973	293.742	729.135	283.250
1974	286.312	858.479	350.755

VENTAS; MERCADO INTERNO EXPORTACIONES

Las ventas en el mercado interno han seguido el siguiente ritmo:

Año	Nº de unidades	Variación resp. año anterior
1973	285.300	+ 64.589
1974	271.256	— 14.044
1975 (8 meses)	150.824	— 51.000

En especial debe destacarse la caída de ventas entre los meses de junio a octubre del corriente año comparado con igual período del año 74.

Ventas junio a setiembre - 1975:
57.500 66 % respecto al 74

A veces se trata de minimizar la importancia de la magnitud de la sustitución de importaciones (u\$s 12.000.000.000) echando mano al argumento de las regalías que la producción automotriz genera.

Según un estudio realizado por el INTI, todo el sector automotriz, es decir las fábricas productoras de vehículos y las fábricas de autopiezas, implicó el giro o la acreditación a licenciarios del exterior, de u\$s 36.500.000,— en el período de 22 meses que va de marzo de 1972 a diciembre de 1973, lo que significa un promedio anual de u\$s 20.000.000.

Ese costo tecnológico permitió que la Argentina exportara vehículos en:

Año	Nº unidades	Valor u\$s	Valor Total Export. (\$)
1972	3.493	17.790.950	38.805.538
1973	11.214	53.300.305	93.585.737
1974	15.443	71.131.423	131.338.579
1975 (8 meses)	6.148		

está dispuesto a exportar siempre que las condiciones lo permitan, en:

1975		u\$s	85.000.000
1976		u\$s	250.000.000

Se observa que luego de alcanzar un máximo en 1974, decae en 1975 en un 35,28 %.

Ultimamente el Gobierno ha tomado medidas en orden a las exportaciones que están siendo objeto del análisis correspondiente en el sector pudiendo anticiparse que la paridad total resultante no resulta satisfactoria.

Debemos señalar además, que la pérdida de mercados ocurrida es de difícil recuperación y que las exportaciones llegan escasamente a un 4 % de la producción. Está dicho así que la crisis de la industria automotriz difícilmente pueda superarse con las actividades de la exportación exclusivamente. El gran cliente de la industria es el mercado interno y si éste no puede reactivarse a los niveles calculados, nada bueno puede pronosticarse al sector.

Debemos decir que las fábricas de automotores, pese a la gravísima situación que las afecta, cuyo índice más revelador es la caída de la producción, no han racionalizado aún la mano de obra. Fácil es deducir que esta situación encarece el costo del automotor.

PRECIO DE LOS AUTOMOTORES

Como se dijo anteriormente, las fábricas han producido a pérdida desde mediados del año 1973 al verse obligadas a vender los automotores a precios por debajo de sus costos reales. Todos hemos sido testigos de lo que ocurrió en el mercado automotor y cómo la compra de un "0 Km." fue uno de los mejores negocios de los especuladores que lo revendían con pingües ganancias. Los precios de venta de los automotores suben al producirse la liberación de precios y tienden a alcanzar sus niveles lógicos.

El impacto del aumento en los precios se produce principalmente por el alto valor unitario del automotor. Pero es interesante comparar los índices de precios de los automotores con respecto a otros indicadores, partiendo del Nivel 100 para 1960.

Así llegamos al promedio de los siete primeros meses de 1975 con los siguientes valores para los distintos sectores:

Construcción	7.843,5
Derivados del petróleo	7.619,5
Madera	7.456,9
Metales (excl. maquinaria)	6.539,8
Cuero	5.989,2
Papel y cartón	5.441,2
Alimentos y bebidas	4.434,9
Confecciones	4.507,9
Textiles	4.293,9
Productores químicos	3.522,9
Automotores	2.848,2
Caucho	2.428,7
Tabaco	2.156,7

Igualmente, es significativo destacar que los precios de venta de los automóviles, guardan en la actualidad, casi la misma relación que en los últimos años comparados con los salarios.

En efecto, tomando como término de comparación el precio promedio de un automóvil de "hasta 850 cm³. de cilindrada" y el salario

promedio de un "obrero con oficio" en la Capital Federal, según la publicación del INDEC, surge para los primeros 7 meses de 1975, la cantidad de tiempo —en términos de sala-

rios— necesarios para la adquisición de un automóvil. Dicho índice llega a 24 meses y 7 días. La evolución del citado índice desde 1960 es el siguiente:

Año	Salario obrero promedio (\$)	Precio medio (\$)	Precio en meses y días	
1960	49,66	2.514	50 m.	19 d.
1961	62,75	2.760	43 m.	29 d.
1962	78,58	3.147	40 m.	1 d.
1963	98,20	3.778	38 m.	14 d.
1964	127,18	4.519	35 m.	16 d.
1965	170,64	5.785	33 m.	27 d.
1966	228,56	6.971	30 m.	15 d.
1967	297,45	8.625	28 m.	29 d.
1968	311,12	9.046	29 m.	2 d.
1969	340,98	9.144	26 m.	25 d.
1970	394,41	9.168	23 m.	7 d.
1971	538,02	11.377	21 m.	4 d.
1972	779,55	17.616	22 m.	18 d.
1973	1.342,38	26.503	19 m.	22 d.
1974	1.703,31	36.235	21 m.	8 d.
1975 (Julio)	6.056,63	149.725	24 m.	7 d.

El cuadro precedente nos indica para 1960 la necesidad de 50 meses y 19 días de salario. En 1965 baja a 33 meses y 27 días; 1970, 23 meses y 7 días; 1971, 21 meses y 4 días; 1972, 22 meses y 18 días; 1973, 19 meses y 22 días; 1974, 21 meses y 8 días.

LEGISLACION AUTOMOTRIZ

Con el objeto de esclarecer algunos aspectos, generalmente motivos de comentarios que se apartan de la realidad, brevemente reseñaremos las prescripciones legales más importantes que rigen a las fábricas de automotores.

Del Régimen de Promoción de la Industria sancionado en 1959 con sus diversos matices, se pasa al Decreto Ley N° 19.135 llamado de Reconversión de la Industria Automotriz dictado en julio de 1971, que es el que rige en la actualidad al sector, complementado por un conjunto de Resoluciones. La ley clasifica a los automotores en 3 categorías y fija para cada una de ellas los porcentajes de integración con partes importadas. Dichas categorías y porcentajes son:

CATEGORIA A:

Automóviles - Integración 4 %

CATEGORIA B:

Pick-up y utilitarios - Integración: 7 %

CATEGORIA C:

Camiones - Integración 10 %

Los porcentajes mencionados se refieren al valor FOB de los vehículos. Como puede fácilmente deducirse se ha producido una verdadera integración de partes y mano de obra na-

cional, obteniéndose automotores argentinos de calidad internacionalmente reconocida.

Los bajos porcentajes de participación de piezas importadas se han logrado mediante el desarrollo por parte de las fábricas terminales de sus proveedores de autopiezas. Hoy el sector industrial proveedor suma más de 1.200 empresas, generalmente medianas y pequeñas, que bajo la asistencia técnica de las fábricas terminales y su colaboración decidida han logrado una producción en calidad y cantidad que en situaciones normales abastece satisfactoriamente los requerimientos de la industria terminal.

Pretender bajar los porcentajes de integración importada significaría fabricar en el país piezas de características técnicas muy especiales en cantidades reducidas a costos muy elevados. Con el agregado de que tales piezas se fabrican con maquinarias altamente especializadas, de gran automaticidad, por lo que el Valor Agregado de mano de obra no es importante. Debemos señalar que no hay en el mundo fábricas de automotores que produzcan el 100 % de partes en el país de origen, ya que algunas partes muy especiales se producen en dos o tres fábricas en el mundo.

La importación de partes está sujeta a estricto control por parte de la SEDI con el asesoramiento de las Cámaras de Fabricantes de Autopartes. Sintéticamente, el proceso es así: Las fábricas someten a la SEDI para su aprobación el plan de producción por el año. Una vez aprobados, las fábricas presentan las "Listas de Partes a Importar" por semestre. Estas listas son consideradas por las Cámaras precitadas, las que en caso de que alguna de las piezas puedan ser fabricadas en el país en calidad, cantidad y oportunidad la observarán y en su caso se eliminan del listado.

Los inconvenientes conocidos producidos por el déficit de la balanza de pagos y la imperiosa necesidad de mantener las fuentes de trabajo, lo que era imposible de sostener si no se disponían de las partes para el armado de los vehículos, condujo a que el Estado formulara a las fábricas la propuesta de prorrogar los pagos de las importaciones, que normalmente se hacía a 180 días, a dos años de plazo.

Las fábricas consiguieron de sus casas matrices fundamentalmente y de la mayoría de sus proveedores del exterior, las financiaciones que el Estado requería, lo que dio lugar a la publicitada Acta de Compromiso (Decreto número 1680/75).

ACCION TECNICA Y COMUNITARIA

Las fábricas asociadas a través de ADEFA propiciaron la creación de la Comisión de Estudios Técnicos de la Industria Automotriz (CETIA) con el objeto de normalizar las partes y métodos de ensayo y en general, para realizar diversos estudios técnicos contemplando las necesidades de nuestro país y el desarrollo de una tecnología local.

En 1974 CETIA firmó un convenio de complementación técnica con el IRAM, a fin de racionalizar los estudios sobre normalización.

La Comisión ha sido reconocida como Sub-comisión Técnica de la Comisión Asesora de la Industria Automotriz.

Destacamos la participación que con su aporte de conocimientos han efectuado gran número de técnicos con valiosa experiencia profesional, incluyendo los provenientes de instituciones oficiales de tipo tecnológico como el INTI. Esta colaboración ha posibilitado el desarrollo de 130 Documentos Técnicos de los que ya se han transformando en normas CETIA más de 100.

En aplicación del Art. 12 de la Ley 19.135 de Reconversión de la Industria Automotriz, la Secretaría de Estado de Desarrollo Industrial ha oficializado hasta el momento 60 documentos CETIA.

Dada la importancia que adquirió esta Comisión se resolvió institucionalizarla y nada mejor para ello que el marco constituido por la Asociación de Ingenieros y Técnicos del Automotor —AITA—, entidad privada sin fines de lucro, constituida por profesionales o expertos vinculados al quehacer de la industria automotriz.

La proyección que se descuenta para CETIA en el marco de AITA es más que promisorio, tanto en su carácter de ente generador de Normas de uso automotriz, como institución asesora de los organismos competentes del Estado.

Deseamos también destacar la acción de nuestras fábricas en colaboración con los organismos estatales especializados, en beneficio de la comunidad. Tales son la participación de ADEFA con el Ministerio de Bienestar Social en los estudios sobre la Contaminación Atmos-

férica y con la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires sobre el Ruido y la Contaminación Ambiental, con la SEE sobre Consumo de Combustible, con el Ministerio de Obras y Servicios Públicos en el estudio del Tránsito, características de vehículos para pasajeros, etc.

PALABRAS FINALES

Mucho más se podría hablar de la industria automotriz argentina, pero consideramos o al menos así lo hemos intentado, que hemos tocado los aspectos más salientes e interesantes del sector.

Las perspectivas para la industria no son alentadoras. Todos confiamos en que el país reencuentre su verdadero camino y posición internacional y que por ende, nuestra industria pueda salir airoso de la situación en que se encuentra. Está empeñada en ello y no escatima esfuerzo hacia el logro del objetivo deseado. El daño que ha sufrido será de difícil y larga superación. Una industria pujante y nerviosa como la automotriz necesita modernizarse permanentemente en sus métodos, diseños y procesos. Todo ello significa reinversión de capitales y lamentablemente nuestras fábricas, luchando por su subsistencia no pueden realizar inversiones. De allí que el aparato industrial envejezca mientras vemos a vecinos progresar aceleradamente y en nuestra industria el que se para retrocede. Esto dicho simplemente a título de advertencia porque sabemos de la capacidad argentina para superar dificultades.

CONSULBAIRES

INGENIEROS CONSULTORES S. A.

Maipú 544 - 3º y 4º Pisos

Buenos Aires

Tel. 392-1925/2377

Sobre la estructura granular de las mezclas asfálticas convencionales

Este trabajo que se presentó a la XIXª Reunión del Asfalto llevada a cabo en la ciudad de Paraná entre el 10 y el 14 de noviembre último, se realizó en el Laboratorio de Investigaciones Viales de la Facultad de Ingeniería por la ingeniera Yolanda R. Rivara de Ronchi y el técnico Oscar F. M. Llano, bajo la dirección del doctor Celestino L. Ruiz.

RESUMEN

Siguiendo la orientación de distintos investigadores se ha empleado la representación gráfica en doble escala logarítmica de la granulometría de las mezclas asfálticas convencionales. Ella permite interpretar y diferenciar racionalmente los tipos de estructuras granulares que corresponden a cada una de las mezclas convencionales de uso corriente.

Experimentalmente se han determinado las características volumétricas y mecánicas según Marshall y el comportamiento en el ensayo triaxial de seis mezclas preparadas con un mismo agregado pétreo con diferentes granulometrías que corresponden a cuatro tipos de estructuras granulares, todas ellas con el contenido óptimo de un mismo asfalto. Las relaciones entre características de las mezclas y su tipo de estructura granular han sido estudiadas en base a las informaciones a nuestro alcance y a los resultados obtenidos.

INTRODUCCION

Generalmente se considera que una de las características fundamentales de las capas asfálticas convencionales de tipo superior y en particular de los concretos asfálticos, es poseer adecuada resistencia al corte para reducir a un mínimo sus deformaciones permanentes en las condiciones de servicio en beneficio de la lisura del pavimento, en otras palabras poseer suficiente "estabilidad". La experiencia muestra que las deformaciones mencionadas se desarrollan fundamentalmente a las más elevadas temperaturas de servicio bajo la acción de cargas estáticas y/o dinámicas de alta frecuencia, estas últimas con efecto acumulativo, sobre todo por la canalización del tránsito y por los elevados esfuerzos tangenciales determinados por el frenado, aceleración y giro de los vehículos pesados.

La resistencia al corte de las capas asfálticas se estudia generalmente en base a los conceptos tradicionales de resistencia cohesiva y friccional como parámetros convencionales de la recta intrínseca del material. Dado el carácter termo-visco-elástico del ligante asfáltico cuya interacción con el agregado pétreo da origen a la resistencia cohesiva, ésta se reduce marcadamente a las temperaturas elevadas y más aún

cuando las cargas tienden a ser estáticas; por ello se considera que la estabilidad de las capas asfálticas depende en alto grado de la resistencia friccional aportada por la presencia de un **esqueleto** o **estructura granular** formado por un acomodamiento estable de las partículas del agregado pétreo, siendo ella dependiente del esfuerzo efectivo normal al plano de corte e independiente de la temperatura y tiempo de aplicación del esfuerzo, es decir de la velocidad de deformación. Lo dicho no implica ignorar el aporte cohesivo a la resistencia al corte regulado fundamentalmente por la consistencia y susceptibilidad térmica del asfalto.

Las investigaciones realizadas en las últimas décadas han ampliado notablemente el conocimiento sobre el comportamiento bajo cargas de los asfaltos y sus mezclas, pese a ello en la práctica se continúa utilizando como criterio de calidad y para la determinación del porcentaje óptimo de asfalto, las indicaciones establecidas por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos o del Instituto del Asfalto del mismo país (1), (2), basadas en las medidas de "estabilidad y fluencia Marshall" y relaciones volumétricas entre los componentes de las mezclas después de ser compactadas en forma normalizada. Paralelamente, exigencias granulométricas para el agregado pétreo siguiendo límites avalados por la experiencia que determinan el tipo de mezcla; "finas" o "gruesas" de acuerdo al tamaño máximo; "densas" o "abiertas" de acuerdo al contenido de vacíos.

La formación de una cierta estructura granular sin ligante o con el contenido óptimo para un determinado tipo y magnitud del trabajo de compactación aplicado en forma normalizada, depende del escalonamiento granulométrico del agregado pétreo y de la forma, angulosidad y textura superficial de sus partículas. El grado de densificación alcanzado se expresa por la porosidad (V.A.M.) de la estructura granular libre de asfalto, valor que a su vez regula el porcentaje óptimo de asfalto. En la práctica, frente a los agregados pétreos disponibles en cada caso, la granulometría es la variable más gobernable y por ello —sin ser por sí misma una característica de calidad— es el medio para controlar la formación de una determinada estructura granular, aún en el caso de haber prescindido de la exigencia preestablecida de determinada granulometría.

En este trabajo se pretende contribuir al conocimiento de la influencia de la granulometría en la formación de distintos tipos de estructuras granulares, prescindiendo de la separación arbitraria del agregado en "grueso" y "fino", así como su relación con las características de calidad de las mezclas correspondientes con su contenido óptimo de asfalto según Marshall, en particular con aquellas características que dependen fundamentalmente de la estructura granular. Se considera que ello es de interés práctico si sirve de orientación para establecer la mejor granulometría que puede obtenerse con los materiales disponibles en cada caso.

El problema ha sido encarado en escala de laboratorio, es decir la que corresponde al proyecto de mezclas asfálticas en base al criterio de calidad antes mencionado.

ESTRUCTURAS GRANULARES

El problema de la formación de estructuras granulares por el diferente acomodamiento de las partículas que la componen ha sido encarado por dos caminos distintos:

- a) como problema susceptible del cálculo geométrico;
- b) por las relaciones entre la granulometría y la porosidad (V.A.M.) para un determinado proceso de compactación.

Desde el punto de vista geométrico el problema de los materiales reales es de difícil solución por ser polidispersos y por la forma irregular de las partículas. Para sistemas ideales formados por esferas de igual tamaño puede calcularse la porosidad que corresponde a cada tipo de acomodamiento geoméricamente posible. En este caso la porosidad calculada depende del número de contactos de cada esfera con las que la rodean; así en el empaquetamiento teórico más suelto —el cúbico— cada esfera se contacta solamente con otras seis determinando la porosidad máxima de 47,64 %, es decir la diferencia de volúmenes entre el cubo circunscripto y el propio de la esfera. En cambio en el empaquetamiento teórico más cerrado —hexagonal— el número de contactos se eleva a doce y la porosidad se reduce a 25,95 %. Entre ambos casos límites la porosidad cae hiperbólicamente al crecer el número de contactos de cada esfera con las que la rodean.

Pasando a esferas iguales reales a las que se someten a distintos tipos de compactación, sólo es posible crear sistemas granulares estables intermedios entre los teóricos mencionados. Se logran experimentalmente porosidades desde 44 hasta 37 % dado que sistemas con porosidades mayores de 44 % son inestables y los de porosidades menores de 37 % no se logran por compactación. Cabe señalar que las porosidades de sistemas formados cada uno por esferas iguales pero de distinto tamaño, con igual tipo de acomodamiento, son iguales dado que se compensa el mayor número de poros con su menor tamaño individual.

El segundo camino para el estudio de la formación de estructuras granulares se basa en la determinación experimental de que la porosidad, de conjuntos de partículas heterodispersas de igual o cercano peso específico con determinado proceso de compactación, depende fundamentalmente de su escalonamiento granulométrico y en menor grado de la forma más o menos poliédrica de las partículas y su textura superficial.

Se ha verificado que en igualdad de otras variables, agregados pétreos de "granulometría continua" por contener partículas de cualquier tamaño a partir del máximo, que guarden entre tamaños y porcentajes en peso la relación:

$$p = 100 \left(\frac{d}{D_m} \right)^n ; n = \frac{\log \frac{p}{100}}{\log \frac{d}{D_m}} \quad (I)$$

donde p es el % en peso que pasa por la abertura d (mm), D_m es el tamaño máximo donde pasa el 100 %, y n es un exponente adimensional, determinan las **menores porosidades para cada D_m** cuando n está comprendido entre 0,3 y 0,6, alcanzando el mínimo cuando $n = 0,5$; valor que identifica la fórmula (I) con la clásica establecida por Fuller y Thompson en 1907. Apartarse de este valor significa un exceso de fines o de gruesos con respecto a cada tamaño que perturba el acomodamiento de las otras fracciones.

En el caso particular de la formación de estructuras granulares en las mezclas asfálticas por determinado proceso de compactación conteniendo agregados que cumplan la relación (I), Nijboer (3), (4) ha propuesto para los vacíos mínimos $n = 0,45$, valor aceptado posteriormente por el "Bureau of Public Roads" para su nuevo diagrama granulométrico (5).

El sentido del exponente n surge evidentemente si se tiene presente que la fórmula experimental (I) es el resultado de la integración de la ecuación diferencial:

$$\frac{\partial p}{p} = n \cdot \frac{\partial d}{d}$$

Por lo tanto n es el coeficiente de proporcionalidad entre el cambio relativo de cualquier porcentaje granulométrico y el respectivo cambio relativo de tamaño en igualdad de otras variables. Por otra parte, un valor $n =$ cons-

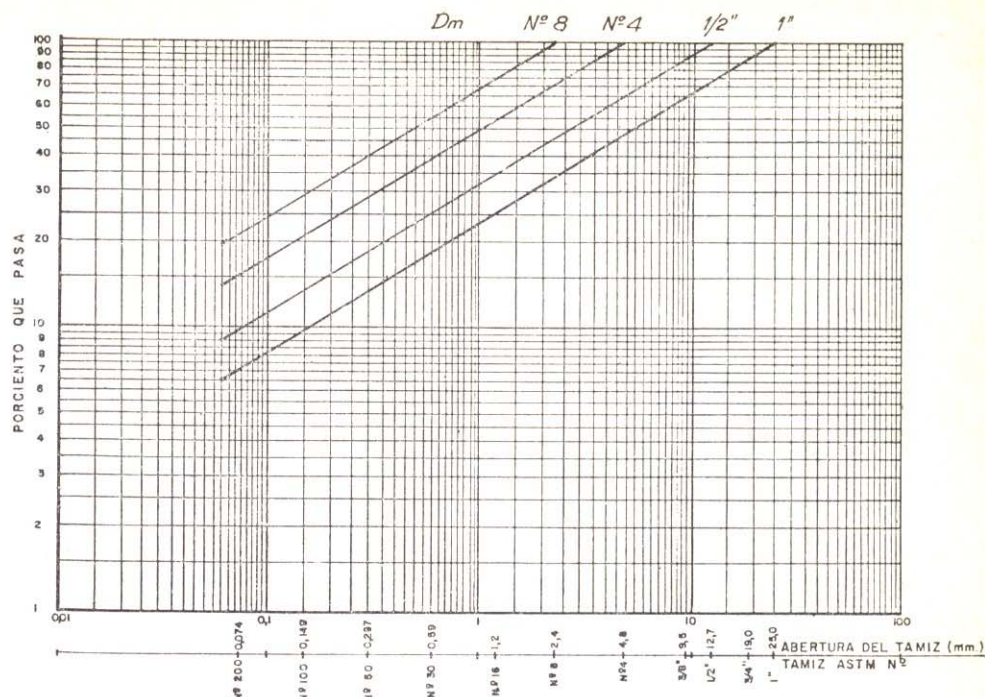


Figura 1. — Granulometrías para estructuras granulares tipo A con $\eta = 0,45$ y D_m variable.

tante en todo o parte del escalonamiento granulométrico significa que en el mismo se cumple la relación generalizada:

$$p = P \left(\frac{d}{D} \right)^n ; n = \frac{\log \frac{p}{P}}{\log \frac{d}{D}} \quad (II)$$

donde D es una abertura de malla mayor que d y menor que D_m , P y p son los porcentajes que pasan por D y d respectivamente.

Dado que para un D_m fijo y un $n =$ constante queda determinada, para cierto proceso de compactación y naturaleza del agregado, la porosidad (V.A.M.) de la estructura granular formada, es evidente que cada valor de n determina el tipo de empaquetamiento de las partículas. Este será el mismo en todo el escalonamiento granulométrico si $n =$ constante a lo largo del mismo, o bien entre los niveles donde se cumple la constancia de n (*).

(*) Se considera oportuno mencionar la concordancia de n con otro criterio, el "coeficiente de uniformidad" de Hazen dado por la fórmula $U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, donde D_{60} y D_{10} son respectivamente las aberturas que permiten pasar 60 y 10 % en peso. Las experiencias de Voss (1961) han mostrado que la compactación Proctor de arenas y gravas acusa su densificación máxima cuando $U = 35$. Aplicando la fórmula (I) el valor de n que corresponde es $n = 0,504$ coincidente con el de Fuller y Thompson.

$$\begin{aligned} U &= \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{100 \left(\frac{D_{60}}{D_{10}} \right)^n}{10 \left(\frac{D_{10}}{D_{10}} \right)^n} ; \frac{60}{10} = \left(\frac{D_{60}}{D_{10}} \right)^n ; \frac{D_{60}}{D_{10}} = 6 \\ &= \left(\frac{60}{10} \right)^{\frac{1}{n}} = 35 ; n = \frac{\log 6}{\log 35} = 0,504 \end{aligned}$$

Lo expresado corresponde a las estructuras granulares con un tamaño máximo $D_m =$ constante para los cuales la porosidad (V.A.M.) depende de n . Considerando las estructuras con un mismo tipo de empaquetamiento, o sea $n =$ constante, pero con tamaño máximo variable, a medida que éste aumenta existe mayor predominio del volumen sólido disminuyendo la porosidad. Los resultados experimentales de Nijboer (3) muestran que el logaritmo de la porosidad (V.A.M.) es una función lineal decreciente de los logaritmos del tamaño máximo, cuya pendiente depende del n considerado. Igual criterio ha adoptado el Instituto del Asfalto de los EE.UU. entre los V.A.M. mínimos aceptables para las mezclas asfálticas convencionales en relación al tamaño máximo nominal del agregado (1), tendiendo a que exista una porosidad adecuada que permita ubicar el asfalto necesario en beneficio de la durabilidad del pavimento y su resistencia a la fatiga.

En este trabajo se considera como punto de partida las granulometrías que responden a la fórmula (I) definidas por los valores de D_m y n que correspondan en cada caso. De él derivan otros tipos granulométricos que cumplen parcialmente con la fórmula (II). En todos los casos se considera que la granulometría indica la capacidad potencial de un agregado pétreo para dar origen por un proceso de compactación a una estructura granular, cuyo tipo o tipos de acomodamiento de las partículas depende del valor de n en todo o en parte del escalonamiento granulométrico.

ESTRUCTURAS GRANULARES TIPO A

Denominamos estructuras granulares tipo A aquellas cuya granulometría para las partículas mayores de 0,074 mm permite que el acomodamiento de las mismas, producido por determi-

nado proceso de compactación, sea el mismo en cualquier nivel de su escalonamiento granulométrico. Para cumplir con esta condición es necesario una granulometría "continua" que cumpla con las fórmulas (I) y (II) quedando definida por los valores de su tamaño máximo D_m y un n constante.

Para establecer si un agregado pétreo responde al tipo A es conveniente adoptar para la representación gráfica de su granulometría doble escala logarítmica como lo han propuesto en el campo de las mezclas asfálticas Wilhemi (1930), Andreasen (1935), Nijboer (1948) y otros. Dando forma logarítmica a la (I) se tiene:

$$\begin{aligned}\log p &= \log 100 + n (\log d - \log D_m) \\ \log p &= \log 100 - n (\log D_m - \log d) \\ \log 100 - \log p &= n (\log D_m - \log d) \quad (IV)\end{aligned}$$

La representación gráfica de la (IV) corresponde a una recta tomando como ordenadas $\log 100 - \log p$ y como abscisas $\log D_m - \log d$, su coeficiente angular da el valor de n . La única diferencia de esta representación con respecto a la usada corrientemente es el uso de escala logarítmica en ordenadas.

En la figura 1 se han representado rectas paralelas (igual n) con distintos tamaños máximos D_m , que corresponden a igual tipo de empaquetamiento frente a un mismo proceso de compactación. En la figura 2 se han representado rectas con igual D_m y distintos n que corresponden a diferentes formas de empaquetamiento de las partículas tendiendo éstas a ser más cerradas a medida que n se aproxima a 0,45.

Para cada tamaño máximo D_m y un n próximo a 0,45 las mezclas preparadas con un mismo filler alcanzan los menores valores de V.A.M. a los que necesariamente corresponden porcentajes de asfalto reducidos, particularmente con agregados pétreos de forma redondeada y textura lisa que contribuyen a menores V.A.M.

Para D_m del orden que corresponde a los concretos asfálticos se puede llegar con n cercanos a 0,45 a mezclas que por su reducido contenido en asfalto acusan baja capacidad para acompañar las deformaciones del conjunto del pavimento, así como comprometer su resistencia a la fatiga bajo ciclos repetidos de carga y descarga y su durabilidad por acción del medio exterior. Para D_m del orden del que corresponde a mezclas "finas" (arena-asfalto, sheet-asphalt) se llega a un elevado grado de fillerización que justifica por las mismas y otras razones su denominación de mezclas críticas.

Dentro del tipo A se puede elevar los V.A.M. con granulometrías a las que corresponden valores de n grandes (rectas empinadas). Cuando n es igual o mayor de 0,6 existe predominio de las fracciones gruesas que dan origen a estructuras granulares abiertas, tales como las de las clásicas "bases negras", al tipo IIe del Asphalt Institute, o las recomendadas para mezclas preparadas en frío con asfaltos diluidos o emulsionados que permiten la rápida eliminación de los componentes volátiles.

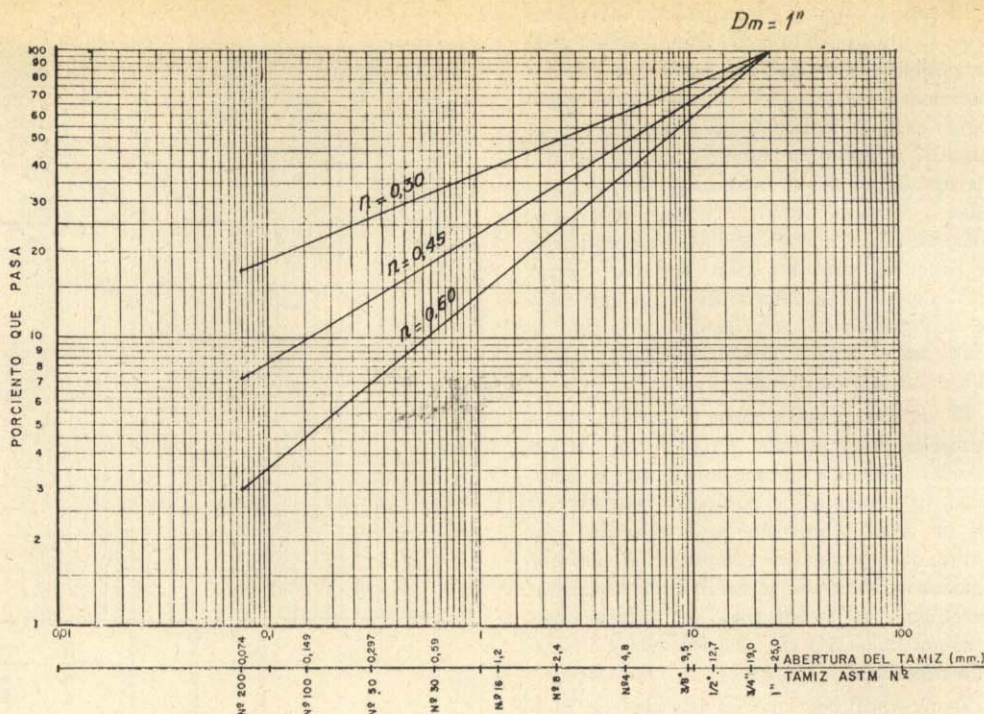


Figura 2. — Granulometrías para estructuras granulares tipo A con D_m constante ($1''$) y n variable.

ESTRUCTURAS GRANULARES TIPO B:

El tipo B de granulometría es un medio de aumentar los V.A.M. de las mezclas cuyos D_m son del orden de los concretos asfálticos y su valor de n próximo a 0,45. En ellas se cumple la fórmula (I) desde su tamaño máximo hasta un cierto nivel granulométrico mayor de 0,074 mm, con n constante y próximo a 0,45. A partir de dicho nivel crece n y por lo tanto las partículas menores sólo pueden dar origen a un empaquetamiento más abierto que el de las fracciones mayores, es decir mayores V.A.M.

del que correspondería si la constancia de n alcanzaría hasta 0,074 mm. La representación gráfica del tipo B en doble escala logarítmica es una recta desde el tamaño máximo hasta un cierto nivel con una pendiente n próxima a 0,45, luego se quiebra creciendo n hasta el límite inferior de tamaño.

Se comprende que las fracciones mayores del nivel hasta donde n es constante pueden formar una macroestructura granular tipo A. Las fracciones menores sólo alcanzan un menor grado de empaquetamiento (mayor n) por

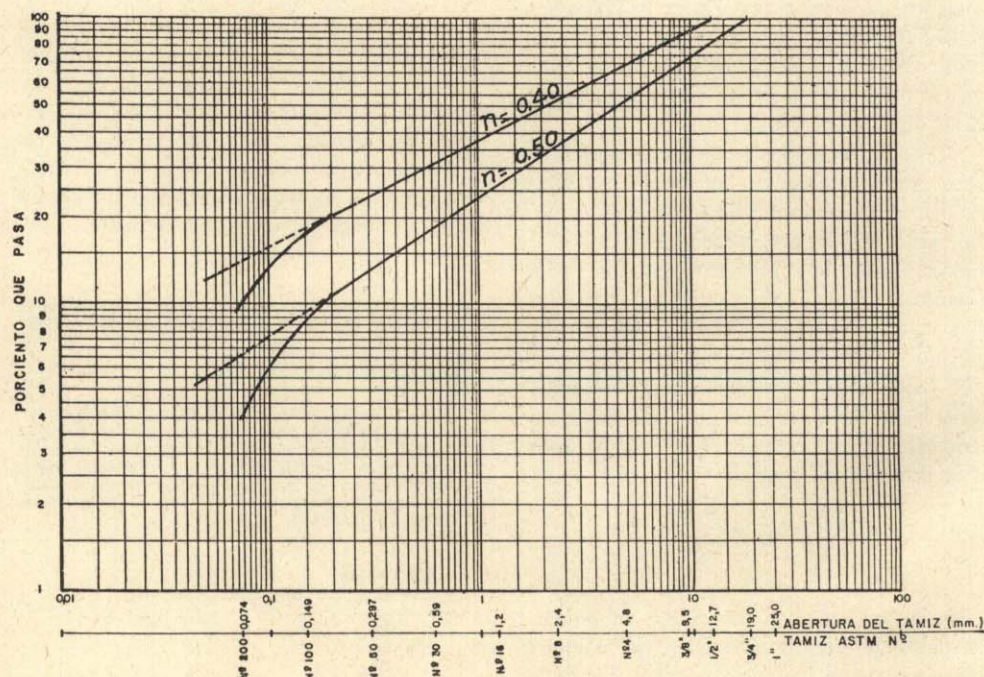


Figura 3. — Tipo B granulometría de la mezcla IVb del Asphalt Institute (6) concreto asfáltico.

densificarse dentro de los espacios entre las partículas de la macroestructura.

Un ejemplo del tipo B es el huso granulométrico recomendado por el Instituto del Asfalto de los EE.UU. (6) para los concretos asfálticos "densos" y "graduados" en su fórmula IVb. En la figura 3 se han volcado en doble escala logarítmica los límites del huso y se observa con aproximación aceptable que la granulometría más fina da origen a una recta con $n = 0,40$ hasta un nivel de aproximadamente 0,20 mm., los límites de la granulometría más gruesa dan otra resta $n = 0,50$ hasta un nivel también de aproximadamente 0,20 mm. Ello significa que dicho huso permite la formación de macroestructuras tipo A hasta los niveles mencionados. Las fracciones menores con n elevadas sólo actúan como relleno menos densificados dentro de los huecos de la macroestructura. En consecuencia el quiebre de las rectas a cierto nivel es un medio de aumentar los V.A.M. con respecto a los que resultarían de granulometrías que respaldarían a la fórmula (I) en todos los niveles.

Se considera oportuno señalar que el nivel inferior de las macroestructuras (0,20 mm) es del mismo orden del tamaño máximo de los fillers calcáreos comerciales.

ESTRUCTURAS GRANULARES TIPO C:

La aplicación de la fórmula (I) con $n = 0,45$ para lograr el máximo grado de acomodamiento de las partículas (mínimos V.A.M.) en granulometrías "finas" cuyos tamaños máximos son del orden de 2 mm a 2,38 mm (tamices n° 10 ó n° 8), conduce necesariamente a elevados porcentajes de filler como lo muestra la figura 1. Estas mezclas han sido consideradas como críticas por su reducida deformabilidad a bajas temperaturas, reducido porcentaje óptimo de asfalto, inconvenientes en el proceso de mezclado en las plantas asfálticas y elevado costo de los fillers comerciales.

Las mezclas "finas" convencionales (arena-asfalto, sheet asphalt) contienen un porcentaje de filler del orden de 10 %, partiendo de valores de este orden hasta su tamaño máximo la fórmula (I) exige valores de n elevados del orden de la unidad: es decir que las microestructuras que sus agregados pueden formar, deben tener necesariamente un empaquetamiento de las partículas menos cerrado que el de la macroestructura del tipo A ó B; en consecuencia elevados V.A.M. que conducen a altos contenidos óptimos de asfalto. Para reducir los V.A.M. a valores razonables se ha recurrido a diluir la microestructura incorporando fracciones de mayor tamaño que quedan dispersas en ella sin posibilidad obligada de contacto. Por esta razón el tipo C de estructura granular se caracteriza por existir predominio de las fracciones finas que responden a la fórmula (I) desde su tamaño menor 0,074 mm hasta un cierto límite, formando una microestructura granular con un n elevado. Por arriba de dicho límite las fracciones mayores quedan dispersas dentro de la microestructura. Se comprende que en este caso los esfuerzos de compactación son

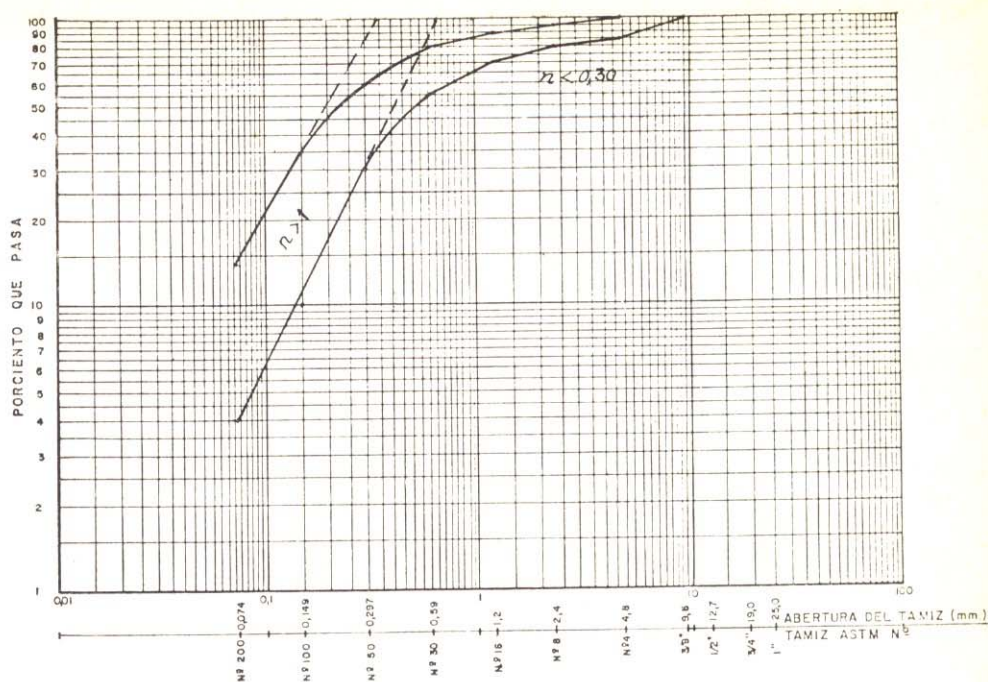


Figura 4. — Tipo C granulometría de la mezcla VIIa del Asphalt Institute (6) sheet asphalt.

absorbidos fundamentalmente por la microestructura.

Gráficamente la granulometría tipo C queda representada en doble escala logarítmica por una recta que parte de la abscisa 0,074 mm y con marcha empinada llega a interceptar otra línea acostada que corresponde a las fracciones mayores dispersas en la microestructura.

En la figura 4 se ha representado en doble escala logarítmica el huso granulométrico aconsejado por la fórmula VIIa del Instituto del Asfalto de los EE.UU. (6) para el "sheet asphalt". Se observa que responde a lo dicho salvo que la intersección de ambas líneas ha sido reemplazada por un pasaje gradual, en el cual n cambia rápidamente desde valores elevados mayores de la unidad hasta muy reducidos, en ambos casos alejados de los que conducen a las porosidades mínimas. Ello muestra que la reducción de los elevados V.A.M. que corresponden a la microestructura se logra por el reemplazo de parte de la misma por el volumen sólido de las partículas mayores.

ESTRUCTURAS GRANULARES TIPO D:

El tipo D se origina cuando el reemplazo de cierto volumen de la microestructura tipo C por partículas mayores se cumple en un grado más elevado, llegando a la proporción de agregado grueso a ser lo suficientemente grande para confinar las fracciones menores sin alcanzar a ser la necesaria para dar origen a una macroestructura tipo A ó B. Se llega así a reducir los V.A.M. de la microestructura hasta valores cercanos a los que corresponderían al tipo A de igual tamaño máximo, pero sin llegar a crear la macroestructura granular que caracteriza al tipo A. Para igual tamaño máximo se logra el tipo D incrementando gradualmente el porcentaje de finos que corresponde a los

otros niveles granulométricos del tipo A con n cercano a 0,45. De ahí que el valor de n para las fracciones mayores sea muy reducido, crece gradualmente con el menor tamaño para luego alcanzar los mayores que corresponden a la microestructura. Ello implica que el tipo de acomodamiento de las partículas con granulometría tipo D varíe con el tamaño en forma gradual.

Responde a este tipo la granulometría aconsejada por el Instituto del Asfalto de los EE.UU. fórmula VI-a para mezclas tipo Topeka o "Stone Sheet Asphalt" cuyo huso granulométrico en doble escala logarítmica se muestra en la figura 5. A este tipo responden también en general la granulometría del "Rolled Asphalt" de acuerdo a la norma inglesa B.S.-594.

CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:

La influencia de la presencia de una estructura granular en las características de las mezclas asfálticas convencionales compactadas y en particular en los concretos asfálticos, puede interpretarse teniendo presente que la estructura interna de las mismas ha sido concebida en dos formas distintas:

- Considerando que las partículas del agregado pétreo, recubiertas por películas de asfalto en el estado suelto, forman por compactación un esqueleto o estructura granular con contacto entre ellas, gracias al desplazamiento del ligante hacia los huecos del esqueleto granular (V.A.M.) a los que ocupan parcialmente, quedando como volumen residual los vacíos de la mezcla compactada. A esta forma de concebir la estructura interna corresponden las exigencias volumétricas de calidad establecidas por el Cuerpo

(Continúa en la pág. 16)

INFORMACIONES DE VIALIDAD NACIONAL

OCTUBRE - DICIEMBRE 1975

EN LOS ULTIMOS DOCE MESES SE INICIARON 65 OBRAS VIALES

Corresponden al período comprendido entre el 30-X-74 y el 30-X-75. Las obras se ejecutan en una longitud total de 2.163 kilómetros de caminos y 2.041 metros de puentes. Inversión 3.922.128 mil pesos.

En el período comprendido entre el 30 de octubre de 1974 y el 30 de octubre de 1975, la Dirección Nacional de Vialidad dio comienzo a 65 obras viales en tramos ubicados en distintas zonas del país y que se ejecutan en una longitud total de 2.163 kilómetros y de 2.041 metros de puentes.

El monto total de estas obras, de acuerdo con los respectivos contratos, es de 3.922.128.000 pesos.

El detalle sintético de las 65 obras, ubicadas por provincia es el siguiente:

Provincia de Buenos Aires: Ruta N° 33. Construcción de puente de hormigón armado y accesos, sobre el arroyo Sauce Chico. Longitud: 55 metros. Presupuesto: 4.065.000 pesos. En el tramo comprendido entre La Vitícola y Tornsquist, trabajos de reparación de carpeta en una longitud de 46 kilómetros y un presupuesto de 20.098.000 pesos. Y en el ubicado entre Bahía Blanca y La Vitícola, 24,2 kilómetros de longitud y un presupuesto de 17.188.000 pesos, para realizar el mismo tipo de trabajo que en el tramo anterior.

Ruta N° 5 - Tramo: Beruti - Límite con La Pampa. Repavimentación de carpeta. Longitud: 39,7 kilómetros. Presupuesto: 15.705.000 pesos.

Ruta 229 - Tramo: Bahía Blanca - Puerto Belgrano. Repavimentación de carpeta. Longitud: 5,3 kilómetros. Presupuesto: pesos 4.951.000.

Ruta Provincial N° 60 - Tramo: Guaminí - Límite con La Pampa. Obras básicas, carpeta de rodamiento y en una longitud de 36,3 kilómetros más 233 metros de puentes de hormigón armado. Presupuesto: 49.062.000 pesos.

Ruta N° 9 - Tramo Campana - Areco. - Obras básicas y pavimentación en una longitud de 33,1 kilómetros. Presupuesto: pesos 299.278.000 pesos. También en este tramo ha sido contrada la construcción de 13 puentes de hormigón armado que totalizan 891 metros y un presupuesto de 72.315.000 pesos.

Ruta N° 2 - Tramos: Etcheverry - Dolores y Dolores - Mar del Plata. Trabajos de ensanche y pavimentación de banquetas en una longitud total de 185,2 kilómetros. Presupuesto: 615.248.000 pesos.

Ruta N° 191 - Tramo: San Pedro - Arroyo Burgos. Ensanche de puente ubicado sobre el río Tala. Presupuesto: 4.000.000 pesos.

Ruta N° 192 - Tramo: Luján - Empalme Ruta N° 8. Repavimentación de carpeta. Longitud: 24,1 kilómetros. Presupuesto: pesos 7.099.000.

Ruta N° 210 - Tramo: Longchamps - Brandsen. Repavimentación de carpeta. Longitud: 40 Km. - Presupuesto 13 millones de pesos.

Ruta N° 200 - Tramo Las Heras-Navarro. Repavimentación de carpeta.

Acceso Sud Este a la Capital Federal. - Primera Sección. Obras básicas y carpeta. Presupuesto: pesos 13.183.000 pesos.

Acceso Ruta Nacional N° 205 - Autopista General Riccheri. Bacheo y carpeta. Longitud: 8,8 kilómetros. Presupuesto: 2.901.000 pesos.

Provincia de Catamarca: Ruta N° 40 - Tramo: Londres - Cerro Negro. Obras básicas y tratamiento bituminoso tipo doble. Longitud: 62,1 kilómetros. Presupuesto: 114.611.000 pesos.

Provincia de Córdoba: Ruta N° 60. Tramo: Empalme Ruta N° 9 - Deán Funes. Repavimentación. Longitud: 51 kilómetros. Presupuesto: 24.936.000 pesos. Ruta N° 38. Tramo: Empalme Ruta N° 20 - Cruz del Eje. Repavimentación. Longitud: 106 kilómetros. Presupuesto: 120.968.000 pesos.

Ruta N° 9 - Tramo: Límite con Santa Fe - Villa María. Ensanche del puente ubicado sobre el arroyo Tortugas. Presupuesto: 8.519.000 pesos.

Ruta S/número - Tramo: Córdoba - Villa Dolores. Construcción de un puente de hormigón armado de 190 metros de longitud sobre Quebrada Mesada. Presupuesto: 67.913.000 pesos.

Provincia de Corrientes: Ruta Provincial N° 40 - Tramo: Santo Tomé-Chimarray. Construcción de un puente de hormigón armado de 149 metros de longitud sobre el arroyo Garabí. Presupuesto: 19.258.000 pesos.

Provincia del Chaco: Ruta N° 95. Tramo: Santa Sylvia - Villa Angela. Obras básicas y carpeta bituminosa. Longitud: 64,4 kilómetros. Presupuesto: pesos 135.581.000.

Ruta N° 16 - Tramo: Límite con Santiago del Estero - Taco Pozo - Límite con Salta. Obras básicas y tratamiento bituminoso tipo doble. Longitud: 18,8 kilómetros. Presupuesto: pesos 68.054.000.

Provincia de Entre Ríos: Ruta N° 12. En esta ruta se ejecutan trabajos de construcción de las obras básicas y carpeta de rodamiento en los siguientes tramos: Arroyo Sauce - Empalme Ruta N° 127; Empalme Ruta N° 127 - Estancia El Carmen; Estancia El Carmen - Empalme Ruta N° 126 y en Empalme Ruta N° 18 - Arroyo Sauce. Totalizan una longitud de 118,5 kilómetros y presupuesto de 624.071.000 pesos.

Provincia de Formosa: Ruta N° 90 - Tramo: Riacho El Salado - Empalme Ruta N° 81. Construcción de obras básicas y carpeta de rodamiento. Longitud: 34,9 kilómetros. Presupuesto: 239.405.000 pesos.

Provincia de Jujuy: Ruta S/número. Aeropuerto El Cadillal. Defensas en los puentes ubicados sobre los ríos Perico y Los Alisos. Presupuesto: 10.849.000 pesos. Tramo: Aeropuerto El Cadillal - El Cuartadero.

Construcción de obras básicas, tratamiento doble y construcción de un puente de hormigón armado. Longitud: 11,8 kilómetros de camino y 42 metros de puente.

Provincia de La Pampa: Ruta N° 188 - Tramo: Realicó - Límite con San Luis. Repavimentación de la carpeta de rodamiento. Longitud: 75,7 kilómetros. Presupuesto: 23.928.000 pesos.

Ruta N° 5 - Límite con Buenos Aires - Santa Rosa. Repavimentación de la carpeta de rodamiento. Longitud: 84,9 kilómetros. Presupuesto: 34.433.000 pesos.

Provincia de La Rioja: Ruta N° 38. Tramo: Chamental - Chañar. Obras básicas y tratamiento bituminoso tipo doble. Longitud: 39,6 kilómetros. Presupuesto: 71.176.000 pesos.

Provincia de Mendoza: Ruta S/número. Acceso Regimiento N° 11 (Tupungato). Obras básicas y tratamiento doble. Longitud 2,7 kilómetros. Presupuesto pesos 1.945.000.

Ruta N° 7 - Tramo: Las Catitas - Alto Verde y Alto Verde-San Martín. Obras básicas y carpeta. Longitud total: 44,5 kilómetros. Presupuesto: 40.513.000 pesos.

Ruta S/número. - Cuarta Brigada Aérea (Los Tamarindos). Obras básicas y tratamiento bituminoso tipo doble. Longitud: 4,8 kilómetros. Presupuesto: pesos 6.438.000.

Provincia de Misiones: Ruta N° 105 - Tramo: Santa Ana - Oberá. Repavimentación. Longitud: 18,8 kilómetros. Presupuesto: pesos 9.552.000.

Ruta N° 14 - Tramo: Campo Viera - Campo Grande. Obras básicas y carpeta. Longitud: 11,9 kilómetros. Presupuesto: pesos 10.186.000.

Ruta N° 12 - Tramo: San Juan - San Ignacio; San Ignacio-Capiví y Paranay Miní - Montecarlo - Repavimentación y carpeta. Longitud total: 101 kilómetros. Presupuesto: 248.706.000 pesos.

Provincia de Neuquén: Ruta N° 22 - Tramo: Plotier - Arroyito. Repavimen-

tación. Longitud: 32,4 kilómetros. Presupuesto: pesos 99.156.000.

Provincia de Río Negro: Ruta N° 237. Tramo: Neuquén-Bariloche-Llao Llao. Construcción carpeta de rodamiento. Longitud: 42,1 kilómetros. Presupuesto: pesos 14.854.000.

Ruta N° 258 - Tramo: Km. 21,070 - Río Villegas. Obras básicas y carpeta. Longitud: 21,5 kilómetros. Presupuesto: 13.939.000 pesos.

Provincia de San Juan: Ruta N° 146. Tramo: Límite con San Luis-Las Brisas. Obras básicas, tratamiento bituminoso y un puente de hormigón armado. Longitud: 52,8 kilómetros de camino y 51 metros de puente.

Provincia de Santa Cruz: Ruta N° 40 - Tramos: Las Horquetas - Casa Riera y Casa Riera-Lago Cardiel. Construcción de las obras básicas y enripiado. Además, un puente de hormigón armado de 62 metros. Longitud total del camino: 153,2 kilómetros. Presupuesto: 61.340.000 pesos.

Provincia de Santa Fe: Ruta N° 19 - Tramo: Sa Pereyra - Límite con Córdoba. Obras básicas y carpeta. Longitud: 67,5 kilómetros. Presupuesto: pesos 17.273.000.

Ruta N° 168 - Tramo: Río Colastiné - Acceso al Túnel Subfluvial - Limpieza del cauce del río. Presupuesto: 3.778.000 pesos.

Ruta N° 11 - Tramo: Las Toscas - Paralelo 28° - Repavimentación y carpeta. Longitud: 33,5 kilómetros. Presupuesto: 24.950.000 pesos. Tramo: Recreo-San Justo. Las mismas obras que el tramo anterior en una longitud de 81 kilómetros y un presupuesto de 23.989.000 pesos.

Ruta N° 172 - Tramo: Arocena-Gálvez - Repavimentación y carpeta. Longitud: 21,9 kilómetros. Presupuesto: 23.688.000 pesos.

Ruta N° 34 - Tramo: Angélica - Rafaela. Repavimentación y carpeta. Longitud: 32,2 kilómetros. Presupuesto: 47.022.000 pesos.

Se inauguró el Puente Internacional Paysandú - Colón

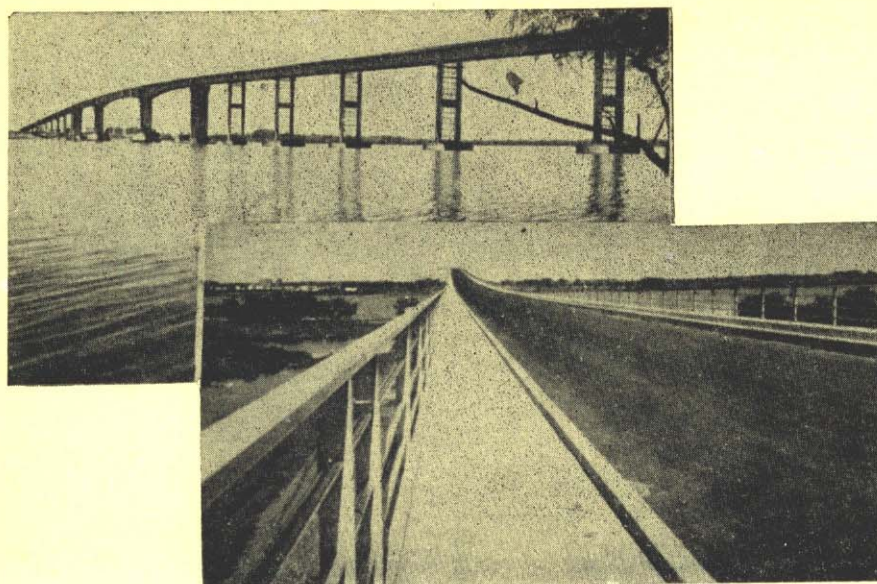
Comunicación por vía terrestre entre Argentina y Uruguay. La construcción demandó una inversión del orden de los 588 millones de pesos. El proyecto fue realizado en el país y su ejecución a cargo de una empresa nacional: E.A.C.A. - Empresa Argentina de Cemento Armado.

El puente internacional Paysandú-Colón, es el primero por su naturaleza que comunica por vía terrestre a Uruguay y Argentina, conectando las rutas uruguayas números 3 - 24 y 26 con las rutas argentinas números 14 y 130. La obra, ubicada sobre el río Uruguay, tiene 2.400 metros de longitud, extensión que es similar al Túnel Subfluvial "Hernandarias" que une las provincias de Santa Fe y Entre Ríos y al puente "General Belgrano" que vincula al Chaco con Corrientes.

La altura máxima del puente es de 39 metros, equivalente a un edificio de 13 pisos, en tanto la luz máxima para el paso de las embarcaciones alcanza a los 35 metros.

El viaducto lado argentino es de 1.565 metros de longitud y del lado uruguayo es de 460 metros. La extensión del puente principal es de 335 metros, con una luz en su tramo central de 140 metros.

Cabe consignar que el puente, en la actualidad, es el único de los grandes cruces de vías navegables de la Mesopotamia cuyo proyecto fue realizado en el país y construido por una firma nacional - E.A.C.A. Empresa Argentina de Cemento Armado S. A., que integró el consorcio de ejecución de las obras en un 98 por ciento, el resto co-



respondió a la empresa uruguaya Ademar Soler.

Descripción de la estructura
Desde el punto de vista estructural, la obra puede dividirse en tres grandes sectores:

1) **Viaducto de acceso lado argentino:** Está constituido por 34 luces de 46 metros cada una, aclarándose que si bien mantienen las mismas características, 6 de ellas avanzan decididamente en el cruce del río. El tablero del viaducto lo constituye una sección de hormigón pretensado compuesta de dos vigas de 3 metros de altura y una losa, formando cada dos tramos una estructura hiperestática. Apoya en pilares formados por una par de columnas de 1,30 a 1,50 metros de diámetro. El tablero no posee vigas transversales.

La fundación de los pilares se realizó mediante dos o más pilotes que varían entre 1,20 y 1,35 metros de diámetro.

2) **Puente principal:** La superestructura, de hormigón pretensado, está formada por una viga continua aporticada de tres tramos de 97 - 140 - 97 metros de luz, respectivamente, de sección cajón hueca.

La superestructura se construyó mediante una serie de avances que configurarán dos estructuras independientes con dos grandes voladizos, las que posteriormente se unen formando la estructura hiperestática definitiva, mediante un tensor concentrado de acero.

Los dos pilares centrales están constituidos por dos láminas o pantallas paralelas, que apoyan sobre un grupo de 11 pilotes de 2 metros de diámetro, vinculados por un cabezal de 20 metros de diámetro y 4 metros de altura, realizado en hormigón pretensado, mien-

tras que los pilares laterales son de sección rectangular hueca, apoyados en la roca mediante cilindros de fundación directa de 11 metros de diámetro.

3) **Viaducto de acceso lado uruguayo:** Este sector de la obra está realizado por 10 tramos que apoyan simplemente en los pilares. La estructura de cada tramo del tablero, se integra mediante 3 vigas premoldeadas de hormigón pretensado de 46 metros de longitud, las que apoyan sobre pilares de parecidas características a los del lado argentino, excepto que disponen de una viga de dintel superior que recibe, en este caso, las vigas premoldeadas.

La fundación de estos pilares se ha hecho de la siguiente manera: en las pilas más retiradas del cauce del

río, mediante zapatas de fundación directa, a fin de aprovechar la poca profundidad observada por un manto rocoso apto y la posibilidad que brinda una costa elevada respecto al nivel normal del río. Esto permitió excavaciones relativamente sencillas, en cambio, los pilares próximos al río y los 3 que se encuentran francamente dentro de él, se ejecutaron mediante pilotes de gran diámetro, similares a los del lado argentino.

4) **Obras complementarias:** Bajo esta denominación se incluyen:

a) La construcción en el lado uruguayo de tres edificios de aproximadamente 1.000 metros cuadrados cubiertos, los que serán destinados a las oficinas de aduana y administración.

b) La ejecución de 18.900 metros cuadrados de carpeta de desgaste.

c) La iluminación, que sobre el plano de calzada deberá llegar a un nivel de 30 Lux, y el balizamiento para la navegación fluvial.

d) Barandas y veredas peatonales.

e) Conductos para canalizaciones de servicios públicos.

Para ejecutar las fundaciones en el río los operarios han trabajado dentro de los cilindros de fundación de 14 metros de diámetro en cámara de trabajo y a una presión doble de la atmosférica.

Las vigas corredizas que sirven de encofrado para ejecutar los vaductos han sido proyectadas y construidas en el país y además, no se efectuó ninguna importación de materiales o equipos, los que se fabricaron totalmente y en forma especial en el país.

CONCLUYERON LOS TRABAJOS DE MEJORAS DE BANQUINAS EN LA RUTA NACIONAL N° 2

Han finalizado los trabajos de repavimentación y ensanches de banquetas que se ejecutaron en cuatro secciones del tramo comprendido entre Etecheverry y Dolores y en cinco secciones del ubicado entre Dolores y Mar del Plata, de la Ruta Nacional N° 2.

Dichos trabajos, que se realizaron en el término de cinco meses, fueron contratados por la Dirección Nacional de Vialidad a los efectos de ofrecer condiciones de seguridad acordes con el intenso y veloz tránsito liviano que circula por esta ruta. Asimismo, se tiene previsto repavimentar los

tramos faltantes y ensanchar sus banquetas en el próximo año, y además, se procederá a la ejecución de los trabajos para el ensanche de los puentes necesarios.

Estas obras fueron iniciadas en el mes de julio último y a pesar de serias dificultades que se le presentaron a las empresas contratistas por falta del material asfáltico, fueron concluidas antes del término fijado, debido a la colaboración prestada por las autoridades y el personal de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, que no escatimaron esfuerzos para posibilitar las entregas del material citado.

SERAN REPAVIMENTADOS TRES TRAMOS DE LA RUTA 12 EN CORRIENTES

En la Dirección Nacional de Vialidad se realizó la apertura de la licitación pública convocada para contratar trabajos de repavimentación en tres tramos de la ruta nacional N° 12, en jurisdicción de la provincia de Corrientes.

Los citados tramos están ubicados entre las localidades de Saladas-Empedrado; Empedrado-Corrientes y Corrientes-Ramada Paso, y totalizan una longitud de 139 kilómetros.

EL CORONEL (RE) RODOLFO V. FRANCO ASUMIO EL CARGO DE INTERVENTOR EN LA DIRECCION NACIONAL DE VIALIDAD

El coronel (RE) Rodolfo Victoriano Franco asumió el cargo de Interventor en la Dirección Nacional de Vialidad. Fue puesto en funciones por el subsecretario de Obras Públicas, ingeniero Juan Esteban Ivanoff, en un acto que se realizó en la sede central de ese organismo, el 13 de noviembre último.

De acuerdo con lo establecido en el decreto de de-

signación, el coronel Franco asume sus funciones con todas las facultades, atribuciones y deberes que corresponden al administrador general, cargo que desempeñó hasta esa fecha el ingeniero Gregorio I. Esmelián, a quien le fue aceptada la renuncia presentada en su oportunidad al secretario de Estado de Transporte y Obras Públicas, capitán de navío (RE) Hugo G. Guillamón.

de Ingenieros del Ejército de los EE.UU., o del Instituto del Asfalto del mismo país (1), que son las adoptadas generalmente en la Argentina.

b) Considerando que en las mezclas densas existe una fase continua de asfalto que encierra al agregado pétreo. La incorporación de este último incrementa marcadamente la rigidez (stiffness) del asfalto en forma tal que el cociente rigidez de la mezcla/rigidez del asfalto, ambas a igual temperatura y tiempo de aplicación de la carga, es una función definida de la concentración en volumen del agregado en la mezcla libre de vacíos C_v :

$$C_v = \frac{\text{vol. agregado}}{\text{vol. agregado} + \text{vol. asfalto}} \times 100$$

Este punto de vista ha sido propuesto por Van der Poel en 1954 en base a los resultados obtenidos con mezclas con 3 % de vacíos, posteriormente desarrollado por Henkelomp, Klomp y otros investigadores europeos ⁽⁹⁾, Van Draat y Sommer lo han generalizado a mezclas con porcentajes de vacíos superiores al 3 % utilizando la C_v corregida igual a:

$$C_v (\text{corr.}) = \frac{C_v}{100 + (\% \text{ vacíos-3})} \times 100$$

A nuestro entender ambos puntos de vista se justifican de acuerdo al contenido de asfalto que se considere. El punto de vista a) por debajo del rango donde se ubica el porcentaje óptimo de asfalto según Marshall; el b) para porcentajes iguales o superiores a dicha frontera a partir de la cual puede aceptarse en los concretos asfálticos la existencia de una fase fluida continua formada por el ligante y aire ocluido por lo menos durante el proceso de compactación.

El pasaje gradual de una a otra forma de concebir la estructura interna de los concretos asfálticos en función del contenido de asfalto, ha sido mencionado en un trabajo anterior (10) en base a las curvas que relacionan las "densidades" libres de alfalto con los porcentajes de asfalto efectivo aplicando el proceso de compactación Marshall. En la figura 6 se reproduce un ejemplo tomado de la cita (10). Las curvas son análogas a las obtenidas con el sistema suelo-agua en la compactación Proctor y derivados que han sido interpretadas en (11). En dichas curvas se observa una "rama seca" ascendente que corresponde a la formación de estructuras granulares cada vez más cerradas por el efecto lubricante del asfalto a la elevada temperatura de la compactación. En ella la red porosa intercomunicada que forman los espacios entre partículas permite el drenaje rápido del aire durante el proceso de compactación, hasta alcanzar una relación volumétrica aire/asfalto aproximadamente constante (80 ± 5 % de V.A.M. ocupados por asfalto) donde

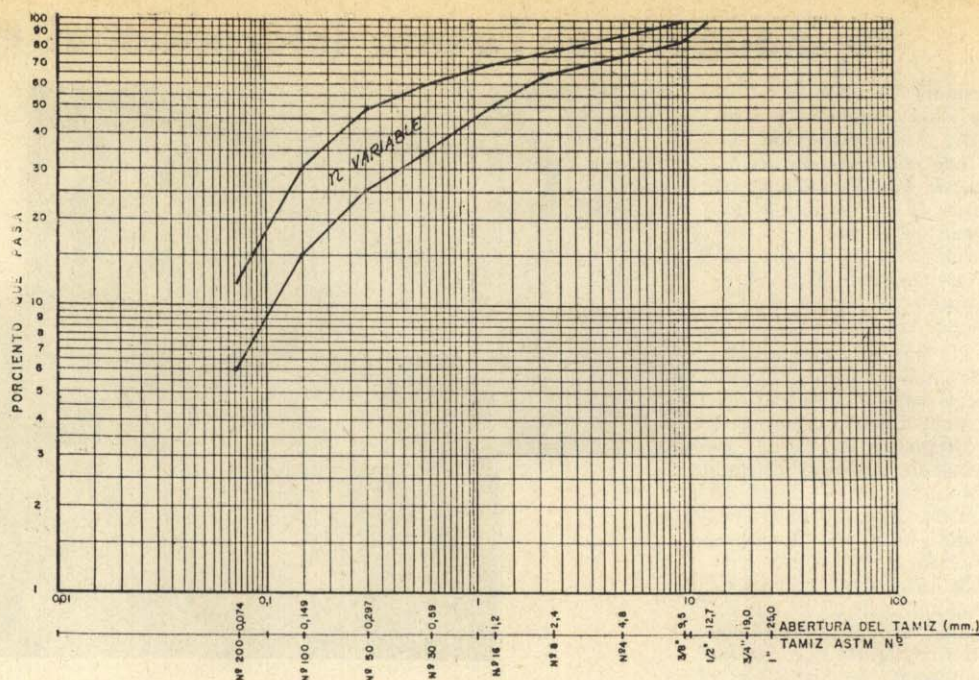


Figura 5. — Tipo D granulometría de la mezcla VIa del Asphalt Institute (6)
Topeka (Stone Sheet).

termina la "rama seca". Mayores porcentajes de asfalto determinan el nacimiento de la "rama húmeda" descendente a pesar que no se ha llegado a llenar con asfalto los vacíos (V.A.M.) de la estructura granular, esta "rama húmeda" se acerca a la línea teórica de llenado de los V.A.M. sin alcanzarla nunca, lo que indica que existe un cierto volumen de aire no drenable en las condiciones del proceso de compactación (aire ocluido) por estar en forma de burbujas aisladas dentro de la fase continua de asfalto. En consecuencia, en la "rama húmeda" la mezcla alcanza la saturación de los V.A.M. con respecto a la fase fluida (asfalto efectivo + aire ocluido) y por lo tanto los esfuerzos de compactación determinan en ella presiones hidrestáticas con sus correspondientes rebotes elásticos que se oponen a la densificación. Debe tenerse en cuenta la perfecta compresibilidad elástica del componente volumétrico aire ocluido.

La existencia de una zona de transición entre ambas ramas se explica por la heterogeneidad de las mezclas en el nivel de partículas indi-

viduales, y que los valores experimentales se determinan con un volumen de mezcla compactada que sólo puede considerarse macroscópicamente homogéneo. Precisamente es en dicha zona de transición donde se ubica el porcentaje óptimo de asfalto en el cual se confunden ambas formas de concebir la estructura interna de los concretos asfálticos.

La influencia del tipo de estructura granular se refleja en las dos formas de concebir la estructura interna de las mezclas densas convencionales con el contenido óptimo de asfalto. Desde el punto de vista a) el tamaño máximo D_m y él o los valores de n determinan fundamentalmente los V.A.M. de la estructura granular, dichos V.A.M. se reparten en contenido volumétrico de asfalto efectivo óptimo y en huecos o vacíos de la mezcla, en base al valor aproximadamente constante de $80 \pm 5 \%$ de los V.A.M. ocupados por C.A. para concretos y $70 \pm 5 \%$ para mezclas finas. Desde el punto de vista b) las mismas variables (D_m y n) regulan el valor de la concentración volumétrica del agregado C_v por ser función de los V.A.M. En efecto:

$$\text{Vacíos \%} = \frac{\text{V.A.M. (1 - \% V.A.M. ocupados)}}{100}$$

$$C_v = \frac{100 - \text{V.A.M.}}{100 - \text{vacíos}} \times 100 =$$

$$\frac{100 - \text{V.A.M.}}{100 - \text{V.A.M.} \left(\frac{\% \text{ V.A.M. ocupados}}{100} \right)} \times 100 (V)$$

Por lo tanto cuando se consideran mezclas preparadas con un mismo agregado (forma y textura superficial de las partículas constantes)

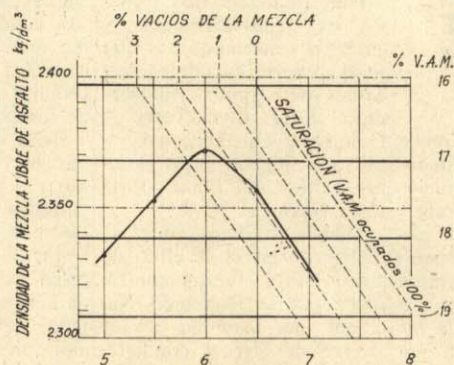


Figura 6. — Porcentaje de asfalto de la mezcla en peso; densidad libre de asfalto de un concreto asfáltico en función del porcentaje de asfalto (10).

con el contenido óptimo de un mismo asfalto y distintas granulometrías (D_m y n variables), el tipo de estructura granular formado regula los valores de V.A.M. y los de C_v y por lo tanto las exigencias volumétricas de calidad.

Pasando ahora a considerar las exigencias de "estabilidad y fluencia Marshall", corresponde distinguir que la "fluencia Marshall" es prácticamente independiente de la temperatura, tiempo que actúa la carga, y rigidez del ligante asfáltico, por lo cual debe considerarse que ella depende en forma prácticamente exclusiva del tipo de estructura granular y del porcentaje de asfalto. En cambio la "estabilidad Marshall" depende de las variables mencionadas y por lo tanto de la interacción entre el asfalto y la estructura granular.

En la "fluencia Marshall", definida como la reducción del diámetro de la probeta normalizada en la dirección de la carga aplicada cuando ésta alcanza su valor máximo o "estabilidad Marshall", se observa que ella crece lentamente a lo largo de la "rama seca" de la curva de compactación, es decir que con porcentajes reducidos de asfalto ella es una medida de la deformación axial **recuperable** y **no recuperable** que debe sufrir la estructura granular para alcanzar la falla. En cambio en la "rama húmeda" la "fluencia Marshall" crece rápidamente al aumentar el contenido de asfalto dado que el exceso de fase fluida perturba la formación de estructuras granulares cerradas. En esta última rama la "fluencia Marshall" está vinculada con el carácter plástico de la mezcla, de ahí que fijar un máximo de "fluencia Marshall" es una forma indirecta de evitar un exceso de asfalto. El cambio más o menos definido de la pendiente de la curva que relaciona las "fluencias Marshall" con el porcentaje de asfalto coincide con la zona de transición antes mencionada en la que se ubica el contenido óptimo de asfalto.

La "estabilidad Marshall" depende para igual agregado y granulometría, de la temperatura, tiempo que actúa la carga, y contenido y rigidez del asfalto, por lo cual debe considerarse que ella depende de la interacción entre la estructura granular y el ligante asfáltico, por lo tanto de acuerdo a la forma b) de concebir la estructura interna de las mezclas asfálticas, ella debe ser función de la concentración del agregado en la mezcla libre de vacíos C_v corregida, cuando se considera un mismo tipo de agregado con diferentes granulometrías (distintos tipos de estructuras granulares) a cada una de las cuales corresponde un valor de C_v , utilizando el mismo asfalto en los porcentajes óptimos que corresponda a cada mezcla.

No tenemos conocimiento de estudios que relacionen la "estabilidad Marshall" con las C_v corregidas en igualdad de las otras variables mencionadas, por lo cual este tema ha sido encarado en la parte experimental. Como se verá en ella la "estabilidad Marshall" crece exponencialmente con la C_v corregida que corresponde a cada estructura granular en igualdad de las otras variables, por lo menos en el rango explorado.

La ley que regula el valor de la "estabilidad Marshall" en función de las C_v corregidas, mide la capacidad de un determinado agregado para incrementar la resistencia a la deformación de las mezclas de acuerdo al tipo de estructura granular que corresponde a cada granulometría. Lógicamente para distintos agregados con igual granulometría, la forma y textura superficial de las partículas debe modificar el valor de dicho parámetro. Por otra parte dicho parámetro relaciona las exigencias volumétricas de calidad con las vinculadas con su resistencia a los esfuerzos deformantes en las condiciones arbitrarias del ensayo Marshall, marcando el rol que cumple la granulometría del agregado pétreo como factor determinante del tipo de estructura granular que puede originar por la compactación Marshall, así como la influencia que tienen la forma y textura superficial de las partículas en la capacidad de cada agregado pétreo para regular la "estabilidad Marshall".

RESISTENCIA FRICCIONAL:

El estudio racional de la resistencia a la deformación de las mezclas asfálticas convencionales ha sido encarado en base a los conceptos de "resistencia cohesiva" (viscosa y no viscosa) y "resistencia friccional", como componentes de su resistencia al corte de acuerdo a la bien conocida fórmula de Coulomb; utilizando los resultados del ensayo triaxial y la teoría de Mohr. En este caso es necesario utilizar probetas que cumplan con las exigencias que impone el análisis del estado de tensiones de Mohr.

La experiencia muestra que la llamada "resistencia friccional", es decir la parte de la resistencia al corte que los sistemas granulares cementados o no pueden movilizar o desarrollar cuando existe un esfuerzo normal al plano de corte (σ) igual a producto de dicho esfuerzo por un coeficiente adimensional inherente del material expresado como tangente de un hipotético ángulo de fricción interna (ϕ); es una propiedad de las mezclas asfálticas convencionales prácticamente independiente de la temperatura, tiempo que actúa la carga y rigidez del ligante, por lo cual debe considerarse que la "resistencia friccional" depende exclusivamente de la estructura granular existente cuando no existe un exceso de asfalto.

Considerando que la condición de falla en los ensayos triaxiales corresponde a la máxima resistencia al corte para determinado confinamiento lateral, en ella además de haber sido vencido todo vínculo cohesivo se ha producido desplazamiento de unas partículas con respecto a otras en los planos de corte para dar origen a las deformaciones permanentes previas a la rotura.

Dado que en el estado compactado cada partícula del agregado está trabada por las que la rodean, su desplazamiento en los planos de corte sólo es posible si se afloja el empaquetamiento con aumento de volumen, es decir por

dilatancia (*), salvo que exista rotura de las partículas en los puntos o áreas de contacto que impiden el desplazamiento en virtud de la concentración de tensiones que en ellos exista. Se comprende que antes de alcanzar la resistencia máxima la estructura granular puede sufrir cambios de forma y/o volumen en gran parte recuperables, siempre dentro de las condiciones de equilibrio necesarias para la permanencia de la estructura granular.

En la falla de la estructura granular puede predominar la dilatancia con bajas contenciones laterales, en cambio cuando estas últimas son elevadas ellas pueden reducir o impedir la dilatancia. En este último caso los elevados valores del producto $\sigma \tan \phi$ aumentan la probabilidad de desgaste o rotura en los puntos de contacto entre las partículas determinantes de la trabazón.

Lo expresado muestra que la "resistencia friccional" $\sigma \tan \phi$ en la fórmula de Coulomb comprende además de la resistencia puramente friccional por rozamiento, otra resistencia estructural provocada por la trabazón entre las partículas del agregado pétreo. Esta última tiende a anularse cuando la "resistencia friccional" alcanza su valor máximo quedando como resistencia residual la provocada por el deslizamiento.

La envolvente de Mohr en los ensayos triaxiales con mezclas asfálticas convencionales es generalmente recta, lo que permite una correcta diferenciación de la resistencia cohesiva (ordenada en el origen) de la "resistencia friccional" medida por el producto $\sigma \tan \phi$. Se ha observado que algunas mezclas preparadas con agregados pétreos angulares y tamaño máximo relativamente elevado (3/4 pulg.) acusan resultados en el ensayo triaxial que conducen a envolventes de Mohr curvas. En tales casos ϕ es una función decreciente de la diferencia entre los esfuerzos principales, y la extrapolación de la parte recta de la envolvente, en la zona de presiones laterales mayores, para determinar la resistencia cohesiva no es más que un artificio matemático. Algunos autores (3) consideran que ello se debe a reducidas relaciones altura/diámetro de las probetas, otros (8) y (12) consideran que la curvatura de la envolvente no es accidental sino una consecuencia de efectos estructurales.

Ya ha sido mencionado que estas consideraciones se refieren a la "resistencia friccional" que se registra en base a ensayos triaxiales que cumplen las exigencias necesarias para que no existan efectos paralelos que perturben la aplicación de la distribución de esfuerzos en la probeta aceptada por la teoría de Mohr,

* Dilatancia es el término usado por O. Reynolds en 1885 para el incremento de volumen necesario para que sea posible el desplazamiento de las partículas de un sistema granular compactado al fallar por corte. Terzaghi (1920) lo menciona en el campo de la Mecánica de los Suelos. Casagrande (1936) define como "densidad crítica" aquella que permite a un sistema granular deformarse por corte sin cambio de volumen. En los ensayos por corte directo los sistemas granulares sueltos alcanzan la densidad crítica por densificación, los compactados por aumento de volumen, es decir por dilatancia. La falla por dilatancia de mezclas asfálticas en ensayos al corte directos ha sido mencionada por Lee y Markwick (16).

en particular utilizar probetas cilíndricas con altura/diámetro por lo menos igual a 2, adecuada relación entre el tamaño máximo del agregado y el diámetro de las probetas del orden de 1/4 o 1/6 según distintos autores, y un porcentaje de vacíos en las mezclas que elimine la posibilidad de desarrollo de presiones hidrostáticas internas por acción de las cargas.

Lo indicado es particularmente importante cuando se considera el aporte de la "resistencia friccional" al valor de la "estabilidad Marshall". En este último ensayo se aplica la carga diametralmente a una probeta cilíndrica de 6,35 cm. de altura y 10 cm. de diámetro, en la cual el plano de falla debe fomar con la dirección

de la carga un ángulo igual a $45^\circ - \frac{\phi}{2}$ de acuerdo a la teoría de Mohr. En tal caso dicho plano puede pasar a través de la superficie cilíndrica de la probeta en contacto con las mordazas, por lo cual la fricción que pueda existir en cada caso incrementa la resistencia friccional real del material. Se une a lo dicho el confinamiento parcial ocasionado por la forma de las mordazas, el hecho que la forma y dimensiones de la probeta normalizada se presta a un efecto de columna entre las mordazas cuando el tamaño máximo del agregado se acerca a máximo admitido, y por último que con contenidos de asfalto cercanos al óptimo no puede excluirse la posibilidad de desarrollo de presiones hidrostáticas en la fase fluida.

El estado de las tensiones en el ensayo Marshall no se presta para un análisis racional como ocurre en el ensayo triaxial, por esta razón toda relación entre ambos es puramente experimental. Así por ejemplo, Vallergera (14) considera que la "estabilidad Marshall" es equivalente a la carga de rotura en una prueba de compresión confinada con sección transversal igual a la máxima de la probeta Marshall normalizada, con relación altura/diámetro del orden de la unidad, en igualdad de otras condiciones; Goetz (13) encuentra que el contenido óptimo de asfalto para la "estabilidad Marshall" es el mismo que cuando se utiliza el ensayo triaxial con un soporte lateral de 10 libras/pulgadas cuadrada.

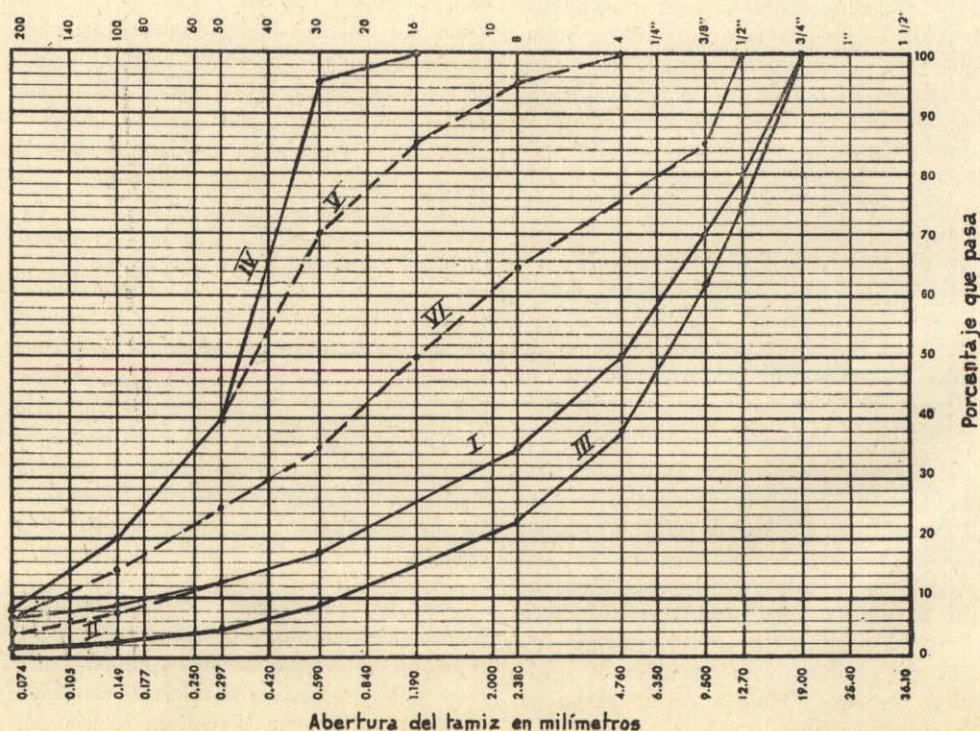
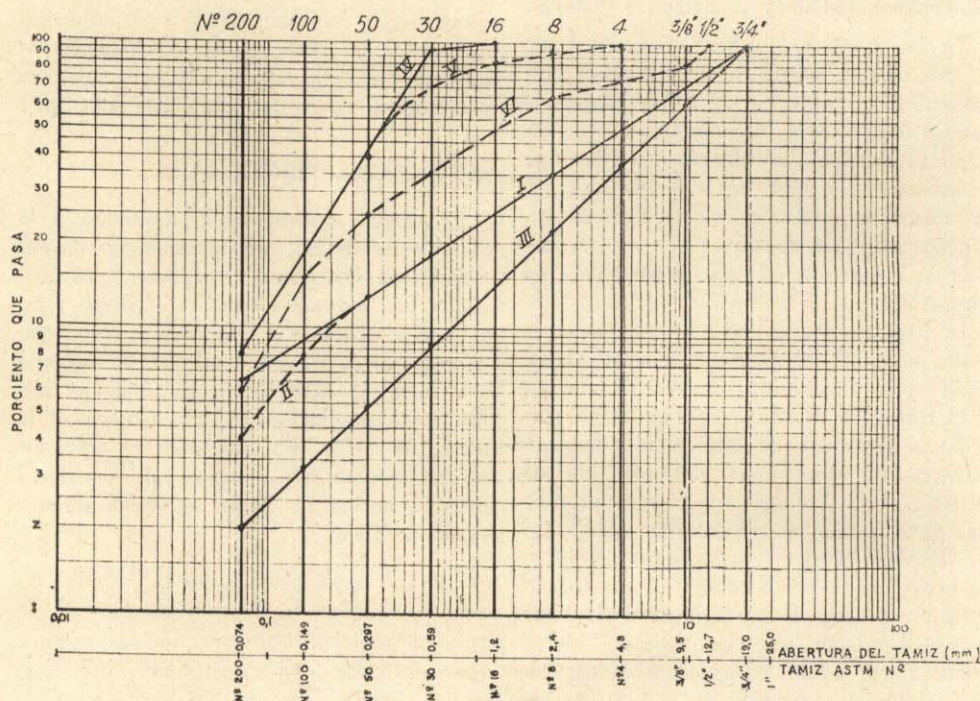
Lo dicho muestra que el aporte de la estructura granular al valor de la "estabilidad Marshall", si bien responde al sentido que tiene en la fórmula de Coulomb la llamada "resistencia friccional", obedece también a un conjunto de otras variables ajenas a la misma e inherentes al carácter empírico del ensayo normalizado, cuyo valor como medida de calidad se basa en la correlación de sus resultados con el comportamiento en servicio para cada material.

PARTE EXPERIMENTAL:

El propósito que ha orientado la parte experimental ha sido considerar como variables dependientes las características de las mezclas asfálticas ensayadas, y como variable independiente la granulometría ya que ella regula el

Tabla N° 1. — Granulometría % pasa acumulado de las mezclas estudiadas.

MEZCLA			I	II	III	IV	V	VI
Tipo de estructura granular			A	B	A	A	C	D
			$\eta = 0,48$		$\eta = 0,70$	$\eta = 1,17$		
3/4 pulg.	19,1	mm.	100	100	100	—	—	—
1/2 "	12,7	"	80	80	75	—	—	100
3/8 "	9,52	"	70	70	62	—	—	85
N° 4	4,76	"	50	50	38	—	100	—
N° 8	2,38	"	35	35	23	—	95	65
N° 16	1,19	"	—	—	—	100	85	50
N° 30	0,590	"	18	18	9	95	70	35
N° 50	0,297	"	13	13	5	40	40	25
N° 100	0,149	"	9	8	3	20	20	15
N° 200	0,074	"	6,5	4	2	8	8	6



tipo de estructura granular que se forma por compactación. Para ello se han mantenido constantes:

- La forma y textura superficie de las partículas del agregado pétreo utilizando un sólo material, roca granítica sana no absorbente, triturada y separada en fracciones de acuerdo a cada par de tamices sucesivos. Las fracciones se mezclaban en las proporciones que corresponden a la granulometría de cada mezcla que se menciona en la tabla 1.
- Se utilizó en todas las mezclas un mismo asfalto, penetración (25°C, 100 g., 5 seg.) = 82 y punto de ablandamiento = 48°C.
- Se consideró en todas las mezclas únicamente el porcentaje óptimo de asfalto, determinado en cada una de ellas de acuerdo al método Marshall y criterio de calidad mencionado en (1).
- En la preparación de las mezclas, probetas y técnicas de ensayo se trabajó de acuerdo al método Marshall empleando en la compactación 75 golpes por cara. Para la determinación del ángulo de fricción interna ϕ se utilizó el ensayo triaxial con celda abierta, lenta velocidad de deformación 0,0127 cm/minuto, temperatura ambiente entre 20° y 24°C y edad de las probetas entre 10 y 14 días. Se utilizaron probetas cilíndricas de altura $\approx 14,30$ cm y diámetro 7,1 cm, preparadas en 3 capas cada una de las cuales fue compactada por golpes con una varilla metálica y presión estática a doble pistón hasta alcanzar lo más aproximadamente posible la densidad Marshall de la misma mezcla con 75 golpes por cara. Las presiones laterales utilizadas (σ_3) fueron cero; 0,49; 1,05 y 2,10 kg/cm².

Se estudiaron seis mezclas cuyas granulometrías como variable independiente comprenden los cuatro tipos de estructuras granulares antes mencionados, a saber:

- Mezclas I, III y IV - Corresponden al tipo A de estructura granular variando Dm y n.
- Mezcla II - Corresponde al tipo B de estructura granular obtenido reduciendo las fracciones menores de la I.
- Mezcla V - Corresponde al tipo C de estructura granular incorporando fracciones gruesas a la mezcla fina IV.
- Mezcla VI - Corresponde al tipo D de estructura granular.

Paralelamente pero en forma separada de la serie mencionada, se prepararon las mezclas I', II' y VI' en las cuales se conservó la granulometría pero con reemplazo total (I' y II') y parcial (VI') de pasa Nº 50 R $\pm$ 200 triturado por arena sílicea natural.

Tabla 2 — VALORES EXPERIMENTALES

Los dos valores que se indican en las columnas de ϕ y de C corresponden a envolventes curvas. Siendo los de la parte superior los correspondientes a presiones laterales de 0-0,49 y 1,05 kg/cm² y los de la parte inferior a 1,05 y 2,10 kg/cm².

Mezclas	Asfalto Óptimo %	V.A.M. %	Vacios %	Cv. %	Cv. (corr.) %	Estabil. Kg.	Fluencia mm.	Índice de Compact.	ϕ Grados	Cohesión Kg/cm ²
I	5,00	15,3	3,5	87,8	87,4	1285	4,25	4,7	48° 21°	2,7 6,0
II	5,25	15,9	3,5	87,1	86,7	1250	4,40	4,8	45° 27°	2,7 5,0
III	6,40	21,0	6,2	84,2	81,6	775	4,40	3,8	—	—
IV	8,70	28,3	10,0	79,7	74,5	445	3,15	5,4	42°	1,3
V	8,25	24,0	6,0	80,9	78,5	615	3,40	5,2	39°	1,3
VI	5,35	16,0	3,5	87,0	86,6	1190	3,10	5,3	45°	2,9
I'	5,00	15,1	3,0	87,5	87,5	1075	3,90	4,9	45° 35°	2,0 3,2
II'	5,15	15,5	3,3	87,4	87,1	1080	3,70	4,7	40°	2,5
VI'	5,55	16,6	3,5	86,6	85,9	950	3,10	6,3	45°	2,7

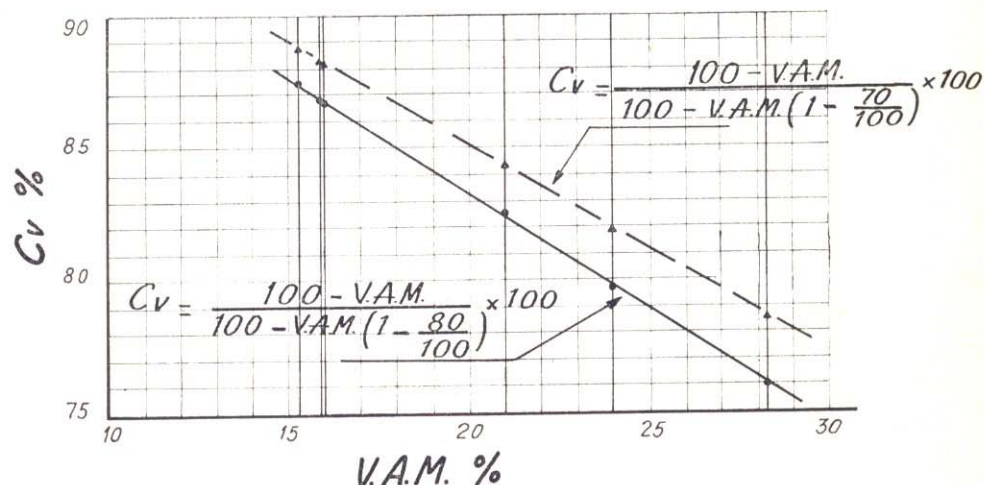


Figura 7. — Valores de Cv en función de los V.A.M. en relación con las curvas que representan la fórmula V con 80 y 70 % de V.A.M. ocupados por asfalto.

RESULTADOS:

Los valores experimentales obtenidos con las seis mezclas antes mencionadas que figuran en la tabla 2 justifican los comentarios siguientes:

1 — Tomando como referencia los V.A.M. de la mezcla I con estructura granular tipo A se observa: a) comparando con las otras mezclas tipo A (la III y la IV) se aprecia el aumento de V.A.M. al apartarse n del valor 0,45 cuando Dm es igual, el aumento es mucho más marcado cuando se reduce simultáneamente Dm; b) comparando con la mezcla II (tipo B se observa que una ligera reducción de las fracciones más finas aumenta en igual forma los V.A.M. Comparando los V.A.M. de la mezcla fina IV (tipo A) con los de la V (tipo C) se observa que la incorporación de 15 % de partículas mayores reduce en igual porcentaje los V.A.M. de la primera. Los V.A.M. de la mezcla VI (tipo D muestran que el reemplazo gradual puede conducir a valores de V.A.M. próximos a los que corresponde a las mezclas I (tipo A cuando n es cercano a 0,45. Todo ello responde a las consideraciones mencionadas en los apartados referentes a estructuras granulares.

2 — Teniendo presente que se consideran mezclas con el contenido óptimo de asfalto, la

interrelación entre agregados y asfalto expresada por la concentración volumétrica de los primeros Cv. ésta debe ser aproximadamente función de los V. A. M. de acuerdo a la ecuación (V) dado que el porcentaje de los mismos ocupado por el asfalto es groseramente constante para cada tipo de mezclas. En la figura 7 se han marcado los valores experimentales frente a las curvas correspondientes a los valores medios aceptados de V. A. M. ocupados por asfalto. Por lo tanto cuando se comparan mezclas preparadas en un mismo agregado en diferentes granulometrías y un mismo asfalto en la proporción óptima que corresponde a cada granulometría, es prácticamente indiferente referirse a los V. A. M. del esqueleto mineral o a la concentración Cv del agregado, dado que ambos guardan aproximadamente la relación inversa de la fórmula V.

3 — La figura 8 muestra que no existe una relación definitiva entre las Cv corregidas de las seis mezclas estudiadas y sus correspondientes "Fluencias Marshall", sólo se observa que estas últimas forman dos grupos. Las "fluencias Marshall", mayores corresponden a los Cv corregidas más elevados de las mezclas con estructura granular tipo A o B con Dm grande. Estas mezclas acusan en el ensayo de estabilidad una brus-

ca rotura tendiendo al tipo frágil, con reducidas deformaciones plásticas antes de alcanzarla a pesar de ser mayor la deformación total o "fluencia Marshall". El segundo grupo comprende al tipo A de estructura granular con Dm reducido (mezcla fina), y a los otros tipos de estructuras, en ellas es más marcado el carácter plástico de la deformación al alcanzar la rotura. Debe tenerse presente que esta diferenciación corresponde a mezclas preparadas con un mismo agregado pétreo con diferentes granulometrías, todas ellas preparadas con un sólo asfalto y en la proporción óptima que corresponde a cada granulometría. La influencia de la forma y textura superficial de las partículas pétreas en el valor de la "fluencia Marshall" se revela en que el simple reemplazo total del pasa N° 50 R $\pm$ 200 triturado en las mezclas I y II por arena natural desplaza la "fluencia Marshall" hacia menores valores, lo que no ocurre con la mezcla VI, tipo D. Todo lleva a pensar que debe ser importante diferenciar en la "fluencia Marshall" la relación entre deformaciones recuperables y no recuperables que corresponden a cada caso.

4 — La figura 9 muestra que existe la esperada relación definida entre la "estabilidad Marshall" y la interacción entre agregados pétreos y ligante expresada por la Cv corregida en igualdad de las otras variables antes mencionadas. Existe una aceptable relación lineal creciente entre el logaritmo de la "estabilidad Marshall" y la Cv corregida a la que por cuadrados mínimos corresponde la ecuación:

$\log \text{ Est.} = 3,5988 \cdot \text{Cv corr.} - 0,0369$
por lo menos en el ámbito estudiado para las seis mezclas mencionadas. El coeficiente angular de la recta es el parámetro que mide la capacidad del agregado pétreo usado para incrementar la "estabilidad Marshall" en función de su granulometría, ya que ésta regula la Cv corregida cuando el porcentaje de asfalto es el óptimo que corresponde a cada granulometría. Lógicamente dicho parámetro debe variar de uno a otro agregado con diferentes formas y texturas superficiales de las partículas, prueba de ello es que los puntos correspondientes a las mezclas I', II' y VI, caen debajo de la recta de la figura 9.

La extrapolación de la función hacia Cv (corr.) = 100 no tiene sentido físico real dado que a las mezclas de mayor Cv (corr.) tienen un mínimo de V. A. M. La extrapolación hasta Cv (corr.) = 0 mide teóricamente la "estabilidad Marshall" del asfalto usado (antilog. de $-0,0369 = 0,92 \text{ kg.}$), pero se comprende que ello no es susceptible de verificación experimental y tampoco se conoce el límite inferior de validez para la función hallada.

5 — En la tabla 2 y la figura 10 se mencionan los resultados obtenidos en los ensayos triaxiales y su interpretación en base a la teoría de Mohr, con excepción de la mezcla III para la cual los valores individuales acusaron excesiva dispersión. Pueden diferenciarse los mismos grupos indicados en el caso de las "fluencias

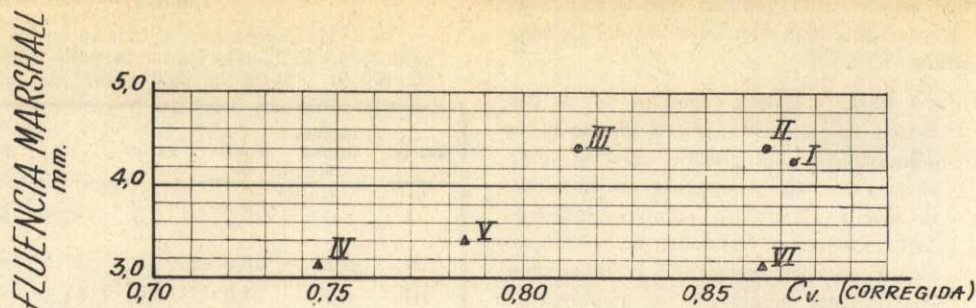


Figura 8. — Fluencia Marshall frente a la concentración en volumen del agregado Cv (corregida).

Marshall', dado que las mezclas I y II con estructura granular tipo A o B y Dm del orden de los concretos asfálticos, muestran envolventes curvas con pendientes decrecientes al crecer el confinamiento lateral, tendiendo paulatinamente a un valor mínimo y constante. En cambio, las mezclas restantes forman el otro grupo caracterizado por su envolvente recta con pendiente constante. Ha sido mencionado que en el caso de envolventes curvas la diferenciación de los parámetros resistencia cohesiva y ángulo de fricción interna es aleatoria, tal como los mencionados en la tabla 2 y en realidad correspondería considerar los valores calculados en base a la tangente en el punto de la envolvente que se desee.

Puede explicarse la curvatura de la envolvente en el primer grupo de mezclas considerando que con los confinamientos menores la falla se produce fundamentalmente por dilatación. En cambio al crecer la contención lateral se reduce paulatinamente la posibilidad de falla por dilatación predominando la resistencia cohesiva con rotura de los puntos de las partículas determinantes de la trabazón mecánica paralelamente con la deformación o rotura del medio ligante. Debe tenerse presente que nuestros resultados han sido obtenidos con el ensayo triaxial con celda abierta en el cual para cada probeta se alcanza la falla previa aplicación de cada pre-

sión lateral. Es posible que los resultados en ensayos triaxiales con celda cerrada sean diferentes, dado que en este caso no se aplica determinada presión lateral sino que ellas son originadas por la propia deformación de la probeta bajo presiones normales crecientes (+).

Comparando los valores de ϕ de las mezclas I y II en la zona de contenciones laterales menores con los obtenidos con las otras mezclas con envolventes rectas, se observa que no es marcada la diferencia de los ángulos de fricción interna para las distintas estructuras granulares en igualdad de otras variables. Puede interpretarse lo dicho considerando que en todos estos casos la falla se produce por dilatación y que el valor de ϕ está regulado fundamentalmente por la forma y textura superficial de las partículas del único agregado usado.

La influencia de la forma y textura superficial de las partículas se revela también al comparar el comportamiento de las mezclas origina-

(+) Las diferencias entre ambos ensayos triaxiales ha sido mencionada por Hennes (17). Un mismo concreto asfáltico acusó $\phi = 59^{\circ} 30'$ y cohesión = $0,236 \text{ Kg/cm}^2$ con celda abierta y bajas contenciones laterales; en cambio con la celda cerrada del triaxial de Smith se obtuvo $\phi = 46^{\circ} 20'$ y cohesión $1,030 \text{ Kg/cm}^2$.

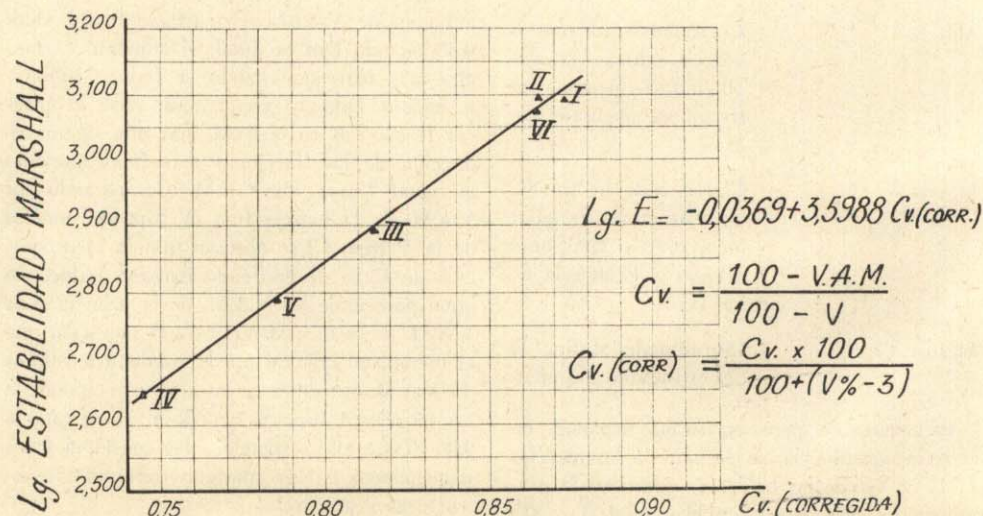


Figura 9. — Log. estabilidad Marshall frente a la concentración en volumen del agregado Cv (corregida).

les con las obtenidas por reemplazo parcial de la fracción fina triturada por arena natural. Se observa una reducción de la curvatura de la envolvente de la mezcla I al pasar a la I' y envolvente recta en la II' con respecto a la II.

Estas consideraciones han llevado a planear una segunda parte de este trabajo tomando como variable dependiente las características de las mezclas asfálticas y como variable independiente la forma y textura superficial de las partículas, manteniendo constante la granulometría, porcentaje óptimo de un mismo asfalto, compactación y técnicas de ensayo.

6 — Sin pretender separar las resistencias cohesivas y friccional, la estabilidad de las mezclas asfálticas medida por el ensayo triaxial queda definida por la diferencia entre la presión máxima vertical σ_1 menos la presión de confinamiento lateral σ_3 aplicada a la celda abierta. La diferencia $\sigma_1 - \sigma_3$ lógicamente crece al aumentar el confinamiento como se observa en la tabla 3 y la figura 11.

La figura 11 muestra que en las mezclas IV, V y VI la estabilidad $\sigma_1 - \sigma_3$ crece con la contención lateral en la misma forma aproximadamente lineal, en cambio en las mezclas I y II sólo ocurre con las presiones laterales menores y la ley de crecimiento disminuye con las mayores. Lo expresado es otra forma de relacionar los valores experimentales para poner en evidencia la diferencia de comportamiento en el ensayo triaxial de las mezclas densas I y II con estructuras granular tipo A y B.

Se considera de interés señalar que la mezcla VI tipo Topeka con estructura granular tipo D acusa una estabilidad Marshall comparable a la de las mezclas I y II de concreto asfáltico y lo mismo ocurre con la estabilidad triaxial $\sigma_1 - \sigma_3$ para las bajas presiones laterales. En cambio para altas contenciones laterales la estabilidad triaxial de la mezcla VI es mayor que la de las mezclas I y II, lo que puede interpretarse por los distintos procesos que llevan a la falla antes mencionados.

Los valores de las tablas 2 y 3 muestran que no existe una relación definida entre la estabilidad Marshall a 60°C y las estabilidades triaxiales $\sigma_1 - \sigma_3$ a temperatura ambiente en las mezclas estudiadas, salvo que ambos ensayos revelan la marcada influencia de la presencia de fracciones gruesas.

7 — La compactabilidad de las seis mezclas estudiadas ha sido medida por el "Índice de Compactabilidad" (I_c) propuesto en la cita (15) igual a:

$$I_c = \frac{\log 75/10}{D_{75} - D_{10}}$$

donde D_{75} y D_{10} son las densidades (kg/dm^3) de una misma mezcla compactada con 75 y 10 golpes Marshall por cara. Como corresponde al uso exclusivo de un agregado pétreo obtenido por trituración, la forma angular de las particu-

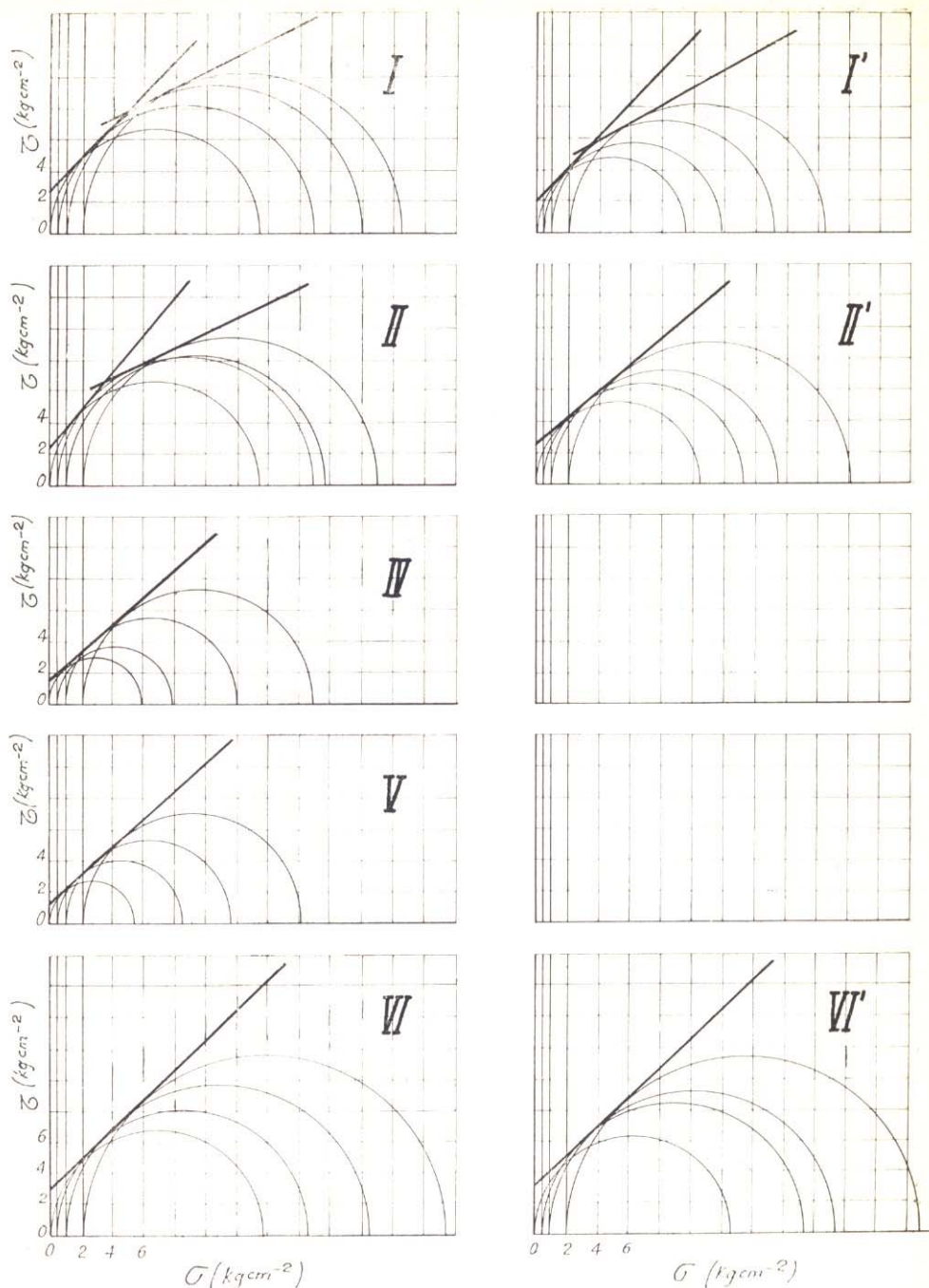


Figura 10. — Envolventes de Mohr.

las determina que el orden general de los valores I_c en todas las mezclas sea relativamente bajo ratificando el rol fundamental de esta característica para gobernar la compactabilidad. Dentro de este orden se observa que el valor menor de I_c corresponde a la mezcla III con estructura granular tipo A y altos D_m y n (elevado contenido de fracciones gruesas), el índice de las mezclas finas es mayor junto con la estructura granular tipo D de la mezcla VI, ocupando un lugar intermedio las mezclas I y II de concretos asfálticos. El reemplazo total o parcial del pasa N° 50 R 200 triturado por arena natural redondeada conservando la granulometría no mejora la compactabilidad de los concretos asfálticos I y II, en cambio lo hace con la mezcla VI superando el valor aproximadamente crítico de $I_c = 6$.

CONCLUSIONES

- 19) Se considera que las estructuras granulares de las mezclas asfálticas convencionales responden a tipos de granulometría adecuadamente representadas en doble escala logarítmica.
- 29) La representación gráfica en doble escala logarítmica de la granulometría de un agregado ptreo, es un medio simple y práctico que informa de manera objetiva y racional sobre las correcciones granulométricas que pueden ser necesarias para establecer el tipo de estructura granular más cercano a la misma.
- 39) En la parte experimental se han establecido las características Marshall y

ensayo triaxial de 6 mezclas preparadas con un mismo agregado en diferentes granulometrías (cuatro tipos de estructuras granulares), todas ellas con el contenido óptimo de un mismo asfalto. Se interpretan los resultados obtenidos mostrando las relaciones entre las características de las mezclas y su tipo de estructura granular.

BIBLIOGRAFIA

- 1— The Asphalt Institute. Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types. Manual Series N° 2 (MS-2), 1969.
- 2— N. W. McLeod Diseño de Mezclas de Concreto Asfáltico Densamente Graduadas. XIII Reunión Anual del Asfalto. C. P. del Asfalto, 1964.
- 3— J. W. Nijboer. Consideraciones sobre el Contenido en Betún en Carpetas Cerradas para Caminos. III Reunión del Asfalto. C. P. del Asfalto, 1948.
- 4— J. W. Nijboer. Plasticity as a Factor in the Design of Dense Bituminous Road Carpets Elsevier Publ. Co. Inc., 1948. Chapter VI.
- 5— J. F. Goode y L. A. Lugsey. A new Grafical Chart for Evaluating Aggregate Gradation Procc. A.A.P.T., vol. 31, 1962.
- 6— The Asphalt Institute. Specifications and Construction Methods for Asphaltic Concrete and others Plant-Mixes Types. Specifici. Series N° 1 (SS-1), 1964.
- 7— V. A. Endersby. The Analytic Mechanical Testing of Bituminous Mixes. Procc. A.A.P. T., vol. 11, 1940.
- 8— B. A. Vallerga. Discusión en Procc. A.A. P. T., vol. 21, pág. 415, 1952.
- 9— W. Heukelom y A. J. G. Klomp. Road Design and Dynamic Loading. Procc. A.A.P.T., vol. 33, 1964, y vol. 35, 1966.
- 10— C. L. Ruiz. Interpretación del Ensayo Marshall. Razón Estabilidad Fluencia. XIV Reunión del Asfalto, pág. 201, 1966.
- 11— C. L. Ruiz y Y. R. R. de Ronchi. Sobre el Mecanismo del Proceso de Compactación de los Suelos. VI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito. Tomo III, 1968. Revista Carreteras N° 70, 1974.
- 12— W. H. Goetz, J. Laughlin, L. Wood. Load Deformation Characteristic of Bitu-

Tabla 3. — ESTABILIDAD TRIAXIAL ($\sigma_1 - \sigma_3$) EN FUNCION DE LA PRESION LATERAL

σ_3	$\sigma_1 - \sigma_3$ (Kg./cm ²)				
	M E Z C L A S				
Kg/cm ²	I	II	IV	V	VI
0	13,45	13,30	5,81	5,62	13,73
0,49	16,43	16,18	7,80	8,02	15,80
1,05	18,91	16,48	10,76	10,52	19,36
2,10	20,27	18,73	14,73	13,93	23,25

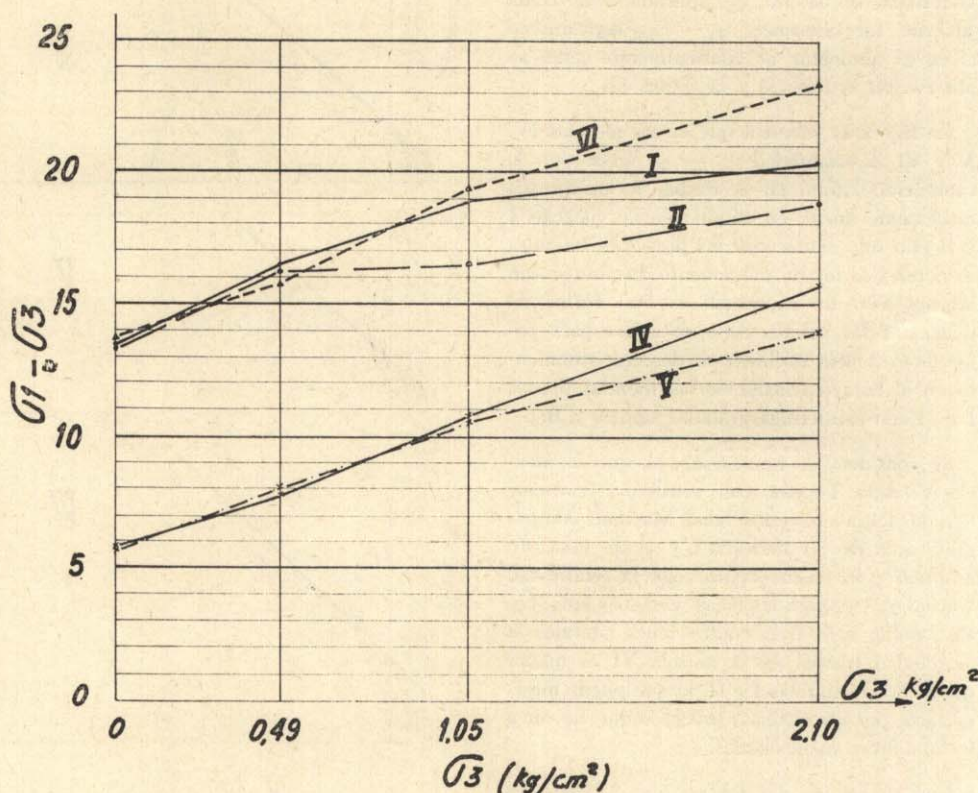


Figura 11.

- minous Mixtures Procc. A.A.P.T., vol. 26, 1957.
- 13— W. H. Goetz. Comparision of Triaxial and Marshall Test Results. Procc. A.A. P. T., vol. 20, 1951 y vol. 21, 1952.
- 14— B. A. Vallerga. Discusión en Procc. A. A. P. T. Vol. 21, Pág. 218, 1952.
- 15— C. L. Ruiz y B. Dorfman. Sobre la Medida de la Compactación y de la Compactabilidad de las Mezclas Asfálticas de Tipo Superior. XV Reunión del Asfalto, 1968.
- 16— A. R. Lee y A. H. D. Markwick. Road Research Lab. Bituminous Materials in Road Construction. London, 1962, pág. 135.
- 17— R. G. Hennes. Discusión. Triaxial Testing of Soils and Bituminous Mixtures. A.S. T. M. Spec. Techn. Pub. N° 106, año 1951, pág. 45.
- 18— J. R. Tosticarelli, H. O. Poncino y R. O. Langhi. Evaluación de las Características Físico-mecánicas de las Mezclas Asfálticas mediante Ensayos Triaxiales. XVI Reunión del Asfalto, 1971.

La calificación de los servicios públicos urbanos de transporte de pasajeros por automotor

Por el Ing. EZEQUIEL OGUETA

En oportunidad de efectuarse el Estudio del Transporte del Partido de La Matanza, provincia de Buenos Aires, realizado por el Departamento Vías de Comunicación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, por encargo de la Secretaría de Estado de Transporte, se desarrolló una cuestión técnica que a nuestro juicio merece ser comentada.

Se trata de la calificación del nivel de servicio que prestan los ómnibus y microómnibus en la ciudad de Buenos Aires.

La provisión de sistemas públicos de transporte de pasajeros por automotor en áreas urbanas plantea a los responsables de su funcionamiento y control, el problema de ajustar los servicios a la demanda en forma tal que los usuarios reciban un trato lo más adecuado posible a sus requerimientos.

Esos requerimientos se concretan en las siguientes variables:

- Economía
- Facilidad de acceso
- Frecuencia
- Velocidad
- Número de trasbordos y facilidad de éstos
- Seguridad
- Confiabilidad
- Comodidad.

Analizaremos por separado la incidencia de cada una de ellas.

a) Por **economía** entendemos la valoración monetaria de la tarifa en relación con el servicio que recibe el usuario medio, juzgada en función de sus ingresos y de la parte de éstos que él suele destinar a transportes.

Los servicios públicos de transporte de pasajeros tienen en general, tarifas reguladas, que fija el Estado de acuerdo con los prestatarios de los servicios. En consecuencia, no existe posibilidad de competencia tarifaria ni aún en aquellos tramos en que los recorridos se superponen. Por esa razón el precio del servicio para los usuarios es responsabilidad directa del Estado. La fijación de tarifas debe basarse en la consideración de los costos de operación de las líneas y de las características de utilización del sistema por parte de los usuarios. Comentaremos brevemente estas últimas.

Las características de utilización de los servicios de transporte de pasajeros por automotor

quedan definidas en función de los diagramas de carga horaria de las líneas y los correspondientes diagramas de trabajo (figs. 1 y 2). El primero establece la modalidad de uso de la línea en cada hora del día, y el segundo define su utilización en cada punto del recorrido. En base a esos diagramas se deducen las relaciones indicadas en la tabla II, utilizando las variables indicadas en la tabla I. De esas relaciones interesa especialmente la ocupación por vehículo-kilómetro (p_{vk}) que relacionada con el **costo de operación de la línea por vehículo-kilómetro** (g), da el **costo de operación por pasajeros** (g_p):

$$g_p (\$/pas.) = \frac{g (\$/veh-km)}{p_{vk} (pas/veh-km)} \quad (1)$$

El centralor de la rentabilidad de la línea y de la economía de los usuarios se realizará teniendo en consideración los procedimientos

n_1 = número de boletos vendidos del primer escalón tarifario

x_2 = precio del boleto para el segundo escalón tarifario

n_2 = número de boletos vendidos del segundo escalón tarifario

x_1 = precio del boleto para el escalón tarifario i

n_i = número de boletos vendidos del escalón tarifario i

con el costo de operación por pasajero (g_p) calculado según (1), en la forma que se indica a continuación:

$$R = \text{rentabilidad de la línea} = \frac{t (\$)}{g_p (\$)}$$

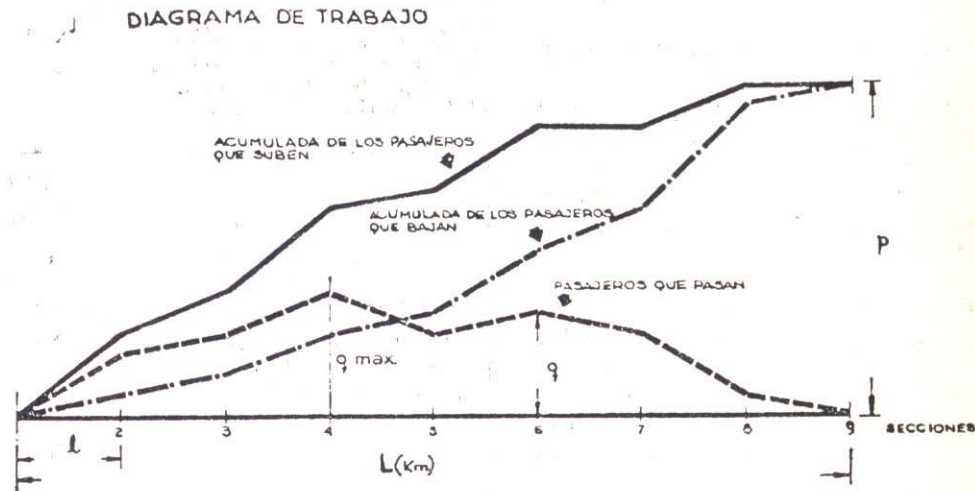


Fig. 1

de fijación de tarifas expuestos y comparando la tarifa media por pasajero (t), obtenida como promedio ponderado de los boletos vendidos de cada valor:

$$t (\$) = \frac{x_1 \cdot n_1 + x_2 \cdot n_2 + \dots + x_i \cdot n_i}{x_1 + x_2 + \dots + x_i} \quad (2)$$

donde:

t = tarifa media por pasajero

x_1 = precio del boleto para el primer escalón tarifario

b) La **facilidad de acceso al medio** con la que el usuario puede acercarse a él desde el origen de su viaje, o bien llegar desde el medio de transporte a su destino, condicionan en mayor o menor medida su utilización.

La medida de la facilidad de acceso debe basarse principalmente en el número medio de cuadras caminadas desde el origen del viaje hasta el medio y desde este hasta el destino. Sin embargo no deben desestimarse las características del camino a recorrer, que en zonas de escaso desarrollo urbano, puede presentar

dificultades de importancia, especialmente si las condiciones climáticas son adversas.

c) La **frecuencia** con que se desarrollan los servicios determina el tiempo de espera y éste condiciona la utilización del medio. El tiempo de espera más probable en horas normales puede considerarse igual a la mitad de la separación en tiempo de los vehículos, o sea, la inversa de la frecuencia, pero en horas pico, la posibilidad de que el vehículo haya colmado su capacidad aumenta el tiempo probable de espera.

La frecuencia surge de la consideración conjunta de la demanda y de la capacidad de los vehículos. Por diversas circunstancias históricas y prácticas, para el transporte de pasajeros a corta distancia en el área metropolitana de Buenos Aires, se utilizan microómnibus de una capacidad media de 20 pasajeros sentados. La capacidad total de cada uno de esos vehículos es difícil de determinar ya que el número de pasajeros de pie puede variar entre límites imprecisos. En consecuencia la frecuencia debe valorarse según las características de la demanda, servida en condiciones razonables de comodidad. Cumplida esta última premisa, no puede modificarse la frecuencia sin afectar la economicidad del sistema.

d) La **velocidad** de los automotores que prestan servicios públicos de transporte de pasajeros en áreas urbanas está condicionada por las características de las vías que recorren y por la disposición y frecuencia de las paradas de ascenso y descenso de pasajeros.

Toda vía tiene una velocidad de circulación que le es propia, en función de sus características físicas, tales como ancho de la calzada, condiciones del borde de ésta, características de las intersecciones, tipo de señalización, y de las características del tránsito que la utiliza, en especial las referidas a su volumen y composición.

En consecuencia, si bien la velocidad es un factor importante en relación al nivel de servicios que pueda prestar un sistema automotor de transporte público de pasajeros, está condicionada por las limitaciones expresadas, que cobran particular importancia en zonas urbanas.

e) La bondad de un sistema de transporte de pasajeros radica, entre otras condiciones, en que brinde la posibilidad de trasladarse desde un origen dado hasta cualquier destino en el área servida por el sistema, con un mínimo de trasbordos.

La necesidad de combinar los servicios de varios medios o líneas de transporte implica un aumento de la resistencia al viaje, en forma proporcional a la distancia a recorrer entre ambas terminales y al tiempo de espera en la segunda de ellas.

El recorrido entre terminales debe caracterizarse no sólo por su longitud, que es un

LINEA NUMERO, 113 0
NO. DE VIAJES= 20

DIAG. DE TRABAJO PROMEDIO (IDA)

SECCION...	1	2	3	4	5	6	7	8	9
NO. P. SUBEN	0	520	705	897	1207	1502	1734	1874	1901
NO. P. S. PRM	0	26	35	44	60	75	86	93	95
NO. P. BAJAN	0	169	327	436	750	995	1244	1539	1901
NO. P. B. PRM	0	8	16	21	37	49	62	76	95
NO. P. PASAN	0	351	378	461	457	507	490	335	0
NO. P. P. PRM	0	17	18	23	22	25	24	16	0
T. MINUTOS.	0	10.3	9.1	10.0	10.1	10.6	10.5	7.1	7.1
VE. KM/HORA	0	16.3	18.3	16.8	16.5	19.1	19.3	21.9	23.6

1 * BARRANCAS DE BELGRANO

2 * . + PAMPA 3.700

3 * . + CHORROARIN 400

4 * . + GAVILAN O BOYACA 1.600

5 . * + PLAZA FLORES

6 . * + RIVADAVIA 9.500

7 . * + AVDA. GRAL. PAZ

8 . * + MOSCONI 1.800

9 . * PLAZA SAN JUSTO

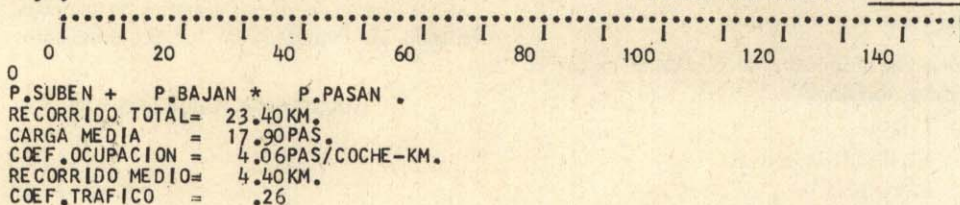


TABLA I
VARIABLES UTILIZADAS EN EL DIAGRAMA DE TRABAJO

Denominación	Unidad	Variable	Observación
Número de viajes	No	n	—
Número de pasajeros que pasan por cada sección de la línea (ordenada del diagrama de trabajo).	No	q	Para un viaje.
	No	Q	Acumulada en n viajes.
	No	$q = \frac{Q}{n}$	Promedio en n viajes.
Número máximo de pasajeros que pasan por la línea (ordenada máxima del diagrama de trabajo).	No	q máx	Para un viaje.
	No	Q máx	Acumulada en n viajes.
	No	$q_{máx} = \frac{Q_{máx}}{n}$	Promedio en n viajes.
Número total de pasajeros transportados por la línea.	No	p	En un viaje.
	No	P	En n viajes.
	No	$p = \frac{P}{n}$	Promedio en n viajes.
Longitud de una sección	Km	l	
Longitud de la línea	Km	L	
Número de asientos por vehículo.	No	a	En un viaje.
	No	A	En n viajes.

Tabla II - RELACIONES DE TRAFICO

Denominación	Expresión		Unidad
	Para n viajes	Para un viaje	
Relación fundamental.	$K = \frac{P}{Q_{\text{máx}}}$	$k = \frac{p}{q_{\text{máx}}}$	—
Coefficiente de tráfico.	$F = \frac{1}{K} = \frac{Q_{\text{máx}}}{P}$	$f = \frac{1}{k} = \frac{q_{\text{máx}}}{p}$	—
Número de pasajeros-kilómetros.	$P_k = \int q \, dl$	$p_k = \int Q \, dl$	pas-km
Recorrido medio.	$D = \frac{P_k}{P} = \frac{\int q \, dl}{P}$	$d = \frac{p_k}{p} = \frac{\int Q \, dl}{p}$	km
Carga media.	$C = \frac{P_k}{nL} = \frac{\int Q \, dl}{nL}$	$c = \frac{p_k}{L} = \frac{\int q \, dl}{L}$	pasaj
Ocupación por vehículo-kilómetro.	$P_{vk} = \frac{C}{D} = \frac{P}{nL}$	$p_{vk} = \frac{c}{d} = \frac{p}{L}$	pas/veh-km
Ocupación por asiento-kilómetro.	$P_{ak} = \frac{P}{AL}$	$p_{ak} = \frac{p}{a \cdot L}$	pas/as-km
Indice de línea.	$I_l = f \cdot L$		
Indice del vehículo.	$I_v = \frac{c}{g}$		
Costo de operación por vehículo kilómetro.	$g = \frac{G}{nL} = \frac{G_F + G_V}{n \cdot L}$		\$/veh-km
Costo de operación por pasajero.	$gp = \frac{g}{p_{vk}} = \frac{I_l}{I_v}$		\$/pas-km

Nota: Las relaciones para un viaje medio se calculan dividiendo por *n* el resultado obtenido para *n* viajes y se designan con la misma variable utilizada para un viaje a la que se superpone un guión.

factor fundamental, sino por las demás características que hacen a la comodidad del desplazamiento, tipo y estado de conservación de las veredas, protección de las inclemencias climáticas, etc.).

El tiempo de espera del segundo medio o línea dependerá, por lo general, de la frecuencia de sus servicios, salvo que los horarios de ambos estén coordinados, lo que no es frecuente ni fácil.

Con el objeto de simplificar el análisis pueden reducirse todas las resistencias a unidades de tiempo, valorizando su minimización en relación al tiempo total de viaje. Desde luego, cada línea individualmente no puede favorecer esa condición, máxime cuando sus recorridos requieren la aprobación previa del ente encargado de su control.

En este aspecto que estamos considerando, el área metropolitana de Buenos Aires recibe un servicio que puede considerarse muy satisfactorio. En promedio para toda la Región,

que no puede calificarse de representativo dadas las diferencias que se presentan, pues es una zona muy heterogénea en lo que respecta a los asentamientos de población, se ha verificado una proporción de 1.24 medios por viaje.

f) La **seguridad** en el viaje está medida por la probabilidad estadística de que no ocurran accidentes. Para un mismo medio y en determinada zona esa probabilidad es relativamente constante, por lo que decidida la utilización del medio, los usuarios no la tienen mayormente en cuenta.

En nuestro medio las estadísticas existentes en ese sentido son escasas, heterogéneas en lo que respecta a su forma de obtención y no han sido mantenidas a lo largo del tiempo, especialmente en lo que se refiere a las concernientes a accidentes menores que tienen como protagonistas a los vehículos automotores de transporte público de pasajeros. Pero los pocos elementos disponibles demuestran tasas anormalmente altas.

g) La **confiabilidad** en un medio describe la probabilidad que tiene el usuario de gozar de la prestación prevista. Salvo casos especiales de líneas marginales, en sistemas de transporte de pasajeros bien establecidos el grado de confiabilidad es alto y los usuarios no la toman en consideración. En el área metropolitana de Buenos Aires en particular, salvo casos de excepción motivados por causas de fuerza mayor, tales como condiciones climáticas extremadamente adversas (inundaciones, por ejemplo) o desvíos circunstanciales del recorrido, la frecuencia de los servicios asegura al usuario que obtendrá la prestación deseada, en un plazo razonable.

h) La **comodidad** en el viaje, que representa uno de los factores más importantes a los ojos del usuario, es la resultante de las características físicas del vehículo (tipo de asientos, dimensiones, iluminación y ventilación interior, estética del diseño interior, suavidad de desplazamiento, etc.) y del número de pasaje-

ros que lo ocupa en cada momento. Esta última variable, en relación con la capacidad del vehículo, define la calidad del servicio de una línea determinada. La importancia de este factor exige un tratamiento más extenso, lo que efectuaremos más adelante.

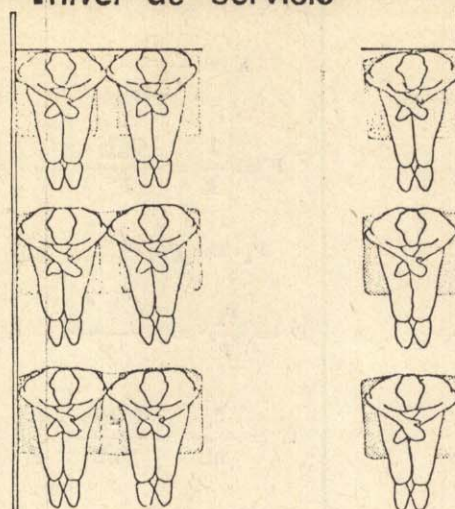
Las variables que hacen a la calificación del nivel del servicio prestado a los usuarios se hallan correlacionadas de tal forma que su participación no puede juzgarse aisladamente. La comodidad del usuario es función directa de la ocupación del vehículo y ésta a su vez se relaciona con la frecuencia de los servicios, la que por su lado influye en términos generales en los costos del transporte. Por otra parte la necesidad de ejecutar combinaciones y la accesibilidad al medio son función de la geografía urbana y consecuencia de la regulación estatal, y si bien hacen a la calidad del servicio, no puede asignarse responsabilidad sobre ellas a su prestatario. La confiabilidad depende, en la mayor parte de los casos, de la responsabilidad de la línea, pero las condiciones climáticas pueden afectar la regularidad de los servicios, especialmente en aquellas zonas de pavimentación deficiente.

La consecuencia es que no deben analizarse las variables independientemente, así como no lo hacen los usuarios. Cada usuario del servicio califica las variables según distintas escalas de valores y esa calificación se traduce en la demanda real dirigida al sistema, entendiendo por demanda la función que describe el número de usuarios para cada nivel de "costos" de transporte, incluyendo en estos no sólo la tarifa monetaria sino también la valoración en dinero de las restantes variables. Esa valoración realmente existe y es evidente en las opciones de los usuarios entre costo y rapidez, entre rapidez y seguridad, entre costo y accesibilidad.

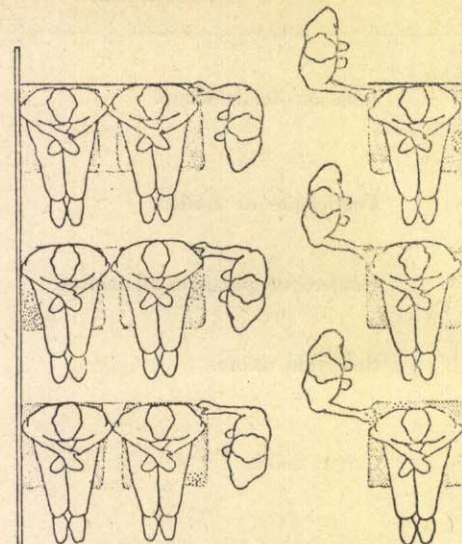
La combinación de calificaciones de las variables puede condensarse en la definición de los "niveles de servicio" brindados por las líneas de transporte, que permiten juzgar su calidad.

El concepto de "nivel de servicio" es similar al establecido para caminos. En estos, "nivel de servicio" expresa la medida cualitativa del efecto de una serie de factores, tales como velocidad, tiempo de viaje, interrupciones, libertad de maniobra, seguridad, comodidad, economía, sobre las condiciones de operación en una trocha o camino, cuando circulan por ella diferentes volúmenes de tránsito (v) y la capacidad de éste (c) (relación v/c). Este criterio puede aplicarse en forma parecida a la valoración del servicio que prestan los automotores en el transporte público de pasajeros. A igualdad de los demás factores, la valoración de la "calidad" del servicio puede expresarse en función de la comodidad con que

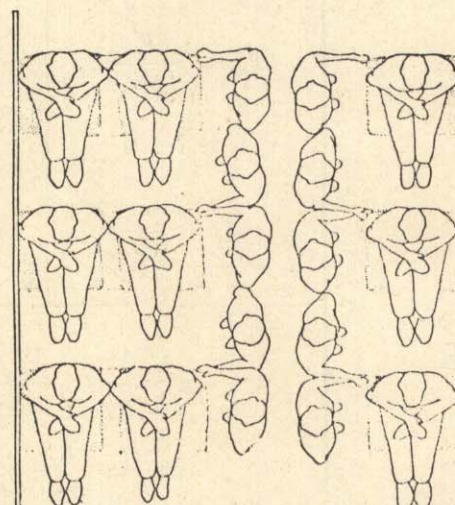
Vista del Interior de un vehículo para cada nivel de servicio



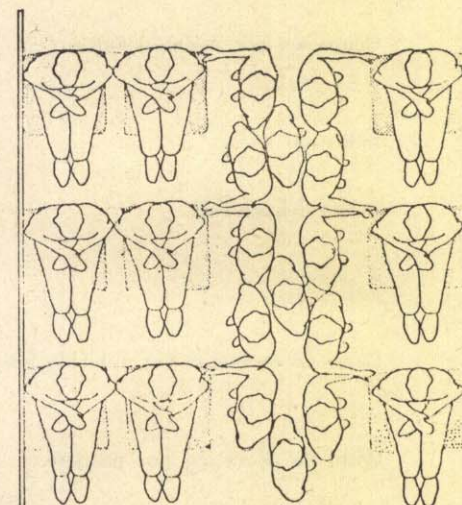
Límite superior del nivel de servicios a



Límite superior del nivel de servicios b



Límite superior del nivel de servicios C



Nivel de servicios d

el usuario realiza el viaje. Esta hipótesis puede sostenerse para el corto plazo y teniendo en consideración que ese factor es uno de los que depende más directamente de los prestatarios, definida ya a grandes rasgos la función demanda por las demás variables, en especial costo y tiempo de viaje. Esto último equivale a decir que se conoce el número de usuarios que utiliza la línea en cada momento, lo cual es bastante difícil de controlar, dado que la demanda no es constante en las distintas horas del día y en los distintos puntos del recorrido.

A los efectos de valorar el nivel de servicio que presta la línea en función de la ocupación del vehículo, se ha definido la siguiente escala:

N_a = Número de asientos del vehículo

N_p = Número de pasajeros en el vehículo

Valor de N_p/N_a	Nivel de servicio
$\frac{N_p}{N_a} \leq 1,0$	A
$1,0 < \frac{N_p}{N_a} \leq 1,5$	B
$1,5 < \frac{N_p}{N_a} \leq 2,0$	C
$2,0 < \frac{N_p}{N_a}$	D

Si bien el nivel de servicio A es el deseable en todos los casos, los niveles de servicio B y C deben aceptarse en las horas de pico o en las cercanías a éstas. El nivel de servicio D

implica una situación incómoda y hasta peligrosa, que debe tratar de evitarse totalmente, aumentando la frecuencia según corresponda.

Los límites de cada nivel de servicio han sido elegidos arbitrariamente sobre la base de la experiencia recogida en los automotores que prstan servicios en el área metropolitana de Buenos Aires, los cuales tienen alrededor de 20 asientos y en los cuales se han llegado a registrar un número de pasajeros igual a 2,8 veces el número de asientos. En la figura 3 se indica la vista en planta del vehículo en cada caso.

En la práctica el criterio expuesto ha demostrado ser eficaz ya que las distribuciones obtenidas coinciden plenamente con las relaciones entre la distribución horaria de los viajes obtenida por medio de una indagación de origen y destino y los diagramas de frecuencia de la línea considerada.

Sirva como ejemplo el análisis de los niveles de servicio verificados en una línea de transporte de pasajeros que utiliza microómnibus de 19 a 23 asientos y que presta sus servicios en la ciudad de Buenos Aires y en el adyacente partido de La Matanza. Su recorrido total es de 23,40 km. y lo realiza en un tiempo de 75 minutos con una velocidad media de 19 kilómetros por hora. La carga media registrada es de 17,68 pasajeros, que en las distintas secciones del recorrido y en las distintas horas del día se distribuye según los niveles de servicio indicado en la figura 4. En ellas puede verificarse que en el trayecto de ida desde Buenos Aires hacia La Matanza, el pico de demanda se produce de 18 a 20 horas.

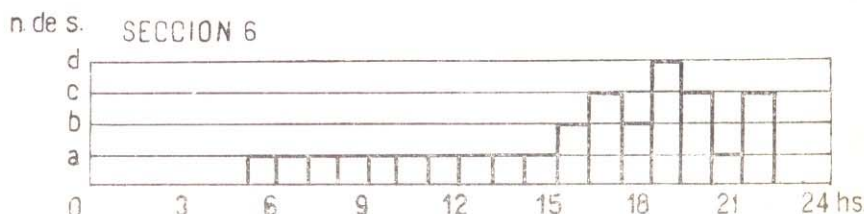
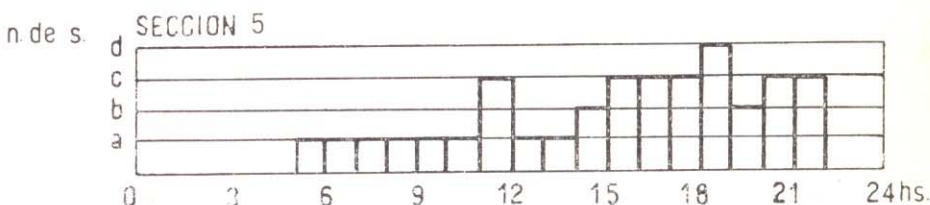
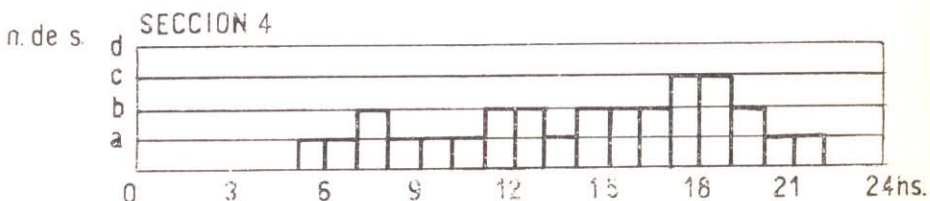
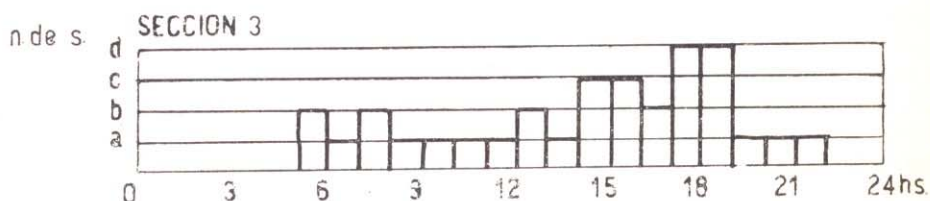
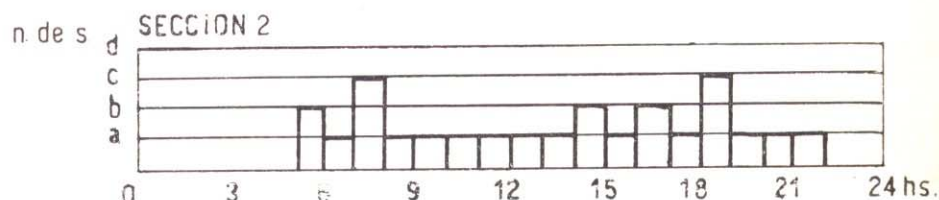
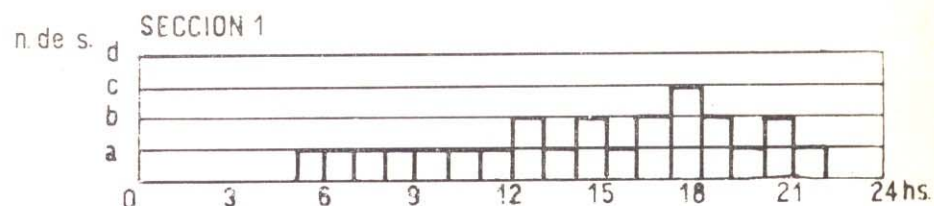
En casi todo el recorrido de la línea y en muchas horas del día se verifican niveles de servicio superiores al "A", o sea que llevan pasajeros de pie. En el recorrido hacia Plaza San Justo (Partido de La Matanza) los niveles de servicios inferiores se verifican especialmente durante el pico de la tarde, alrededor de las 18 horas, y en especial en los servicios 3, 5 y 6.

En el recorrido de sentido opuesto, hacia Barrancas de Belgrano (Ciudad de Buenos Aires) el mayor deterioro de los servicios se verifica durante los picos de la mañana, a las 7 horas; de mediodía, a las 13 horas, y de la tarde temprana, alrededor de las 16 horas, en las secciones 2 y 3 de los dos primeros picos y también en las secciones 4 y 5 en el último.

Con respecto a los resultados obtenidos cabe efectuar algunas aclaraciones. En primer término, un importante porcentaje de los habitantes del partido de La Matanza trabaja en la ciudad de Buenos Aires. Por esa razón los picos del recorrido hacia Buenos Aires se componen principalmente de viajes al trabajo y se localizan en la mañana en los primeros servicios del Partido, mientras que los picos del recorrido de sentido contrario se localizan por la tarde y se componen de viajes de vuelta del trabajo. Los resultados provienen de una muestra que alcanzó el 6,3 por ciento del total de

NIVELES DE SERVICIO.

LINEA N° 113. BARRANCAS DE BELGRANO. PZA.S JUSTO 8 SECCIONES



viajes durante un día hábil de una semana del mes de octubre, que en el área de estudio se encuentra un 3,7 % por encima de la media anual.

RESUMEN Y COMENTARIO

El análisis que precede procura determinar una forma técnica de evaluar y comparar la calidad de los servicios ofrecidos por sistemas existentes de transporte público de pasajero en áreas urbanas.

Juzgar que requieren los usuarios tiene sus dificultades. Sin embargo, en primera aproximación puede considerarse que los valores del servicio pueden desglosarse en los correspondientes a una serie de variables independientes.

Desde luego, dicha hipótesis está sujeta a error ya que el usuario individual toma sus decisiones juzgando el conjunto en un proceso indivisible para nuestro estado de conocimiento. El acotar ese grado de error permite salvar esa dificultad, para lo cual es necesario ajustar modelos matemáticos que incluyan las variables seleccionadas y determinar en qué medida se apartan algunos valores de la muestra de los resultados del modelo que las representa.

El análisis de las variables por separado requiere, en primer término, seleccionar las variables que se utilizarán, y en segundo término, determinar el grado de error que la aproximación implica. La elección de las variables puede efectuarse aplicando el conocimiento empírico que se tiene del problema, cuidando que no se correlacionen.

Las distintas variables que intervienen en el problema, giran fundamentalmente alrededor del tiempo de duración, la economicidad, la comodidad y la seguridad el viaje, y se han esquematizado las relaciones que las vinculan en la tabla III.

La valoración que el usuario efectúa de cada variable se traduce en las opciones que efectúa entre las alternativas que se le presentan para cubrir el trayecto entre determinado par de origen y destino. Del total de viajes que ocurre entre ellos, la división porcentual entre cada una de las alternativas de una opción binaria, representa la variable dependiente. A su vez deben analizarse los casos en que todas las variables independientes (tiempos, costos, grado de comodidad presenten igual valor, con excepción de aquella cuyas características se desean estudiar.

Evidentemente, efectuar este trabajo es arduo y costoso y por eso tal vez no se justifique, en especial por el volumen de los datos que deben manejarse. De allí que se recomiende dejar de lado la mayor parte de las variables para su exclusiva consideración cualitativa. O eventualmente para realizar la cuantificación independiente de las distintas variables.

El análisis simplificado se reducirá al nivel de servicio ofrecido en cada vehículo, y en cada

Tabla III: RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES QUE HACEN A LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS

$$\text{CALIDAD} = f(E; C_m; S) \quad (1)$$

Donde:

C_m = Comodidad E = Economía S = Seguridad

Veamos cada una de estas variables por separado:

$$E = f\left(\frac{1}{T_t}; C/P\right) \quad (2)$$

Donde:

$$T_t = \text{Tiempo total de viaje} = T = T_v + T_{t_r} + T_{ac} + T_e + T_c \quad (3)$$

Aquí es:

T = Tiempo de viaje
 T_{t_r} = Tiempo de transbordo
 T_{ac} = Tiempo de acceso
 T_e = Tiempo de espera
 T_c = Riesgo de espera o confiabilidad
 (en unidades del tiempo)

y además

C = Costo del viaje por pasajero para el prestario.
 P = Precio del viaje para el usuario = Boleto medio ponderado por el N° de boletos de cada precio.

Por otro lado:

$$C_m = f\left(\frac{N_a}{N_p}; A_c; \frac{1}{n \cdot T}; A_{mv}\right) \quad (4)$$

Donde:

N_a = Número de asientos de vehículo
 N_p = Número de pasajeros presentes en el vehículo
 A_c = Factor accesibilidad
 n = Número de transbordos
 T = Factor transbordos
 A_{mv} = Factor ambiente en el viaje

Además:

$$A_c = f\left(1/D_{ac}; A_{ma}\right) \quad (5)$$

D_{ac} = Dificultad de acceso
 A_{ma} = Factor ambiente en el acceso

punto de sus recorridos, medidos como la relación entre el volumen demandado y la capacidad del mismo.

Esto niveles de servicio, de concepto equivalente a los establecidos para describir las condiciones de la oferta y demanda en una obra vial, son como en éstas de fácil cálculo y aplicación, y se les asigna gran importancia para

la evaluación de los distintos medios de los sistema de transporte público de pasajeros en áreas urbanas.

La aplicación de estas técnicas permitirá basar las decisiones de las autoridades pertinentes a la luz de una nueva y fructífera óptica, razón por la cual se recomienda continuar las investigaciones sobre el tema.

Corporación

Cementera

Argentina

S. A.

Florida 1 - Piso 4º

33-1521/28

Buenos Aires



CAMINO DE LAS ALTAS CUMBRES - PCIA. DE CORDOBA

También en Córdoba **ALCANTARILLAS ARMCO**

LAS ESTRUCTURAS **ARMCO** EN SUS DIVERSOS TIPOS CONSTITUYEN LA SOLUCION RACIONAL PARA LA CONSTRUCCION DE ALCANTARILLAS Y DRENES EN CAMINOS DE MONTAÑA. AL REDUCIRSE AL MINIMO EL TIEMPO DE SU CONSTRUCCION, POSIBILITA LA RAPIDA HABILITACION DE LA OBRA CON LAS VENTAJAS QUE ELLO REPORTA A LA COMUNIDAD

Para información adicional:
ARMCO ARGENTINA S. A. I. C.
División Productos Ingeniería
Corrientes 330 - Tel. 31-6215 - Bs. Aires

Sucursales: Córdoba: Humberto 1° 525
Tel. 28157
Rosario: Córdoba 1749 - Tel. 24302

ARMCO ARGENTINA S. A. I. C.

