

# CARRETERAS ECONOMICAS (\*)

Por OLEGARIO LLAMAZARES GOMEZ

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

*El tema de las carreteras económicas, con sus técnicas específicas de proyecto y construcción, presenta singular importancia en nuestra época, ya que es preciso construir muchas vías de este tipo para atender las necesidades de transporte de zonas inco- municadas. El avance en este campo, debido principalmente a los grandes programas de infraestructura de los países del Tercer Mundo, permite definir unas normas de trazado mínimo y unas calzadas de resistencia adecuada, susceptible todo de un acondiciona- miento progresivo de acuerdo con el crecimiento del tráfico.*

*El autor del presente trabajo, miembro de la Delegación Española en el Comité Internacional de Carreteras Económicas, expone en clara síntesis una serie de ideas y recomendaciones sobre las características geométricas y estructurales de estas vías de bajo coste, en su técnica actual, que debe ser considerada en todo su reconocido in- terés para la aplicación en las carreteras y caminos de nuestra red terciaria.*

## 1. DEMANDA Y PLANIFICACION

Todo país debe tener una política vial coherente y coordinada para las redes de distinto rango, cada una con su función específica para servir la demanda de trans- porte automóvil que genera el desarrollo.

Muy raro es que un país no necesite la ampliación de la red terciaria, pues siempre hay, dentro de su geografía, zonas poco desarrolladas que necesitan su- ficientes caminos de penetración o enlace por consideraciones económicas y so- ciales.

El intercambio entre materias primas y productos manufacturados, el transporte general entre centros productores y consumidores que debe extenderse a todos los rincones del país — y para ello no hay sistema tan flexible y económico como la carretera — y la extensión también a éstos de las relaciones humanas y sociales (afectivas, culturales, políticas, etc.) postulan el establecimiento de carreteras eco- nómicas, que deben construirse al más bajo coste posible, de acuerdo con la fun- ción que van a prestar y con posibilidades de ampliación y mejora durante su pe- ríodo de servicio.

La demanda de estas carreteras es cada vez mayor por ese aumento del nivel de vida de que gozan los núcleos rurales y esa toma de conciencia del mundo mo- derno que se da ahora en sus habitantes. Con ello crecen sus inquietudes y ape- tencias estimuladas por una presión publicitaria, a veces exacerbada, cuya muy es- tudiada técnica recurre incluso al sicoanálisis, para conseguir mayor impacto en los clientes potenciales y con ello el empleo mercado que necesita la desbocada producción industrial de nuestros días.

Se ha llegado así a la *affluent society* de Galbraith — a la que todos afluimos con nuestros deseos y nuestro poder adquisitivo — más conocida en Europa como

---

(\*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 31 de enero de 1971.

bre el tema [2] se ve que las cotas límite de este valor del tráfico son 50 y 400 vehículos/día que corresponden a carreteras del Africa Portuguesa y del Brasil, respectivamente. En tan amplia variación juegan, sin duda, aparte del clima del emplazamiento, la calidad del firme, la eficacia de la conservación y la composición del tráfico, o sea la proporción de vehículos pesados.

Prosiguen los estudios hacia una normalización en el aprovechamiento de materiales y características geométricas mínimas, considerando el aspecto económico-funcional, de modo que dentro de los límites más económicos posibles se adapten estas vías al tráfico que deben soportar. El ideal técnico es llegar a una solución suficiente con el precio más bajo.

La experiencia que de modo sistemático va a recogerse en el próximo Congreso de la A. I. P. C. R. (\*) arrojará luz sobre estos temas, dada la gran longitud de carreteras económicas que, en condiciones muy diversas, se han construido en los últimos años. Para conocimiento del lector interesado, reseñamos a continuación los siete puntos sobre los que versa esta información a escala mundial:

1. *Empleo de materiales locales no tradicionales en la construcción de firmes.*—Ejemplos de empleo. Resultados obtenidos. Ensayos de laboratorio. Criterios de recepción de materiales.

2. *Efectos del tráfico sobre los firmes económicos.*—Estimación de los tipos de tráfico (carga máxima por eje, presión de inflado, etc.). Métodos de apreciación del comportamiento del firme. Utilización de los estudios de comportamiento para definir necesidades y procedimientos para la conservación y refuerzo de firmes.

3. *Refuerzo de firmes en regiones de clima tropical y subtropical.*—Métodos de estudio y normas de ejecución.

4. *Formas de erosión.*—Procedimientos de lucha contra ésta. Características geotécnicas que pueden ser índice de la resistencia a la erosión. Relación entre estas características y la capacidad portante de suelos y materiales.

5. *Influencia de las carreteras secundarias en el desarrollo socio-económico.*—Valoración de los efectos económicos y sociales. Criterios de justificación de proyectos. Metodología para la aproximación del problema.

6. *Coste de conservación de las carreteras de tráfico ligero.*—Influencia de la composición del tráfico, del clima, del drenaje, de la sección estructural de la calzada y de los materiales empleados.

7. *Coste del transporte de mercancías en función del tipo de vehículo.*—Influencia del número de ejes y de la carga del eje más pesado.

### 3. EL TERRENO Y EL TRAZADO

Nunca se insistirá lo suficiente en la importancia que tiene el trazado de una carretera — y esto cobra aún mayor valor en los caminos económicos donde la normalización es menos estricta — en la construcción, en la conservación y en el nivel de servicio.

---

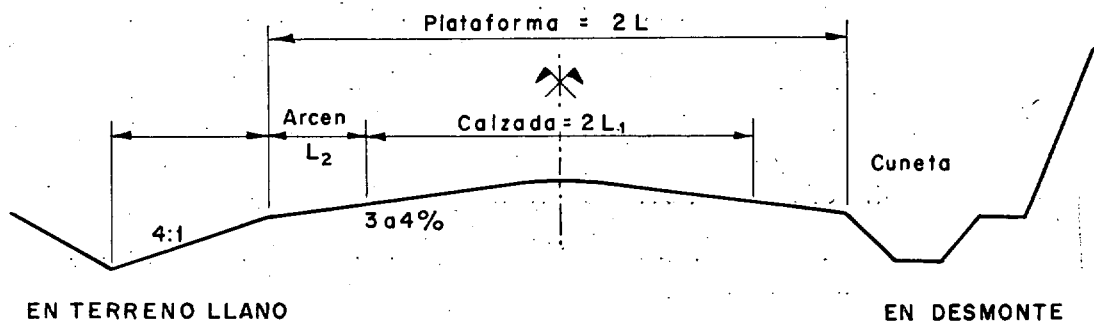
(\*) Se celebrará en Praga en septiembre de 1971.

Se han proscrito ya los trazados antiguos que se ceñían al terreno con un falso sentido de la economía de la obra. Aunque la carretera sea, inicialmente, de muy poco tráfico hay que pensar en el acondicionamiento progresivo y a partir de una traza aprovechable para éste en planta y perfil.

Hay que huir de las laderas erosionables y de los fondos de valle, que presentan graves problemas de drenaje. En el análisis de alternativas hay que elegir los puntos de paso más convenientes, evitando zonas inundables o de desprendimiento y las laderas de la umbría con humedades persistentes y permanencia de nieve en las regiones altas, con difíciles problemas de espaleo.

Fundamental es, también, la naturaleza del terreno y la proximidad de yacimientos de áridos y zonas de préstamos ya que no siempre puede practicarse la compensación volumétrica del perfil por razones de cotá o de la aparición de suelos no tolerables.

### SECCION TRANSVERSAL TIPO



Tráfico	Terreno llano o ondulado			Terreno accidentado		
	2 L m.	2 L <sub>1</sub> m.	L <sub>2</sub> m.	2 L m.	2 L <sub>1</sub> m.	L <sub>2</sub> m.
IMD < 100	10-12	6-6,8	≥ 2	8-9	6-6,8	≥ 1
500 > IMD > 100	7,5-8	5,5-6	≥ 1	7,5-8	5,5-6	≥ 1

Sección acotada de acuerdo con las dimensiones que para sus elementos recomienda el Manual de la UNESCO, según la topografía del terreno e intensidad del tráfico.

Para llegar a una infraestructura estable, dentro de límites económicos, se impone subordinar el estudio topográfico al estudio geotécnico de reconocimiento de suelos y materiales. Un estudio inicial detallado de la topografía y encaje de alineaciones, constituye un pie forzado para el proyecto, esto hace que el estudio geotécnico se limite, exclusivamente, a la zona de la traza definida y con ello pueden perderse buenos suelos y yacimientos de áridos que darían lugar a una obra de menor coste.

La naturaleza de los suelos tiene una influencia decisiva en la explanación y calzadas en tierra, influye en el coste de la obra y en el de su conservación y podemos

citar como muestra los problemas de *blandones* que, a causa de explanadas arcillosas se presentan en muchas carreteras de nuestra red secundaria.

Si el trazado se desarrolla por terreno rocoso el aprovechamiento de los materiales procedentes del desmonte representará una notable economía. Si bien las normas de construcción del pedraplén no serán tan estrictas como en las autopistas es imprescindible cuidar su ejecución y, en todo caso, disponer en coronación una capa de tierra de 50 centímetros.

El proyecto de las carreteras económicas no permite estudios y prospecciones geotécnicas con largas series de sondeos y ensayos de identificación y, por ello, hay que recurrir a procedimientos más expeditivos y económicos: examen del mapa geológico, observación estereoscópica de las fotografías aéreas de la zona, interpretación de las formas de erosión y vegetación. Se podrán así delimitar zonas o *corredores* favorables para el desarrollo del trazado desde el punto de vista geotécnico. El conocimiento de la zona y la experiencia de otras obras de emplazamiento próximo pueden ayudar mucho.

No obstante, no hay que descansar demasiado en métodos esquemáticos e intuiciones gratuitas. Hay que asegurarse de que se rechazan los suelos no aptos, de que se compacta al grado suficiente para evitar posteriores ondulaciones o asentos y de que se cimentan bien las obras de fábrica.

#### 4. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

Las características geométricas de las carreteras económicas son de difícil normalización. La divergencia entre los informes de los diferentes países ponen de manifiesto esta dificultad, que en parte depende de la fase de la vía en el acondicionamiento progresivo a que antes nos hemos referido; influyen también los criterios económicos que definen las inversiones presupuestarias.

Para fijar ideas y refiriéndonos a la última fase, en el aspecto geométrico, citaremos las características límites esenciales que se propusieron en el Congreso de Roma (1963).

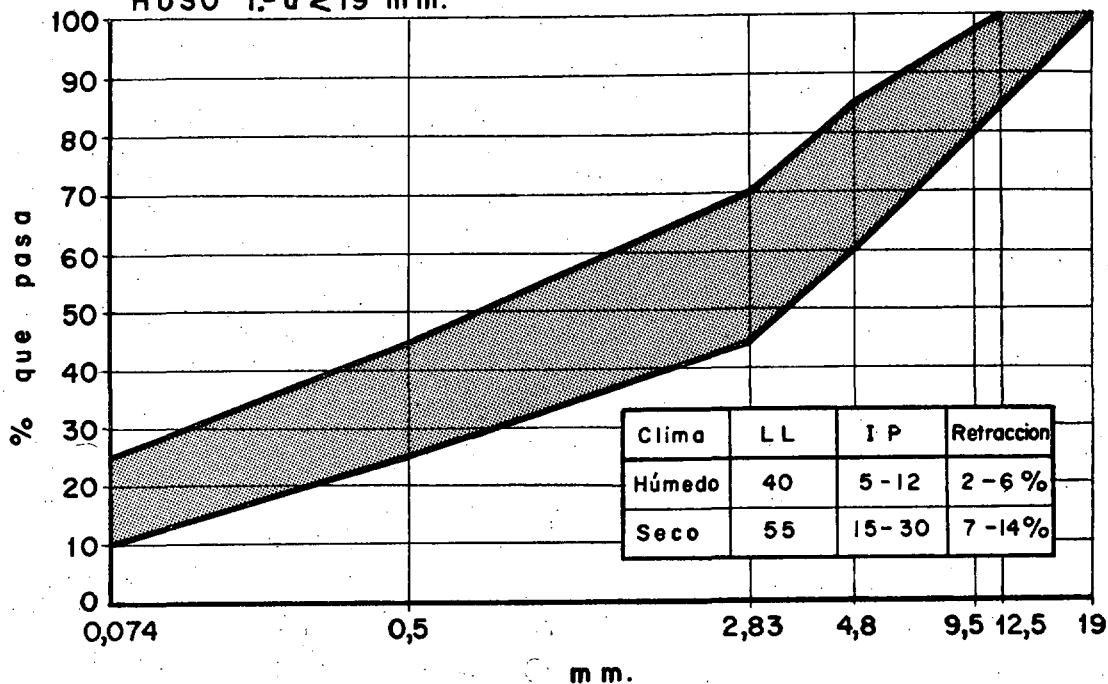
Ancho de plataforma mínimo ... ..	8 m.
Radio planimétrico máximo ... ..	250 m.
Pendiente longitudinal máxima ... ..	8 %
Pendiente transversal ... ..	3 a 4 %

El problema había sido antes analizado con detalle en un informe francés de 1950 [3] que sirvió posteriormente de base a las recomendaciones del Comité Técnico para el estudio de carreteras económicas. A pesar de la antigüedad de estos documentos pueden aún considerarse vigentes en muchos puntos. El ancho de plataforma se definía por un mínimo absoluto de 9 metros para que cuando se llegara a la calzada revestida, con mínimo de 6 metros, quedarán arceles de 1,50 metros. En todo caso, el ancho sería función del movimiento de tierras que exigiera la explanación (\*).

(\*) Excepcionalmente podría bajarse a una plataforma de 8 metros si el volumen de tierras por kilómetro excede de 8 000 m.<sup>2</sup>.

## GRANULOMETRIA PARA CALZADAS NO REVESTIDAS

HUSO 1.-  $d < 19$  mm.



Incluimos a título informativo el cuadro de características que figura en el manual de la UNESCO [1] para dos niveles de tráfico:

CUADRO I. — Características geométricas para diversos tipos de terreno.

I.M.D.	terreno	velocidad (Km./h.)	radio mínimo (m)	pendiente máxima %	longitud de la pendiente máxima (m)	ancho de plataforma (m)
< 100 vehículos/día	Llano.	50 - 60	75 - 110	7	—	7,5 - 8
	Ondulado.	35 - 50	35 - 75	7 - 9	—	7,5 - 8
	Accidentado.	25 - 35	30 - 35	9 - 12	1 000 m si 9 %	7,5 - 8
entre 100 y 500 vehículos/día	Llano.	60 - 80	110 - 190	5	—	10 - 12
	Ondulado.	50 - 60	75 - 110	5 - 7	—	10 - 12
	Accidentado.	35 - 50	35 - 75	7 - 9	750 m si 6 %	8 - 9

Comparadas las características que corresponden al segundo grupo ( $100 < \text{IMD} < 500$ ) vemos que son menos exigentes que los de la vigente Instrucción española (\*) en cuanto a radios en planta y pendientes máximas. Sin embargo, el ancho de plataforma es mayor, con diferencias de hasta 3 metros cuando el terreno es favorable.

Hay que tener en cuenta que nuestra Instrucción se refiere a intensidades inferiores a 250 vehículos/día sin discriminar en grupos de menor tráfico. Comple-

(\*) Cuadro 1.3 de la norma 3.1-IC. Trazado de la Dirección General de Carreteras.

menta esta normativa vigente — y a tal efecto fue preparado — el cuadro de características que incluye nuestro compañero Antonio Linares en la publicación de referencia [4] y que reproducimos en su parte esencial. Considera Linares tres etapas de construcción — correspondientes a tres niveles de tráfico — y tres tipos de relieve para el terreno (\*).

Se tiene en cuenta, como se verá, el acondicionamiento progresivo a partir de la pista o vía mínima que permita la circulación automóvil, con calzada de 3,50 metros y apartaderos de 10 metros a distancia de 300 a 400 metros.

CUADRO II. — Características geométricas para la construcción en tres etapas.  
(A. Linares.)

Grupo I.M.D. veh./día	Etapa A hasta 24			Etapa B de 25 a 49			Etapa C de 50 a 99		
	F.	I.	D.	F.	I.	D.	F.	I.	D.
Terreno (a) .....	F.	I.	D.	F.	I.	D.	F.	I.	D.
Calzada (m.) .....	3,50	3,50	3,00	4,00	4,00	3,50	5,00	4,00	4,00
Arcenes (m.) .....	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50	0,50
Plataforma (m.) .....	4,00	4,00	3,50	5,00	5,00	4,00	6,00	5,00	5,00
Rampas máximas (%) .....	10	12	14	8	10	12	6	8	10
Radios mínimos (b) (m.) .....	20	10	8	30	15	10	40	20	12
Altura libre (m.) .....		4,00			4,00			4,25	
Apartaderos .....	sí	sí	sí	—	—	sí	—	—	—

- (a) Favorable, intermedio, difícil.  
(b) Peralte máximo, 6 por 100.

En todo caso, y como el cuadro prevé, al proyectar un trazado hay que pensar en la posibilidad de su acondicionamiento a medida que crezca el tráfico. Por lo demás se mantendrán los criterios generales de proyecto geométrico, si bien para las carreteras económicas las consideraciones estéticas preocupan mucho menos que en las autopistas; en consecuencia, se pueden adoptar alineaciones rectas más largas, aunque no deben pasar de dos kilómetros para evitar deslumbramientos del conductor por los faros de los automóviles o las puestas de sol.

Para evitar rectas más largas, en zonas llanas se introducirán curvas de gran radio que desvíen el trazado, a derecha e izquierda, con ángulos de 4° ó 5°.

Se deben evitar curvas cerradas después de largas alineaciones rectas, así como rectas cortas entre dos curvas del mismo sentido que pueden ser sustituidas por una curva simple o policéntrica.

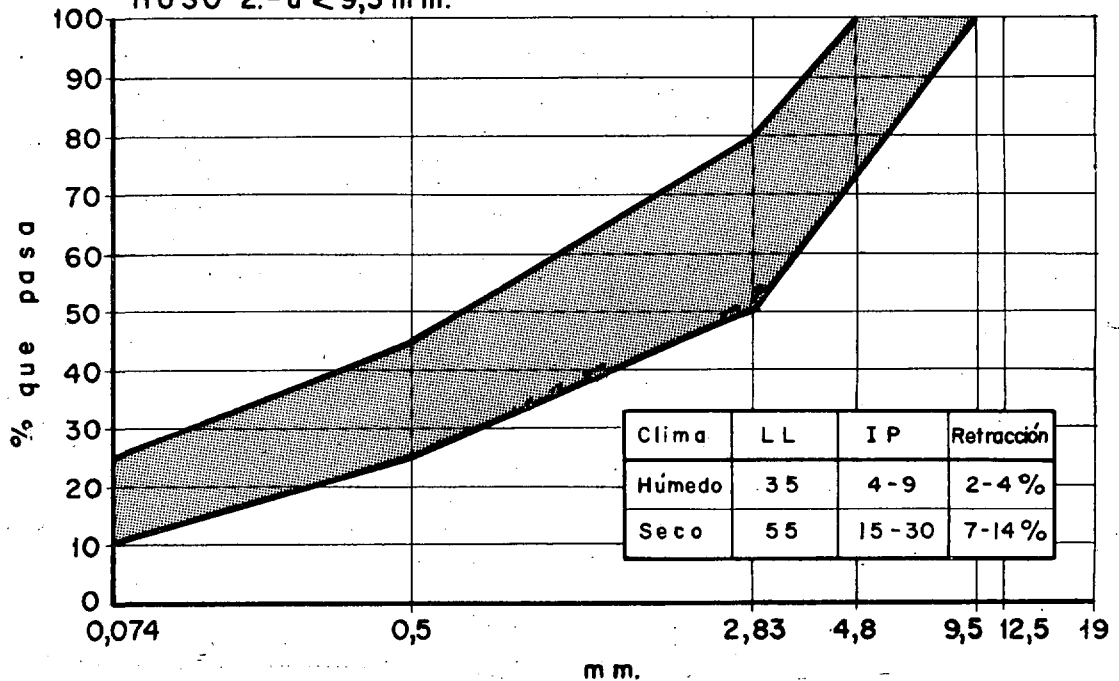
Dos curvas de sentido opuesto deberán enlazarse por una alineación recta cuya longitud dependerá de la velocidad de proyecto y de los radios de las curvas.

El perfil longitudinal influye decisivamente en el coste de la carretera y en el funcionamiento de los vehículos que la recorren y su estudio merece atención. Hay que respetar también distancias de visibilidad suficientes, de acuerdo con la velocidad de proyecto, en los puntos altos del trazado, evitar acuerdos cóncavos muy cortos y adoptar pendientes mínimas del 0,5 por 100 en los tramos en desmonte para la evacuación de las aguas de lluvia.

(\*) Favorable (F), Intermedio (I) y Difícil (D).

## GRANULOMETRIA PARA CALZADAS NO REVESTIDAS

HUSO 2.-  $d < 9,5$  m m.



En los tramos de pendientes más fuertes se limitarán sus longitudes, como se ve en el cuadro I.

Respecto a la sección transversal ya hemos hablado de los anchos mínimos al principio de este epígrafe. También se ha visto la posibilidad de reducir la calzada a un semiancho, o sea, para un carril de circulación. Esta solución es interesante para prolongar las vías de penetración — se puede casi doblar su longitud con el mismo presupuesto de la calzada de ancho total — y válida si el tráfico es inferior a 50 vehículos, pues disponiendo apartaderos para el cruce las detenciones son mínimas.

En el croquis adjunto se detallan los elementos de una sección tipo, definiendo las dimensiones para dos niveles de tráfico. La pendiente transversal para calzadas no revestidas es del 3 al 4 por 100. En estas calzadas toda la plataforma debe ser de la misma estructura. Cuando empezó a crecer el tráfico en nuestras carreteras locales se comprobaron los buenos resultados de extender el recargo de macadán a los arcenes; permite esto una mejor distribución del tráfico y con ello se reduce la concentración de huellas, que es el origen de las roderas.

En las curvas de pequeño radio hay que disponer sobrecanchos que deben llegar a 1,20 metros, si  $R < 50$  m. y el ancho de la calzada es de 5 metros.

### 5. TIPOS DE FIRME

Las obras de explanación no presentan diferencias sustanciales respecto a las de las carreteras de primer orden, salvo que por las menores exigencias en la geometría del trazado los volúmenes por metro de ancho de vía son mucho menores;

también son menores las exigencias de compactación, pero será cuestión de dos puntos como máximo respecto a la densidad patrón.

Los tipos de firme, por el contrario, sí son verdaderamente específicos para las carreteras económicas. Corresponden principalmente a calzadas de suelos estabilizados mecánicamente o por la adición de ligantes hidráulicos. En los últimos años se ha avanzado en la técnica de estabilización química [5], aplicada en diversos países para corrección de suelos plásticos y mejora de su compactación y resistencia a las cargas.

El macadam y las bases de *camazón* o piedra en grueso, que llegaron a la máxima normalización con el conocido *cimiento telford* se van utilizando cada vez menos; muchas zonas carecen de piedra apropiada y en todo caso la ejecución mucho menos mecanizada que la de las capas de granulometría continua tienen los inconvenientes de carestía y lentitud, justamente con el difícil control de calidad y la permeabilidad, sobre todo en el *telford*, causada del reblandecimiento de la explanada con posteriores asientos y contaminación si el terreno subyacente es arcilloso.

La solución más económica es la de firmes no tratados, o sea, a base de suelos o materiales naturales con una granulometría conveniente integrada por grava, arena y una fracción fina de arcilla que colmate huecos y sirva de aglutinante. La proporción óptima de arcilla es diferente en tiempo seco, en que se requiere mayor cantidad para evitar la disgregación y compensar pérdidas por polvo, que en tiempo húmedo en que son de temer los hinchamientos, la formación de barro y la aparición de roderas en las huellas del tráfico.

Las correcciones con material de aportación cuando el suelo natural que se encuentra en la traza o sus proximidades se sale de especificaciones, no tienen problema con un control de laboratorio, que permitirá adaptarse con seguridad a los husos que se definen en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto. En los gráficos adjuntos se definen dos husos granulométricos para capas no revestidas.

Se puede mejorar también la granulometría y la estabilidad de la capa por machaqueo de la fracción gruesa.

Si se piensa proteger el firme con un tratamiento asfáltico superficial, la mezcla de árido y suelo empleada en la capa del firme debe tener una menor proporción de arcilla y debe controlarse con más rigor la plasticidad y la retracción.

Es fundamental, en consecuencia, el control de los suelos, de la traza y yacimientos de áridos para evitar la proporción excesiva de arcilla, que reduce la estabilidad de la capa; además, su ascensión a la superficie crea problemas de barrido previamente a la aplicación del riego asfáltico, y con ello dificultades de adherencia de la capa de rodadura, que puede perderse. No hay que olvidar los peligros de este material fino y plástico en explanada y firme [6], y éste es momento para recordar lo que hace años oí a un viejo ingeniero en California: "Una taza de arcilla puede estropear un camión de grava."

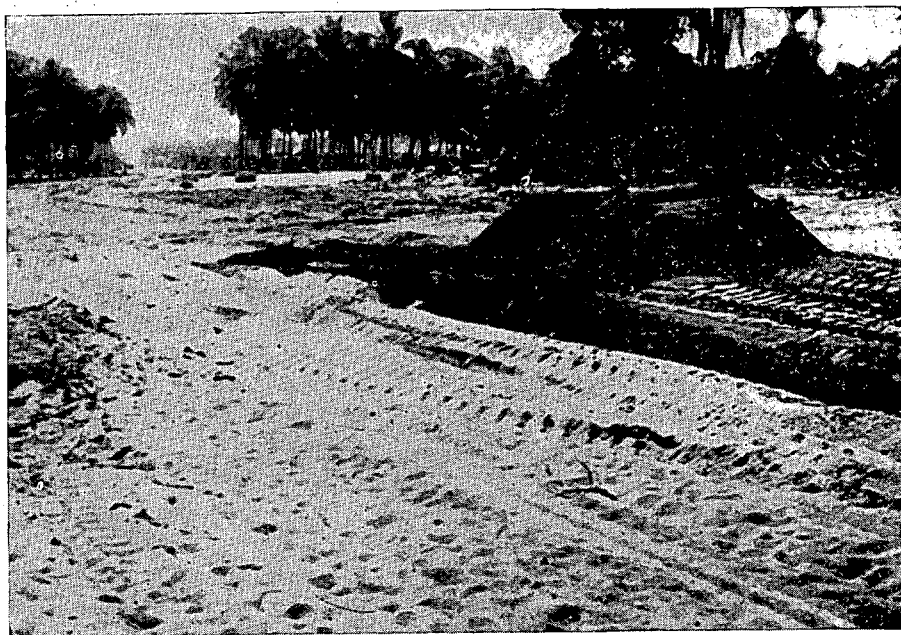
Problemas parecidos pueden presentarse con algunos tipos de gravas procedentes de la meteorización de rocas ígneas; los elementos gruesos aparentemente sanos pueden tener en su interior nódulos descompuestos y se transformarán rápidamente en arcilla bajo el efecto de los agentes atmosféricos [7]; es el caso de las rocas básicas, como el basalto. Estos fallos pueden descubrirse *a priori* por examen mineralógico o exponiendo muestras a la intemperie durante varios meses.



En algunas zonas se han empleado como capas de rodadura para caminos de tráfico muy ligero, arenas arcillosas, por ser el material más económico en zonas carentes de zahorras o depósitos de gravas.

Han dado buen resultado para intensidades medias de hasta 50 vehículos/día. En estos casos los espesores de la calzada deben aumentarse, llegando a 25 centímetros como mínimo, y también hay que considerar un sobreancho de la plataforma porque hay pérdidas por desprendimiento en los bordes.

A una solución parecida se llega por la corrección de arenas de duna con tierras arcillosas de yacimientos próximos, mediante una mezcla debidamente dosificada. Con la composición de estos tipos de suelos se llega a curvas granulométricas aceptables para calzadas revestidas o sin revestir. El estudio de corrección de arenas para su empleo en capas de base en las carreteras de la zona costera de la provincia de Valencia [8] es un ejemplo representativo.



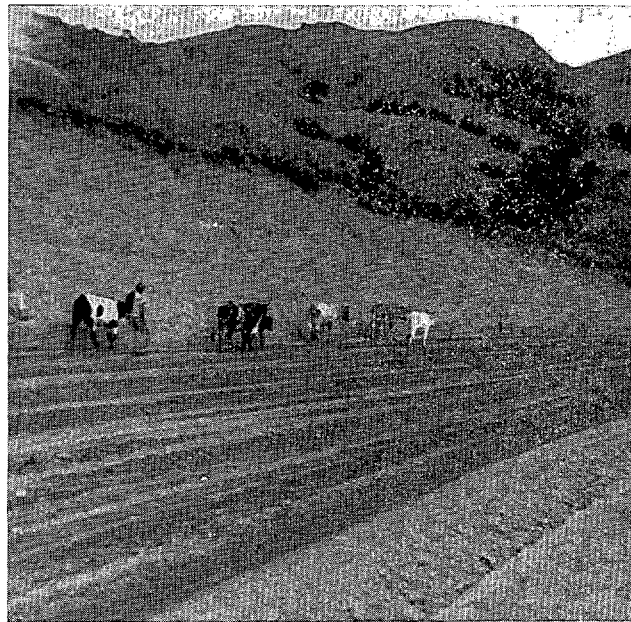
Acopio de arena arcillosa para corrección de la granulometría del suelo natural que es arena de playa. Esta solución se ha empleado en zonas carentes de gravas o zahorras y ha dado buen resultado para tráficos inferiores a 50 vehículos/día, con 25 centímetros de espesor.

Cualquiera que sea el tipo de suelos o materiales empleados, la compactación tiene un efecto decisivo. Se ha comprobado en multitud de casos que un suelo de tipo medio bien compactado da mejores resultados, en capa de rodadura, que un suelo bueno en el que no se cuidó el proceso de compactación. Una serie de efectos favorables por aumento de densidad, impermeabilidad, así como de los contactos entre los elementos gruesos del árido, que colaboran en la estabilidad por fricción interna, son las concausas que dan lugar a un mejor comportamiento de los firmes bien compactados. Las últimas normas recomiendan no bajar del 95 por 100 del Proctor modificado.

La experiencia aconseja el empleo de rodillos de neumáticos para los suelos donde predominan los elementos finos y la cohesión se debe a la fracción arcillosa. Con estos rodillos se recomienda no pasar de capas de 15 cm. Los rodillos lisos han dado muy mal resultado para este tipo de materiales, ya que por su peso se hunden en el suelo y forman cordones de tierra húmeda delante de las llantas, haciendo imposible la compactación. Este fenómeno no se produce con los rodillos neumáticos por la flexibilidad de sus ruedas.

Los rodillos de llanta metálica deben emplearse para capas con elementos gruesos, de modo que puedan conseguirse un buen encaje de éstos. No obstante, es conveniente dar primero unas pasadas con rodillo neumático para conseguir una compactación inicial, sobre todo de los elementos finos, que permita la marcha del rodillo liso en condiciones eficaces.

Por el reducido espesor de estas capas no son de aplicación los rodillos de pata de cabra, que darían lugar al batido y mezcla de la capa superior con el suelo de la explanada.



Explanada preparada para un tratamiento de estabilización química.

## 6. FIRMES ESTABILIZADOS

Incluiremos, para terminar, una somera referencia a los suelos tratados con productos industriales. Pretendemos no extender excesivamente este trabajo, que se dedica a los tipos más económicos de carreteras; bien es verdad que a veces y por la imposibilidad de encontrar materiales naturales a distancia económica de transporte, es preciso llegar a la adición de ligantes o tratamientos correctores, según en otras ocasiones hemos expuesto [9] y [10].

La técnica de estabilización con cemento es bien conocida en España, donde los últimos años las mezclas de características normalizadas: *grava - cemento* y *suelo estabilizado con cemento* se han empleado en las capas base y sub-base de casi todos nuestros tramos de autopistas. La dosificación de cemento varía entre el 3 y el 7 por 100, límites que corresponden a suelos muy arenosos o muy arcillosos.

La mezcla puede hacerse en central o *in situ*. Aun en las carreteras económicas se tiende a mecanizar el mezclado, pues por procedimientos manuales es muy difícil la distribución uniforme con dosificaciones de menos de 10 Kg./m.<sup>2</sup>.

En la estabilización con cal es preciso la presencia de elementos arcillosos en el suelo para que se produzca la reacción de fraguado. Las normas exigen un 15 por 100 de finos — partículas inferiores a 0,5 mm — y un índice de plasticidad superior a 10. Deben cuidarse especialmente las condiciones de humedad, temperatura, grado de compactación y proceso de curado.

Como reciente aplicación española del tratamiento con cal en calzadas de poco tráfico, citaremos la llevada a cabo por el Servicio de Conservación de la Jefatura Provincial de Carreteras de Madrid, bajo la dirección de nuestro compañero Roberto Alberola, a quien debemos esta información.

Se adoptó este método para reparar carreteras con IMD, comprendidas entre 50 y 250 vehículos; el firme era de macadam, con abundancia de baches y contaminado por material fino plástico.

Se escarificó en una profundidad de 10 a 12 centímetros y se hizo la mezcla *in situ*, a base de 4 kilogramos de cal viva por metro cuadrado, utilizando una motoniveladora de 125 CV. Después del nivelado y perfilado con ésta, se compactó con un rodillo estático (16 Tn.) y otro vibratorio (4,5 Tn.).

El rendimiento diario medio fue de 500 metros y el coste de 17 ptas./m.<sup>2</sup>, de las cuales 5 corresponden a la cal y el resto a maquinaria y mano de obra.

Las estabilizaciones con ligantes asfálticos están indicadas para suelos arenosos donde no haya posibilidad de otro tipo de corrección más económico. Se confía al ligante la cohesión que les falta, y para asegurar la penetración y envuelta se emplean *cut-backs* ligeros (grado 1 a 3), que pueden ser de curado medio o rápido. Las dosificaciones varían del 3 al 6 por 100, según la granulometría de las arenas.

La estabilización química constituye una técnica relativamente reciente, que se va abriendo paso por su economía y sencillez de aplicación. Hasta ahora parece que los productos más empleados son los aceites sulfonados, que se incorporan al suelo con el agua de humectación en soluciones muy diluidas. Su verdadera eficacia se muestra en los suelos arcillosos, en los que reducen el hinchamiento y la plasticidad y aumentan notablemente la capacidad portante de la capa tratada. Así, con el suelo de la traza pueden conseguirse calzadas en tierra para tráfico muy ligero. Con un tratamiento superficial a base de emulsión catiónica pueden soportar mayor tráfico. De ambos tipos de firmes hay ejemplos en España — caminos de Concentración Parcelaria y algunas calles — que muestran la eficacia del sistema.

## 7. CONCLUSION

El problema de las carreteras terciarias que completen el sistema circulatorio del país llegando a las zonas secularmente mal comunicadas, para la explotación de sus riquezas naturales e incorporación de sus habitantes a los niveles sociales y cul-

turales a que es acreedor todo ser humano, requiere un programa de inversiones adaptado a las necesidades del desarrollo y una normalización de las características geométricas y estructurales que permita llegar a soluciones económicas, pero suficientes para el fin a que se destinan.

En este último aspecto puede aprovecharse la experiencia recogida por el Comité de Carreteras Económicas de la A.I.P.C.R. (\*), del que tenemos el honor de formar parte, y cuya función básica es promover y coordinar nuevas técnicas específicas para la construcción de caminos de tráfico ligero.

La preocupación se siente desde hace algunos años en España, y una prueba de ello son las jornadas de Estudio sobre Vías Provinciales, organizadas por la Dirección General de Carreteras, y el Instituto de Estudios de Administración Local, en las que se ha puesto de manifiesto el interés de una planificación general de necesidades y de una Instrucción de Proyectos con sus prescripciones facultativas, para la ejecución de estas carreteras económicas.

Por otra parte, existen ya realizaciones importantes de este tipo de carreteras o caminos, a base de firmes de bajo coste, construidos con nuevas técnicas, por los servicios dependientes de los Ministerios de Obras Públicas y Agricultura principalmente.

Parece, pues, que es el momento de preocuparse por estas técnicas para emplearlas siempre que su aplicación sea aconsejable, saliendo de la rutina tradicional. Los ingenieros que tienen experiencia de ellas deben difundirlas, aportando orientaciones y normas, y los que no la tengan considerar la importancia tecnológica de los nuevos métodos y tenerlos presente a la hora de proyectar y construir las nuevas carreteras económicas de penetración y enlace, que en gran número necesita nuestro país en desarrollo.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] L. ODIER, R. MILLARD, PIMENTEL DOS SANTOS y S. R. MEHRA: "Routes dans les pays en voie de developpement". Manual de la UNESCO. Editions Eyrolles, 2.<sup>a</sup> edition. París, 1968.
- [2] G. MELLIER: "La route en terre. Structure et entretien". Editions Eyrolles. París, 1968.
- [3] BONNENFANT y PELTIER: "Rapport sur une mission en Afrique Noire". Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer. París, 1950.
- [4] A. LINARES: "Normas de proyecto para vías provinciales". II Jornadas Nacionales de Estudios sobre vías provinciales, Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, 1970.
- [5] O. LLAMAZARES: "Estabilización química de suelos arcillosos". Revista Materiales núm. 3, junio 1969. Ministerio de Obras Públicas. Madrid.
- [6] H. NOVAIS-FERREIRA: "Clay content and consolidation". Proceedings of the 7th International Conference on Soils Mechanics. México D.F., 1969.
- [7] L. E. SCOTT: "Secondary minerals in rock as a cause of pavement and base failure". Proceedings of the Highway Research Board, núm. 34. Wáshington, 1955.
- [8] P. F. VENTURA: "Utilización de las arenas de dunas en bases mejoradas". Revista Materiales, número 3, junio 1969.
- [9] O. LLAMAZARES: "Evolución de la técnica de carreteras". Revista de Obras Públicas, enero 1970.
- [10] O. LLAMAZARES: "Nuevas técnicas para la construcción, mejora y conservación de las vías provinciales". II Jornadas Nacionales de Estudios sobre Vías Provinciales. Publicación citada.

---

(\*) Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Carreteras.