

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 8, primero derecha.

CARRETERAS

La importancia grande que en la actualidad tienen las carreteras en todas las Naciones es debida al automovilismo, y á esta causa se debe, según algunos, el rápido deterioro de sus firmes; y hemos dicho algunos, porque ya veremos al ocuparnos de Francia, Nación que marcha en este ramo, como en otros muchos, á la cabeza de todas, y donde se estudia y observa de continuo cuanto con esto tiene relación, que no se puede decir tan en absoluto lo que algunos afirman sobre el desgaste de los firmes, debido al automovilismo; pero á pesar de todo, todas las Naciones se ocupan y preocupan de sus carreteras aumentando los gastos de conservación, y al mismo tiempo preocupándose de aminorar ó suprimir en absoluto el polvo levantado por estos vehículos de gran velocidad que, además de producir un desgaste extraordinario en el firme, es una molestia grande, no sólo para los caminantes, si que también para las propiedades próximas y hasta perjudicialísimo para las plantas.

Los romanos ya nos dejaron modelos de carreteras que imitar, y que aun cuando sus procedimientos se abandonaron, parece se trata de volver á ellos, sobre todo en lo de los cimientos de los firmes en ciertas circunstancias.

Hasta los siglos XIV y XV se puede decir no se vislumbró un principio de organización regular en el servicio de carreteras, y hasta hace dos siglos se puede decir no se llegó á conseguir su organización, que actualmente es muy perfecta; bien es verdad que el número de kilómetros construídos es grande, y, por lo tanto precisaba su conservación con buena organización; la estadística de los Estados europeos acusan 1.600.000 kilómetros de carreteras y caminos, cuyo coste aproximado es de 25.000 millones de francos y en cuya conservación se gastan anualmente unos 800 millones de francos.

Hechas estas ligeras indicaciones, pasaremos revista al servicio de carreteras de varias Naciones, empezando por Francia, que es sin disputa la Nación que posee la mejor red de carreteras y caminos, y que ha estado siempre á la cabeza de todas las Naciones en este ramo, como dice muy bien el distinguido Ingeniero alemán *Von Sersdorff*. El no menos ilustre *Mr. Page* (Estados Unidos) dice: «Modelo que debemos imitar, y es indudable, dice, que la civilización de un país se conoce por el estado de sus carreteras y á la que debemos considerar como la primer constructora de carreteras

y autora del primer tratado moderno sobre construcción y conservación»; también el distinguido *Boulnois* (inglés) manifiesta que el Cuerpo de Puentes y Calzadas desde 1712 hizo de sus carreteras un objeto de codicia para las demás Naciones. Bélgica asegura que las carreteras francesas son las mejores del mundo, y el ruso *Stalpakow* considera á Francia como su maestra, pues al célebre *Bethencourt* debe sus primeras lecciones y organización en el arte de construir.

El alemán *Rottmann* asegura no haber visto en ningún país alquitranadas en tan gran extensión, ni con tan buen resultado como en Francia.

Hemos indicado las diversas opiniones de notables constructores extranjeros, para que se vea la unanimidad de pareceres, organización copiada por varias Naciones y que se trata de copiar por otras que aún siguen apegadas á sus tradiciones.

Según el inglés *W. Rees Jeffreys* (con quien estamos conformes), para obtener el mejor resultado se precisan las siguientes condiciones (las aplica á Inglaterra):

1.º Centralizar y ensayar por el Estado cuanto á la construcción y conservación se refiera.

2.º Un servicio central competente debe clasificar las carreteras en los tres grupos de: (a), nacionales (b), de Condado, distrito ó departamentales, y (c), locales ó vecinales.

3.º Distribución equitativa de los gastos: (a), á cargo del Estado; (b) y (c) repartirlos de tal modo que no cargue indebidamente sobre una ú otra entidad determinada.

4.º La Autoridad responsable de la conservación debe tener suficiente importancia para no dejarse influir por consideraciones ó personas determinadas y disponer de recursos abundantes.

5.º El Estado debe sostener un establecimiento ó Escuela para la preparación de los Ingenieros á quienes confíe la dirección de puentes y carreteras.

6.º Organización de un Cuerpo de camineros de suficiente experiencia.

7.º Obtener los terrenos necesarios por procedimiento sencillo y económico.

1.º Los Poderes, dice *John Stuart Mill*, podrán localizarse, pero para ser de utilidad los conocimientos deben centralizarse. La Autoridad central debe estar en comunicación con las localidades; el progreso marcha lentamente en los países que descuidan centralizar el servicio si se efectúan ensayos; pero como no se publican los resultados, se repiten causando gastos y pérdida de tiempo.

2.° Las carreteras clasificadas en tres categorías serían: las (a), formando líneas principales de comunicación tienen importancia nacional; (b), las que reúnen villas y pequeñas poblaciones, y (c), las puramente locales y sin interés más que para los que habitan en su proximidad; es, por lo tanto, indispensable que el sistema de clasificación sea tal, que no sea posible que una carretera que forme parte de una línea principal sea conservada y tratada como una carretera local.

3.° La cuestión económica es importantísima; dejar á cargo de un pequeño distrito una carretera principal es lo mismo que conservarla defectuosamente; por lo tanto, deben repartirse del siguiente modo:

Las nacionales ó principales á cargo del Estado. Las de los Condados ó distritos ó departamentales deben conservarse por los Condados, distritos ó departamentos, y las vecinales por los Ayuntamientos.

4.° Todas las Autoridades encargadas de los grandes trabajos deben estar investidas de suficiente poder y disponer de los necesarios recursos, á fin de poder tener funcionarios competentes y de gran capacidad, para lo que precisa retribuirlos debidamente, y de este modo se evitaría estén en poder de pequeñas Autoridades la conservación de carreteras importantes.

5.° Para la formación de los Ingenieros, hay que prepararlos, é inútil decir que el Estado debe preocuparse de este asunto; algunos países se han descuidado con este principio elemental, y los funcionarios dedicados á las carreteras no reúnen las condiciones necesarias.

6.° La facilidad de adquirir los terrenos necesarios ó expropiaciones por procedimientos sencillos y económicos evitaría el que los intereses privados se opongan á las mejoras públicas.

Al examinar los procedimientos de varias Naciones, veremos si los métodos empleados están ó no de acuerdo con los principios que dejamos enumerados.

Francia es la única Nación que ha aplicado más ó menos los siete principios enumerados, y el resultado hace ver que las carreteras francesas son las mejores del mundo, según manifestación de varios técnicos extranjeros y según manifestación el inglés *W. Rees Jeffreys*, Secretario de la Asociación para la mejora de las carreteras y de la Unión automovil de Inglaterra é Irlanda y miembro del Instituto de Ingenieros automovilistas.

Francia.

Tiene establecido un servicio central de «Puentes y Calzadas» en el Ministerio de Obras públicas.

Sus carreteras se clasifican de la manera siguiente:

- (a) Nacionales.
- (b) Departamentales.
- (c) Vecinales que comprenden:
 - (a') De gran comunicación.
 - (b') De interés común.
 - (c') De pequeña comunicación.

El número de kilómetros es de 38.179 las (a); 14.564 las (b), y 425.397 las (c); de los que 172.070 pertenecen á (a'); 71.412 á (b'), y 281.915 á (c'), ó sea un total en Francia de 579.915 kilómetros de caminos.

De las nacionales 2.144 están adoquinados, y las departamentales en el año 1870 ascendían á 47.026 kilómetros, pasando la mayor parte, como se ve, al grupo (c).

Las carreteras nacionales se conservan por el Estado; las departamentales por los departamentos, subvencionando el Estado cuando se hacen obras nuevas ó de mejora, y las vecinales por las Autoridades locales. Las (a') y (b') por medio de contribuciones del departamento y Ayuntamientos, y las (c') exclusivamente por los Ayuntamientos.

Las Autoridades tienen recursos suficientes y aseguran los servicios con funcionarios competentes. Existe una Escuela Nacional de Puentes y Calzadas para formar los Ingenieros que han de prestar servicio al Estado, y este es el único medio de proporcionar al país un personal competente de Ingenieros.

Existe un personal competente de peones camineros, nombrados por el Prefecto á propuesta del Ingeniero Jefe, exigiéndoselos las condiciones siguientes: no tener más de cuarenta y cinco años, ser licenciados del Ejército, no tener defecto alguno que les imposibilite para el trabajo, tener certificado de buena conducta y haber trabajado como peones en la construcción ó reparación de carreteras.

Para las expropiaciones se sigue en Francia un procedimiento fácil y económico; se invita á los propietarios por donde pase una carretera á que vendan el derecho de paso; si el precio parece excesivo, el Gobierno nombra un Jurado especial para la tasación, sin apelación; esta ley se llama acto de expropiación ó *desposesión*.

El servicio de puentes y calzadas, bajo la Dirección de carreteras, Navegación y Minas, comprende 6.735 funcionarios, de los que 599 están al frente de los servicios diseminados en toda Francia, y cuyos sueldos se elevan á francos 15.500.000; estos funcionarios la mayor parte son Ingenieros; hay, además, de 9 á 10.000 peones camineros, cuya retribución media es de 800 francos anuales, ó sea un total de 7.443.000 francos.

La longitud de carreteras nacionales es 38.179 kilómetros, de los que 2.144 están adoquinados.

El gasto de conservación durante el año 1908 se repartió del siguiente modo:

Adoquinado.....	8 por 100
Afirmado.....	39 por 100
Cilindrado.....	4 por 100
Riego y barrido.....	19 por 100
Camineros.....	29 por 100
Gastos diversos.....	1 por 100
Total.....	100 por 100

Además, para reparaciones ordinarias había una cantidad de 2.607.375 francos, haciendo un total de 30.614.700 francos, ó sea 800 francos por kilómetro, sin contar la construcción y conservación de los grandes puentes.

El aumento de gasto en los seis últimos años no fué más que del 5 por 100.

Se observa que á pesar de ser las carreteras nacionales con seguridad las mejores de Europa, su conservación, sin embargo, no pasa de 800 francos por kilómetro.

Las carreteras departamentales y vecinales no llegan al grado de perfección de las nacionales.

Las pendientes, en ciertos y determinados casos, llegan hasta el 8 y 10, encontrándose en algunas carreteras antiguas el 15 y 17.

La conservación tiende á hacerse por recargos generales cada tres, cuatro ó cinco años, según las circunstancias, empleando siempre el cilindro de vapor de frenos de 12 á 17 to-

neladas y el cilindro de tiro animal de 4 á 7 toneladas en los caminos vecinales.

En cuanto á coste de construcción, varía de 15.000 á 30.000 francos, llegando en algún caso á 35.000 y 45.000 en las nacionales.

En las departamentales el coste medio varía de 10.000 á 30.000 francos, 7.000 á 15.000 en las de interés común, y 5.000 á 6.000 francos en las vecinales.

Sometidas á la fuerza centrífuga en las curvas con velocidad de 50 y más kilómetros los automóviles, existe un gran riesgo de volcar, así es que algunos Ingenieros precorizan el peralte, como en los ferrocarriles, de 0^m,04 á 0^m,05 en la mitad exterior, peralte que hasta el presente se ha aplicado muy poco, pues tiene el defecto de alterar la regularidad de la carretera y exigir uniones complicadas de la recta con la curva.

Los daños y desgastes ocasionados en las carreteras por la circulación de automóviles ¿son tan acentuados, y, sobre todo, tan grandes como se dice?

De los estudios y observaciones llevados á cabo en Francia, tanto en los departamentos como en el servicio vecinal, están de acuerdo en manifestar que el mayor inconveniente de esta circulación es el polvo levantado y el desgaste que esto ocasiona, sobre todo en las curvas; en 32 departamentos no se ha manifestado degradación importante; de los datos tomados y estudiados, parece resultar que precisa una circulación, por lo menos de 40 auto diarios para poder atribuir á éstos un desgaste especial, y que en circulaciones inferiores no se han manifestado degradaciones importantes.

Las secciones de carreteras con esta circulación ó mayor son muy limitadas y no pasa de 2.000 kilómetros en toda Francia, lo que representa una parte muy pequeña dado el número de kilómetros existentes en la República vecina, esto demuestra que por el pronto no debe ser objeto de preocupación y hacen confirmar la opinión francesa de que la carretera actual servirá aún mucho tiempo para la circulación de automóviles con ligeras mejoras, y que la *carretera del porvenir* sólo en algún caso particular [tendrá aplicación, sin que en mucho tiempo tienda á generalizarse.

En cuanto á la conservación, se puede decir no dejan nada que desear, pues habiendo atendido siempre con esmero este servicio, sin haberlo abandonado por ningún motivo, resulta que su conservación actual, á la que sin duda se sigue atendiendo, no ocasiona un gasto relativamente grande comparado con otras Naciones, sobre todo con Inglaterra, á pesar de gastarse cantidades de alguna importancia en los alquitranados en grande y en algunas otras mejoras.

Inglaterra.

La primer ley sobre carreteras del año 1555 obligaba á las parroquias á la prestación personal durante cuatro días del año para la conservación de sus caminos; en 1532 se dispuso que las corrientes de agua se dirigieran hacia las cunetas; en el año 1663 se estableció el peaje, y posteriormente y hasta el siglo XVIII nada nuevo se dispuso.

Mr. Arthur Young habla en el año 1770 de las *carreteras infernales* del Norte de Inglaterra, en las que las rodadas, de cuatro pies de profundidad, estaban rellenas de barro. Ya en 1809 encontramos en Inglaterra más de 1.000 agentes dedicados á la conservación y reparación, por más que su acción se extendía poco fuera de los círculos de sus

parroquias. Mac Adan en 1818 dió un gran paso en el buen sentido de cuyas resultas de 1820 á 1840 por muchas carreteras, circulaban las postas con cierta velocidad; pues entre *Londres y Holibread*, carretera que construyó Telford, con distancia de 266 vueltas (425 kilómetros), se recorría en coche en veintisiete horas, ó sea una velocidad media de 15 kilómetros. Entre *Londres y Oxford* circulaban al día más de 90 coches y más de 50 entre *Londres y Bath*, todo lo cual indica su buen estado de conservación.

En Inglaterra y en el país de Gales no existe servicio central; las carreteras no dependen de ningún Ministerio, y lo que es más extraño, ni aun del Parlamento.

Si un miembro del Parlamento llevara á la Cámara de los Comunes una proposición sobre la *Great North Road* (gran carretera del Norte), se pasaría á la orden del día, y se contestaría al Diputado que su asunto pertenecía á las Autoridades locales y no al Parlamento.

La clasificación de las carreteras es defectuosa; *main roads* (carreteras principales), y *district roads* (carreteras de distrito); existen *main roads* que sólo tienen una circulación local, y algunas principales son *district roads*. En 1891 la Comisión Real de impuestos locales solicitó que una Asamblea imparcial y competente decidiese qué carreteras debían considerarse como *main roads*; pero esta pregunta está aún sin respuesta.

La repartición de los gastos ocasionados en las grandes vías de Inglaterra y país de Gales es defectuosa y desigual.

Los gastos de conservación incumbe á las localidades, y éstas algunas veces no tienen los recursos precisos. Hasta 1888 la mitad de los gastos para las *main roads* los suministraba el Estado. Este año la contribución fija del Estado se suprimió y fué reemplazada por recursos que se dieron á los Condados.

Estos fondos, llamados *Exchequer contribution* (subvención del Ministerio de Hacienda), aligeraban á los Condados de los gastos generales; desde esta época los gastos para las *main roads* aumentaron considerablemente.

Algunos Condados poseen una gran longitud de *main roads* que sirven la circulación nacional, y los gastos que ocasionan estas carreteras pesan injustamente sobre sus habitantes.

Los *district roads* son conservadas por impuestos de los Consejos de distrito.

Todas las carreteras, bajo el punto de vista de su conservación, son administradas por cerca de 2.000 Autoridades independientes. Á 15 millas de Charing Cross (Londres), 90 Autoridades independientes intervienen, sin que se preocupen unas de otras. Una *main roads* de 20 millas de longitud puede atravesar por puntos de 10 Autoridades diferentes, lo que hace imposible se pongan de acuerdo para una acción común. Ejemplo del mal causado por el conflicto de una con otras Autoridades, es lo siguiente: Londres, cuya extensión y circulación es hoy en día cien veces más importante que hace ochenta años, no ha construido en este tiempo ni una *main roads* nueva.

El Estado no se ocupa de la formación de Ingenieros para las carreteras. Se confía á cualquiera la conservación, sin que tenga los conocimientos necesarios, en un concejo de poca importancia; el técnico tiene varios deberes que cumplir, como la aplicación de las leyes concernientes á la construcción, reglamentos locales, etc., y es más cómodo muchas veces nombrar como Ingeniero á persona versada en

trabajos de arquitectura, más bien que á otro versado en carreteras.

No existen camineros; en algunos distritos se considera esta ocupación muy baja, y se acepta, como dicen allí, antes que ir al hospital, ó Casa de trabajo (*Workhouse*); el salario es pequeño, y, por lo tanto, no acuden los mejores obreros.

Para las expropiaciones, los procedimientos son insuficientes é incómodos. No existe hoy en día ningún procedimiento administrativo para la construcción de carreteras importantes.

Desde la abolición del peaje no se ha construído en Inglaterra ninguna carretera importante, es decir, que unan dos villas distintas.

En 1905-6 los Consejos de los Condados gastaron en conservación y mejora de 27.556 millas (44.089 kilómetros) 62.228.425 francos, lo que daría un promedio, de existir la unidad, de 1.411 francos por kilómetro; pero teniendo en cuenta 4.100 millas de distritos urbanos y 23.456 de rurales, resulta para los intereses que tiene á su cargo los Consejos de los Condados gasta 1.140 francos por kilómetro, mientras que los causados por los distritos urbanos gasta 3.530 francos por kilómetro y 1.070 francos por kilómetro los distritos rurales.

Los gastos vienen en aumento estos últimos años, y tan rápidamente, que del año 1895 al 1906 ha sido de 31 por 100 para las rurales y 9 para las urbanas.

Indicaremos los gastos de algunos Condados:

Essex, próximo á Londres, es 2.600 millas, de las que 189 kilómetros de carreteras urbanas principales y 1.084 kilómetros rurales principales, tiene un gasto medio de 4.160 francos por kilómetro teniendo para este servicio un Ingeniero, un Ayudante principal, dos empleados y 10 Subinspectores.

Redford, 3.000 francos por kilómetro; *Chester*, 2.640; *Deronn*, 1.300; *Kent*, 6.400; *Lancaster*, 6.000; *Sahop*, 1.390; *Warwick*, 2.750.

El Condado de *Kent* es uno de los que más se ocupa y preocupa de sus carreteras, habiendo votado el Consejo grandes créditos para la conservación de sus 960 kilómetros; desde 1905 viene ensayando varios sistemas para suprimir el polvo; para esto ha gastado 100.000 francos en alquitranados en 1907 y ha continuado en 1908, teniendo en la actualidad 320 kilómetros en perfecto estado.

En los siete Condados próximos á Londres, el gasto de conservación ha aumentado en 35 por 100 en los últimos cinco años, y sólo en 1907 el aumento llegó á 48 por 100, aumento exigido por el tránsito de automóviles, cuyo número ascendió en 1904 á 51.549, y en 1907, ó sea tres años después, el número de automóviles matriculados ascendía á 123.973.

En Londres los automóviles declarados ascienden á 30.492.

Se puede ver, por todo lo dicho, que en Inglaterra no hay unidad en el servicio, ni se estudia este asunto con el mismo criterio necesario, y así lo reconocen los Ingenieros ingleses, á pesar de su apego á sus costumbres y descentralización de que gozan estos servicios. Mr. *Ballois-Herode*, Vicepresidente y Tesorero honorario de la *Moter-Union*, ha dicho en el último Congreso de París: «Creo que el problema de la conservación de carreteras en Inglaterra es importantísimo y que no puede ni debe resolverse por los Condados y parroquias. Las carreteras principales deben estar bajo la Autoridad Central, y de este modo se evitarían las

anomalías existentes, razón que nos hace opinar que la construcción y conservación de las carreteras es un *servicio nacional* y su plan debería ser dirigido por un servicio central dependiente del Gobierno que abarcara todo lo relativo á este servicio.»

Escocia.

Difiere poco en lo concerniente al carácter de las Autoridades responsables de Inglaterra y Gales. Existen, como en Inglaterra, Consejos de distrito encargados de la conservación. Todas las carreteras rurales son conservadas por los (*district committees*).

En 1905-06 existían 24.615 millas, en las que entendían 222 Autoridades; los gastos ordinarios ascendían á 26.725.150 francos, y 4.506.500 francos de empréstitos.

RUFO G. RENDUELES.

(Continuará.)

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LEVY Á LAS PRESAS VERTEDEROS

Perfil mínimo.

Por todos es sabido que la diferencia esencial entre el procedimiento Maurice Levy y los antiguos métodos de calcular la resistencia de un muro de embalse, consiste en exigir, no sólo que la curva de presiones corte á cualquier junta horizontal dentro de su tercio medio, según antes se preceptuaba con el fin de evitar tensiones en la fábrica, sino que además se impone la condición de que en *ningún punto* del paramento de agua arriba la presión unitaria debida al peso del macizo superior sea menor que la carga hidráulica en el sitio considerado.

Nadie ignora tampoco que el problema de determinar las dimensiones de la sección correspondiente á un perfil dado, con arreglo á la antedicha prescripción, es sumamente sencillo en el caso de *presas de embalse*, pues siendo entonces el nivel máximo del agua remansada el mismo de la coronación del dique, el empuje del líquido sobre cada faja del muro, contada á partir de aquélla, tiene expresión sencilla y su composición con el peso parcial de dicho segmento resulta bastante fácil.

Pero cuando ocurre que la cara de aguas del embalse sobrepasa la cresta del muro, como sucede en las *presas de derivación*, se complican los cálculos establecidos para el caso anterior, de tal manera que hasta la fecha no tenemos conocimiento de que se haya formulado todavía la ecuación general de un perfil que cumpla con la condición de Levy, porque únicamente existe el ensayo de un ilustre Ingeniero español, ya fallecido, que dejó inédita cierta fórmula complicada, con la cual sólo se satisface dicha condición para determinado punto, como es, por ejemplo, el borde anterior en la base de la presa.

Sin embargo, por un procedimiento sencillo y rigurosamente matemático es fácil encontrarle del modo siguiente:

Tomemos para la referencia dos ejes de coordenadas cartesianas, horizontal el uno *ox* en la rasante de la presa, y vertical el otro *oy*, que coincida con su paramento anterior, que suponemos á plomo por adoptarse así de preferencia modernamente.