

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, 6, primero derecha.

MEDIOS DE EVITAR LA FORMACIÓN DEL POLVO Y BARRO

EN LAS CARRETERAS

La gran red de ferrocarriles construída desde mediados del siglo pasado motivó la postergación, por decirlo así, de las carreteras, que quedaron relegadas á segundo término; desde hace doce ó catorce años el desarrollo del ciclismo primero, y del automovilismo posteriormente, ha vuelto á dar gran importancia á estas vías de comunicación.

Los autos con sus grandes velocidades de 40, 50 y más kilómetros, levantan á su paso gran polvareda, molesta en primer lugar para los *chauffeurs* y más aún para los peatones y propietarios colindantes.

Esto ha motivado el estudio de varias sustancias que impidieran ó disminuyeran el polvo; entre los varios medios propuestos y ensayados, figuran en primer término los alquitranados ó embreados.

El polvo puede provenir, bien de los materiales que componen el firme (*a*), arrastrado por el viento (*b*), ó el formado por los excrementos y basuras que provienen de la circulación (*c*).

(*a*) Las carreteras afirmadas, mezcla de materiales duros (piedra) y recebos, aglutinados por compresión enérgica, vienen á formar una mampostería; sobre ésta las llantas de las ruedas obran de diferente modo, según sean *metálicas* ó *elásticas*.

Las metálicas, empleadas generalmente en los carros y carruajes, tienen poca superficie de contacto, y, por lo tanto, la presión es siempre grande, produciendo el *aplataamiento de los materiales* de la superficie y la *desagregación rápida de la masa* del firme; las llantas elásticas obran al contrario: la superficie de contacto es grande y el aplataamiento directo mucho menor; pero la gran velocidad de los vehículos produce el levantamiento del recebo de la superficie, se desagrega el firme poniendo al descubierto las partes más profundas que á la vez se desagregan; el efecto combinado de las llantas metálicas y elásticas produce un rápido desgaste, que, además de lo costoso, produce ese polvo es peso al paso de cada vehículo.

(*b*) Viene á sumarse este polvo con el producido como hemos indicado (*a*), y es imposible evitarlo; por eso se ha

tratado ó estudiado el medio de fijarlo, aglutinándolo por medio de un enlucido.

(*c*) Nada hemos de indicar sobre este punto, pues no es posible ni probable suprimirlo.

Estas consideraciones han obligado el estudio de las condiciones necesarias para suprimir ó al menos disminuir el polvo, y de aquí los ensayos y experiencias hechos con varias sustancias, y principalmente con el alquitrán de *hulla* ó *Coaltar*, que parece reunir condiciones especiales.

Alquitranado.—Empezaron los primeros ensayos el año 88 en el departamento de la Haute Garonne, continuando después en el de Orán el año 96, en California el 98; pero se puede decir que hasta 1902, en que el automovilismo empezó á tomar gran desarrollo, no se hizo nada formal y serio.

Los resultados de los alquitranados verificados en Mónaco llamaron de tal modo la atención del Doctor Guglielminetti, que los Ingenieros de Puentes y Calzadas del departamento del Sena tomaron la iniciativa para la aplicación del alquitrán bajo bases racionales y metódicas.

No presenta en el día la operación del alquitranado ninguna dificultad; sin embargo, no siempre da buenos resultados, puesto que en vez de adherirse, en muchas ocasiones forma un barro oscuro y manchadizo muy desagradable para la circulación, pues á pesar de las reglas generales existentes para obtener buen resultado, como muchos puntos están bastante oscuros ó al menos desconocidos, hay que estudiar los resultados obtenidos sin que se puedan analizar; la experiencia, sin embargo, acabará por presentar reglas más científicas y resultados más satisfactorios.

Bajo el punto de vista higiénico, ha sido tratado en 1905 en la Academia de Medicina de París por M. Alberts Josias, que publicó una interesante Memoria y de la que tal vez algún día haremos un ligero extracto.

La composición, origen y destilación del alquitrán de *hulla* es tan conocido de nuestros compañeros, que no nos detendremos en este punto, y únicamente nos limitaremos á extractar las experiencias de M. Andoin y de M. Vinsonneau. El primero operó con productos de la fábrica de gas de París, deduciendo que dichos productos deben emplearse en caliente, y el segundo se dedicó al estudio de la penetración del alquitrán ó brea en el espesor del firme, deduciendo las conclusiones siguientes:

1.ª El alquitrán debe estar muy fluido y desprovisto todo lo posible de agua.

2.ª Que la temperatura debe elevarse precisamente á 60 ó 70°.

En los ensayos de flexión ha encontrado que el máximo de flecha se obtiene con el alquitrán natural sin agua y el mínimo con el alquitrán reducido al estado de *pasta seca*, y en este estado es quebradizo como el vidrio.

Entre estos límites de muy bueno y muy malo, se clasifican todos los alquitranes según su grado de destilación.

La humedad se opone á la penetración del alquitrán en la masa del firme, y el estudio atento de esta cuestión ha permitido asegurar que el buen resultado de un alquitranado *estaba en función directa de la sequía del firme en el momento de la extensión.*

También se ha observado en los alquitranados que han dado buen resultado que las partes del firme, en los que tenía tendencia á desaparecer primero, correspondía, bien á los baches, en los que el agua se detenía más tiempo que en el resto de la carretera, y por lo tanto estaban menos secos, ó á simples manchones húmedos producidos accidentalmente.

No se insistirá nunca bastante en afirmar la *necesidad absoluta* de tener el firme perfectamente seco para obtener un buen resultado, y la mayor parte de los fiascos se debe en general á la omisión de este principio, demostrado en la Champegne en 1902, donde se alquitranó una carretera ligeramente regada de antemano, y cuyo resultado fué desastroso, puesto que el alquitrán permaneció líquido en la superficie, produciendo un barro sucio y manchadizo; y por el contrario, cuando el alquitranado se ejecuta en buenas condiciones, la acción de las lluvias durante mucho tiempo no produce efecto ninguno, secándose rápidamente.

Hay que observar, sin embargo, que si bien la acción de las lluvias ordinarias no perjudica gran cosa los alquitranados, los periodos prolongados de humedad como nieblas y lluvias continuas, aunque pequeñas, son funestas; se forma un barro negruzco, muy pesado, característico, constituido por una mezcla de polvo del camino en las partes pesadas de la brea, y al quitarlo, aunque sea con el simple barrido, las partes del firme así descubiertas se gastan rápidamente.

En resumen, la humedad parece ser el *gran enemigo* de los alquitranados, é impide la penetración si existe antes de la extensión y precipita el desgaste después.

El calor, en cambio, *facilita* la penetración del alquitrán en el firme, dándole una fluidez más grande, que se acentúa con la elevación de la temperatura, pues parece estar demostrado que el alquitrán penetra por capilaridad, y por lo tanto, cuanto más líquido, está en mejores condiciones para penetrar; los mejores alquitranados han sido siempre los ejecutados en tiempo *muy seco y caluroso*, y aun cuando parece necesaria la existencia del calor, no le es tan en absoluto como la sequía, y la prueba es que en algunas regiones en que los días calurosos son pocos, se han ejecutado buenos alquitranados, tomando alguna precaución para evitar el enfriamiento, pero operando siempre sobre un *firmo bien seco*.

Trataremos ahora ligeramente los diversos métodos de ejecución de alquitranados.

Lo primero que debe hacerse es barrer bien la carretera, para *desembarazarla del polvo é inmundicias*; pero no debe hacerse muy á lo vivo, pues se correría el peligro de hacer desaparecer completamente el recebo de la superficie.

El riego es un buen sistema de limpieza; pero siempre

que se efectúe con la anticipación necesaria para tener la completa seguridad de la sequía del firme en el momento de la extensión del alquitrán.

De dos maneras se hace la aplicación:

- 1.º En caliente.
- 2.º En frío.

Idénticos son los métodos y casi de la misma manera se hace la extensión; tiene, sin embargo, el calor la ventaja de la facilidad del empleo; la fluidez, como se ha indicado, tiene una importancia grande.

Se describirán, sin embargo, los dos métodos separadamente, aun cuando los aparatos empleados sean idénticos ó iguales.

Alquitranado en caliente.

Describiremos con algún detalle el extendido llamado á mano, cuyos aparatos, de poco coste, son fáciles de adquirir.

Las operaciones serán las siguientes:

- 1.º Aprovisionamiento del alquitrán.
- 2.º Calefacción.
- 3.º Extensión.
- 4.º Alisado.
- 5.º Enarenado.

1.º Para evitar pérdidas de tiempo, conviene con antelación llevar á la carretera y depositar en la longitud que ha de enlucirse, el alquitrán necesario, que generalmente se lleva en toneles y en cantidad aproximada de 1^k,2 á 1^k,5 por metro cúbico.

Para la primera extensión, sobre firme silíceo comprimido con apisonadoras de vapor, se ha observado que la cantidad necesaria de alquitrán á 60° será la siguiente, según la temperatura ambiente:

1^k,4 para temperaturas de 8° á 12°.

1,3 ídem íd. 12° á 20°.

1,15 ídem íd. 20° á 25°.

1 para temperaturas superiores á 25°.

Se han empleado varios medios para transvasar el alquitrán desde los toneles á las calderas, medios que no necesitan detallarse.

2.º Según la temperatura, será mayor ó menor la salida del alquitrán, y de varias experiencias llevadas á cabo por Mr. Andoin, se ha deducido que para el mismo orificio de salida y la misma carga el gasto es el siguiente:

Temperatura de 12° á 15°, 40 cm³.

Idem á 50°, 225 cm³.

Idem á 70°, 280 cm³.

Esta última temperatura es la generalmente adoptada.

Para poder manejar con facilidad los depósitos de calefacción no deben tener éstos mayor cabida de 70 litros.

3.º El extendido se hace por medio de regaderas con alcachofa especial, provista de 8 ó 10 orificios dispuestos en línea recta; los orificios de 1 1/2 á 2 milímetros de diámetro; capacidad para 15 á 20 litros; debe estar cerrada por la parte superior para evitar el derrame del líquido y provistos en general de un apéndice para mantener la regadera separada de la superficie del firme durante el riego; es conveniente filtrar el alquitrán al verterlo en las regaderas, para evitar la obstrucción de los orificios de salida.

4.º Debe en seguida alisarse y no *barrer* con escobas suaves ó con rastrillos de caucho.

5.º Se procede en seguida al enarenado, sin que esté bien determinado el papel que hace la arena; parece sirve de ais-

lador y permite abrir rápidamente á la circulación el trozo alquitranado.

De ser posible, es muchísimo mejor esperar uno ó dos días á que se seque el alquitrán sin enarenarlo; pero si es urgente abrir el trozo á la circulación, puede hacerse estando bien enarenado, después de dos ó tres horas.

Observaciones.—Los operarios para andar sobre el alquitrán fresco conviene estén provistos de *suelas de madera*, que no dejan impresión sobre el alquitranado reciente.

Haremos ligeras indicaciones sobre diversos aparatos empleados en alquitranados á mano.

M. Lagueau en Neuilly-sur-Seine hizo uso de un material construido por M. Guillot, consistente en calderas-soportes y hogares movibles.

La caldera de palastro alquitranado de forma cilíndrica, con cubierta y llave especial en la parte inferior para el vaciado rápido, á fin de llenar pronto las regaderas; su capacidad, 75 litros.

El hogar separado de la caldera y montado sobre ruedas.

Las regaderas también de palastro galvanizado y de 15 litros de cabida.

Empleó escobas de coco después de haberlas usado de crin, que no le dieron tan buen resultado.

M. Girardot ha empleado aparatos, si no iguales, muy parecidos á los anteriores.

Conviene frotar con cierta fuerza con las escobas, á fin de que el alquitrán se filtre bien, y es conveniente esperar cinco horas por lo menos, teniendo cuidado de extender el líquido que se detenga en las inflexiones ó pequeños baches, así como llevar al centro el que se escurra á los costados.

Después de dichas cinco horas se recubre de una capa de 3 milímetros de arena, y de no haberla no hay inconveniente de hacer uso del mismo polvo previamente reunido, siempre que esté desprovisto de materias terrosas y extrañas; ha dado buen resultado la mezcla del polvo y arena, y debe extenderse naturalmente de una manera uniforme.

Á ser posible, la circulación debe interrumpirse lo menos doce horas; pero de no hacerlo es preferible alquitranar la mitad de la calzada primero, y cuando por ésta se restablezca la circulación, alquitranar la otra mitad; las dos partes se sueldan perfectamente sobre el mismo eje de la carretera.

El Ingeniero de Puentes y Calzadas M. Baratte, al servicio de la villa de París, empleó unas locomóviles arrastradas por dos caballerías y que calentaban rápidamente el alquitrán de 70° á 80°.

En resumen, los aparatos difieren poco unos de otros y se modifican por los que los han de usar según las condiciones y circunstancias; de todas maneras, hay que operar siempre con rapidez, y en tiempo seco y caliente, razón por la que se han estudiado y ensayado medios mecánicos que permitan operar de prisa; por esta causa los que se han ocupado de este asunto hasta la fecha han empleado diferentes procedimientos para el alquitranado, pero todos bajo el mismo principio: toneles de gran capacidad con regadera y alisado mecánico, á fin de que el extendido sea rapidísimo; sin embargo, los preparativos de aprovisionamiento, calefacción, relleno de las cisternas, etc., siguen siendo lentos, y los estudios prosiguen para perfeccionarlos.

Indicaremos que en el departamento de Ifred (Bélgica) el Ingeniero principal M. Froidure ha utilizado un batidor presentado sobre ruedas que lleva cuatro calderas y que se puede transportar con facilidad por un obrero, y estar, por

lo tanto, al alcance cuando se necesite; este mismo Ingeniero ha suprimido la mano de obra del barrido, adaptando á la regadera una escoba que va extendiendo el alquitrán al tiempo de salir; esta misma regadera-escoba la había ensayado M. Andoin y le fué preciso abandonarla.

Hechas las ligeras indicaciones que anteceden sobre el extendido á mano, nos ocuparemos de los diversos procedimientos mecánicos usados hasta el día.

Procedimientos mecánicos.

En la proximidad de los grandes centros de población las fábricas de gas pueden enviar á los sitios de su empleo grandes cisternas con 4 ó 5.000 kilos de alquitrán á temperaturas de 60° á 70°, lo que simplifica extraordinariamente la operación, que quedará reducida á transvasarlo á toneles de unos 200 litros próximamente, provistos en su parte posterior de un tubo-regadera de 1 á 1,30 metros de longitud, provisto de orificios de 1^m,5 á 2^m de diámetro y separados unos de otros 0^m,05; para el arrastre es suficiente un obrero, que debe empezar por el eje de la carretera, y de esta manera irá trazando bandas de 1 á 1,30 metros, debiendo tener cuidado que éstas se recubran.

El Ingeniero M. Andoin ha ideado un aparato llamado *ametralladora*, que ha servido de modelo á todos los similares construídos posteriormente.

Se componen estos aparatos de un recipiente cilíndrico horizontal de 200 litros de cabida, provisto de un hogar que permite elevar la temperatura del alquitrán á 70° ú 80°; un ingenioso sistema de tubo regadera facilita el derrame del alquitrán sobre el firme, y un juego fijo de rastrillos de caucho verifica la extensión; su arrastre se verifica fácilmente por uno ó dos obreros; su inconveniente principal consiste en el mucho tiempo preciso para llenarlo y calentarlo.

La Sociedad de alquitranados de carreteras (Leassailly y Compañía) se sirve de un aparato más perfeccionado que puede calentar en una hora 2.400 litros de alquitrán. Se compone de un generador vertical colocado en la parte delantera de una especie de camión montado sobre cuatro ruedas, generador destinado á la producción del vapor, que comunica por medio de un tubo con un depósito cilíndrico colocado en la parte posterior del vehículo que contiene el alquitrán, que se calienta por medio de un serpentín colocado interiormente y que recibe el vapor del generador; lleva además un depósito que contiene el alquitrán frío y también una pequeña bomba de mano.

Una vez lleno el depósito de alquitrán, que se vuelve á llenar cada vez que sea preciso por el procedimiento que se crea mejor, todo el resto del funcionamiento se verifica por el vapor, haciéndole circular por el serpentín para calentar el alquitrán hasta la temperatura de 70° á 80°; introducido de nuevo el vapor en el depósito, obra por presión sobre el alquitrán, que le hace pasar por un tubo para empujarlo al exterior; vacío el depósito, el vapor se condensa para aspirar una nueva cantidad de alquitrán.

Esta máquina ó artefacto permite alquitranar 2.000 m.² por hora.

Vinsonneau y Hédeline emplearon un tonel metálico montado sobre dos ruedas para ser arrastrado por una caballería, por obreros ó automóvil, pues los tres modelos están en uso.

Un termosifón calentado por petróleo generalmente

puede elevar la temperatura á 80°; un compresor comprime el aire en un depósito á la presión de 5^k por cm², y este aire comprimido obra sobre el alquitrán para darle cierta presión y uniformidad de salida.

La extensión del alquitrán suele ser el 1,100 á 1^k,300 por m² en dos pasadas; su inconveniente, pérdida de bastante tiempo para llenarlo y calentarlo; posteriormente se ha reformado este aparato, bastando en la actualidad con una pasada para el alquitranado; está provisto también de un aparato protector para evitar la proyección del alquitrán fuera del recinto á alquitranar.

La casa Durcy Solig emplea un aparato idéntico en la esencia á los descritos, y su inconveniente, como todos los calentadores-distribuidores, es su poca capacidad.

Muchas modificaciones é inventos se hacen de estos aparatos, pero todos basados en el mismo principio, y casi todos con idénticos resultados.

Muchos alquitranados se han hecho en Francia, tanto sobre carreteras nacionales como departamentales y en vías de grandes poblaciones, pudiendo deducirse de todos los datos publicados las siguientes conclusiones:

1.° El alquitranado es eficaz para impedir la formación de polvo todo el tiempo que la película superficial exista; es conveniente, por lo tanto, proceder todos los años á su reparación.

2.° El firme impregnado de alquitrán en 8 ó 10 centímetros se conserva en muy buen estado; por lo tanto, hay menos desgaste.

De resultados obtenidos en Francia extractaremos algunos, indicando los lugares de los ensayos.

En la Alta Garona, carretera de Oran á Mers y Hebiz; en Meaux, en 1902, se hizo el ensayo en varias carreteras de más de 2.000 metros y pendientes hasta el 2 por 100, y en vista de sus resultados proseguían los ensayos en 1903; en la carretera departamental núm. 32, travesía de Bucil, en 500 metros; en la nacional, núm. 3, salida de Trelport, en 454 metros sobre el puente y terraplén que le sigue; en la carretera departamental núm. 21, proximidad de Lagny, en 1.200 metros; en la núm. 17 bis, proximidad de Moissil, en 200 metros; en el camino de gran comunicación núm. 5, á la entrada de Bascule, en 268 metros.

Sobre la carretera de Fontainebleau, de cuyos resultados publicó una Memoria el Ingeniero de Puertos y Calzadas M. Borcy en los Anales de 1903.

En Melun, Memoria también publicada en 1904 por el Ingeniero M. Imbs.

M. Girardeau publicó también sobre la desaparición del polvo y barro.

M. Lagueau, lo mismo sobre los resultados en Neuilly-sur-Seine.

M. Baratte, en París, avenida G. Armée y M. Pereire.

M. Farutier y M. Gavrian, en las carreteras núm. 13, en Mantes; núm. 85, en Ville d'Avray y Saint-Cloud, y número 190, en Vesinet.

De todos los ensayos verificados en Francia en estos últimos años se deducen resultados que hemos indicado de que conserva el firme y evita el polvo todo el tiempo que la película superficial exista; y en cuanto á la duración eficaz de un alquitranado, varía según la importancia y naturaleza de la circulación.

En cuanto á precios, indicaremos los que hemos visto y que varían de 0,12 á 0,15, teniendo en cuenta que el alquitrán ó brea no pasa de 50 francos la tonelada.

En cuanto á la cantidad de alquitrán ha variado de 1^k á 1^k,500 por m² en el primer año, cantidad que se reduce á la mitad para años sucesivos.

CONCLUSIONES

Emplear alquitranes completos ó especialmente preparados; que las carreteras tengan un perfil regular y recargadas en el año á las vías, teniendo sumo cuidado el limpiar siempre el firme antes del extendido del alquitrán, y especial cuidado en que esté completamente seco y sobre un firme, á ser posible, bien caldeado, sirviendo siempre de guía para los medios que han de emplearse la cuestión económica.

Se precisa la *conservación* del alquitranado y que por el pronto deben alquitranarse aquellas vías de gran frecuentación de automóviles, ó vías que podemos llamar de lujo, en las que la economía del riego y barrido compense inmediatamente el gasto del alquitranado.

Alquitranado en frío.

El inconveniente del alquitranado en caliente ya hemos visto consiste en el tiempo perdido en elevar la temperatura á los 70° ó 80°, razón por la que se ha tratado de emplear el alquitrán en frío.

Se ha dedicado á este ensayo el Ingeniero de Puentes y Calzadas M. Le Gavriau, sobre todo en el departamento del Seine et Oise, publicando sobre este procedimiento una Memoria, de la que extractamos lo siguiente:

«El calentado sólo tiene por objeto hacer fluir al coaltar para facilitar su empleo, puesto que en frío se extiende muy mal, y su viscosidad impide una rápida penetración; para emplearlo en frío precisa, por lo tanto, darle fluidez, lo que se consigue mediante una mezcla íntima con un aceite pesado, de densidad próximamente iguales; se ha demostrado que mezclando un 10 por 100 de aceite pesado con un 90 por 100 de alquitrán se obtienen satisfactorios resultados; una vez esto conseguido, los procedimientos, tanto manuales como mecánicos, son enteramente idénticos á los descritos para el alquitranado en caliente; los resultados no han sido tan satisfactorios como con el calentado; prosiguieron en 1907 los ensayos, sobre todo en el departamento del Seine, y se ha visto que, á pesar de la mezcla con el aceite pesado, ha sido preciso *calentar* el alquitrán para poder transvasarlo, exigiendo además un alisado enérgico por extenderse con dificultad, y el avance, por tanto, es más lento.

Se han ensayado en las proximidades de París y en el Mediodía de Francia otros procedimientos de alquitranado; el llaman al fuego, ideado por M. Francon, que consiste en extender sobre la carretera una capa de alquitrán y prenderle fuego por intermedio de un hornillo móvil calentado al cok, cuyo hogar dista 0^m 15 próximamente de la superficie del firme y que se pasa sobre el alquitrán.

Los resultados han sido satisfactorios, pero con el grave inconveniente de levantar grandes llamas, y, sobre todo, un humo tan espeso que recubre, lo mismo las plantas como los edificios próximos, de un negro de humo que no desaparece ni con las grandes lluvias, lo que ha hecho se suspendiera este procedimiento en espera de encontrar algún medio que evite este grave inconveniente.»

Nada hablamos del sistema del *tar-macadán*, sistema inglés, descrito con detalle en esta REVISTA, y que no sabien-

do aún su resultado, su precio es tan elevado que no es fácil su aplicación á las carreteras.

Á pesar del desarrollo de los alquitranados, es difícil poder precisar la economía por la disminución del desgaste del firme, y será preciso esperar aún algún tiempo antes de poder establecer resultados ciertos y estables.

Se ha visto, sin embargo, desde hace dos años, en calicatas de varias carreteras con perfiles comparables alquitranados unos y no alquitranados otros, el *menor desgaste* en los primeros; á pesar de esto, ya hemos indicado ser preciso esperar para poder sentar en absoluto una opinión.

Petróleo.

Los primeros ensayos en grande de inyectar petróleo en los firmes se hicieron en los Estados Unidos, en California, región rara en lluvias, y, por lo tanto, de gran sequía en tiempo normal; precisaba, por ello, efectuar riegos en las carreteras, á cuyo efecto se abrieron varios pozos convenientemente distribuidos, para períodos prolongados de sequía; á pesar de los grandes gastos, no fué posible encontrar agua, y en sustitución, el servicio de carreteras determinó reemplazar el agua por los aceites pesados que provenían de los terrenos petrolíferos vecinos; los resultados fueron bastante satisfactorios.

Los preparativos son algo diferentes de los alquitranados.

La temperatura ambiente debe ser elevada, y la aplicación del producto debe hacerse en caliente y á temperatura de 80° á 120°.

Como para el alquitrán, es preferible operar sobre firmes en buen estado, aun cuando tiene para el petróleo menos importancia.

El petróleo parece fijar el polvo sobre el camino, formando una mezcla ó enlucido muy adherente; por lo que precisa no desembarazarse del polvo en absoluto, tanto que algunos Ingenieros operaban sobre el mismo polvo.

En Francia se ha seguido un procedimiento más racional, que consiste en barrer la carretera y colocar el polvo á los costados formando una especie de cordón; se extiende en seguida el petróleo y 15 ó 20 minutos después se recubre la superficie con el polvo recogido anteriormente, aun cuando esta capa debe ser ligera, pues con exceso se forma un barro especial menos adherente que el enlucido protector, y de sobrevenir mal tiempo después de la operación, este barro escurre rápidamente, arrastrando consigo una parte del petróleo; se puede reemplazar el polvo por arena, pero se ha visto dar mejor resultado empleando el polvo.

La cantidad media de petróleo que debe emplearse es de 0,500 litros á 0,800 por m², y el precio oscila entre 0,08 francos y 0,15. Estos petróleos, muy empleados en América, país productor, lo han sido poco en Europa.

Al principio se achacaban al petróleo un mal olor y efecto destructor sobre las ropas y neumáticos; sin embargo, estos temores no eran justificados; el olor desaparece muy pronto, y no se ha demostrado la acción corrosiva sobre los neumáticos de caucho.

Los ensayos más interesantes se verificaron en el departamento de Seine et Oise por M. Panevazi, carretera vecinal núm. 10, entre Versailles y Saint Cyr, y según lo publicado en la revista francesa de Obras públicas de Octubre de 1902, al cabo de un mes no quedaba trazas de petróleo;

bien es verdad que se operó á último de Septiembre, época muy avanzada.

En Ginebra, M. Harcher, Ingeniero de obras de la villa, hizo algunos ensayos y consiguió desde Junio á Septiembre la ausencia del polvo sin necesidad de barrer ni regar. No conocemos más ensayos, que por otra parte no tienen interés grande en Europa, por no ser país productor de petróleo.

También se ha ensayado el mazout ó alquitrán de petróleo, que es el residuo de la destilación, ensayos que se verificaron también en Versailles, y cuyos resultados, parecidos á los del petróleo, han tenido un coste medio de 0^f,19. Resultando, por tanto, buenos para evitar el polvo, pero de muy poca duración (sólo algunas semanas), y su coste superior al del alquitrán, no siendo en el país productor.

Otros varios pavimentos se han empleado, como el de westrumita, odoercol, pulveranto, etc., así como sales delicuescentes, pero todo ello, hoy por hoy, sin resultado satisfactorio, y más bien en período de pruebas que en práctica, razón por la que no nos detendremos en detalles que á nada conducirían.

Hemos seguido en los ensayos lo estudiado y publicado en Francia, pues si bien en Bélgica, Italia, Alemania, América, Suiza é Inglaterra se vienen verificando estos ensayos, sobre todo el del alquitranado, en ninguna de las Naciones se han verificado en la extensión é importancia que en Francia, y, por lo tanto, de aquí hemos podido obtener muchísimos más datos y resultados que en las otras Naciones; en los mismos Estados Unidos los ensayos verificados se operaron sobre pequeñas superficies, sin que hasta la fecha publicaran resultados tan decisivos como los franceses; en España algo se ha empezado á hacer, pero hasta la fecha tan en pequeño y con medios auxiliares tan deficientes que no nos atrevemos á estampar los resultados obtenidos en alguna provincia; en la actualidad se están preparando en varias provincias, tanto del Norte como del Centro y Mediodía, para hacer ensayos en cierta escala de alquitranado, por lo que se han encargado ya al extranjero máquinas y artefactos que permitan hacer esta operación con ciertas garantías.

De otro pavimento daremos algunas noticias, aun cuando por su coste no es propio de las carreteras; nos referimos á los asfaltados; en Francia, Bélgica, Inglaterra y otras Naciones en las que en las grandes villas y ciudades los Ingenieros están encargados de cuanto se relaciona con el saneamiento y pavimentos de sus vías, se han ocupado en ensayar y estudiar los resultados; aquí, si bien en casos muy raros y extraordinarios, como, por ejemplo, en trayectos que por su mucho movimiento no resistían los afirmados ordinarios y se aplica el asfaltado, en lo corriente no hay que pensar en ello, sobre todo por su mucho coste.

Los asfaltados, en general, son muy resbaladizos en tiempos lluviosos, produciéndose también muchas caídas de caballerías en tiempo seco, razón que impide aplicar este pavimento en pendientes que lleguen al 0,02; este inconveniente se atenuaría mucho de estar todas las calles pavimentadas del mismo modo, pues así se acostumbrarían á marchar sobre estos pavimentos.

La gran ventaja de estos pavimentos son la carencia de ruido, suavidad de la circulación, carencia de polvo y barro y facilidad para la limpieza; desgraciadamente el asfalto no resiste una circulación activa y pesada; en París, en las calles de mucho tráfico y en muchas del centro, en las que el movimiento ha aumentado considerablemente en estos últi-

mos años, el asfalto exige reparaciones continuas y el gasto de conservación ha llegado á tanto, que el Ayuntamiento de París se ha visto obligado á renunciar á este pavimento.

En Madrid mismo se puede observar el estado deplorable de muchas vías asfaltadas por falta de una continua conservación, que indudablemente debe ser costosísima.

El asfalto es frágil, su preparación y aplicación exige cierta práctica, cuyas condiciones no están aún bien determinadas.

Nada hay que manifestar sobre el estado del asfalto á lo largo de las vías de los tranvías, donde es imposible conservarlo en buenas condiciones; sería preciso, para que se mantuviera bien, que el carril estuviese rigurosamente inmóvil en todos sentidos y esto no es posible; todas las vías experimentan cierta flexión, ó por lo menos vibración, razón por la que en pocos días deshacen el asfalto contiguo.

Los paliativos que se aplican, como poner una faja de adoquines entre los carriles y el asfalto, destruye la unidad del pavimento y su casi ninguna sonoridad, que es una de sus ventajas.

Es preciso, por lo tanto, reservar estos pavimentos para aquellas vías que no tengan tráfico pesado ni vías férreas.

Unido esto á su alto precio, es por lo que no es posible ni conveniente aplicarlo á las carreteras, ni aun siquiera en la proximidad de los grandes centros de población ó industriales.

Razones todas que han obligado á renunciar este género de pavimentos y dedicarse á estudiar y ensayar con cuidado los alquitranados, que son mucho más económicos, y que, bien conservados, parece están llamados á ser los pavimentos del porvenir para evitar en lo posible el barro y el polvo.

R. G. RENDUELES.

PUERTO DEL MUSEL

(CONTINUACIÓN)

Examinado atentamente el trazado descrito, encontramos que había de ofrecer, en nuestro concepto, graves inconvenientes que procuraremos concretar en muy breves palabras.

Sabido es que cualesquiera que sea la dirección de la marejada en mar libre y profundo, dicha dirección es siempre normal á la costa en cada punto por efecto de la desviación gradual que experimenta á causa de las resistencias que encuentra á su propagación en las inmediaciones de aquélla; resulta, por lo tanto, como consecuencia de este hecho, que todas las gruesas mares del cuarto cuadrante y las del primero hasta el NE., irían á estrellarse con la segunda de las alineaciones que componen el dique S., según el trazado que discutimos, ó sea con la alineación paralela á la costa, en dirección próximamente normal á ella, mientras que las procedentes del NE. y las restantes del primero y la mayor parte de las del segundo cuadrante penetraría en el interior del puerto por reflexión; las consecuencias de esta disposición serían producir en toda la longitud de la expresada alineación y la embocadura una agitación del mar altamente perjudicial para las embarcaciones que vengan en demanda del puerto, una grave amenaza para los faltos de gobierno ó que no rindan á tiempo la bordada para ganar la boca, en

cuyo caso serían impelidos forzosa é inevitablemente contra el obstáculo que ofrecería el dique, encontrando su pérdida allí donde esperaban dar descanso á sus fatigas y término á sus afanes; y, por último, favorecería á la transmisión de la marejada al interior del puerto, en vez de impedirlo.

Como el simple examen del plano pone de manifiesto la exactitud de estas afirmaciones, creemos innecesario extendernos en consideraciones para demostrar lo que en nuestro concepto es evidente.

De aquí que no hallando aceptable aquella disposición, estudiamos otra que evita estos graves inconvenientes, y la que se nos ocurrió es sumamente sencilla, y consiste en reducir el dique S. á la primera de dichas alineaciones indicadas en la solución descrita, es decir, aquella que, partiendo de la punta del Orio, se dirige en dirección normal á la alineación recta del dique N. suprimiendo la segunda alineación, ó sea la paralela á la costa, y en su sustitución prolongar el dique N., siguiendo recta hasta que su extremo ó morro cubra el morro del dique S.

La longitud de éste y la parte que debe prolongarse el dique N., las fijamos teniendo en cuenta que la orientación más conveniente de la boca es del O. SO. al E. NE. y la anchura de ésta la fijamos en 196 metros, determinadas, la primera, teniendo en cuenta la quietud y tranquilidad del puerto y su abordabilidad, y la segunda por comparación con otros puertos.

No terminaremos sin exponer que las principales ventajas de este trazado son no dar lugar á agitación ninguna en la boca del puerto é impedir la transmisión de la marejada á su interior, ofreciendo además de éstas, que son notorias, la de aumentar en 15 hectáreas la reducida superficie del espacio que abrigan los diques, permitiendo prolongar el muelle adosado al dique N., aumentando la línea de atraque y zona para las operaciones de carga y descarga á medida que las necesidades del tráfico lo requieran, en condiciones muy favorables para el enlace con las vías férreas y de servicio de los muelles, con grandes calados al pie de los mismos y sin aumentar sensiblemente el coste total de las obras.

Podría caber el temor, al observar en el plano hidrográfico y topográfico de la costa, entre los Cabos de Torres y San Lorenzo, levantado por D. Fernando García Arenal, que con la disposición y trazado de los diques que se propone, resulta la embocadura del puerto á 300 metros del cantil del bajo La Figar, que pudiera constituir esta vecindad un grave inconveniente para la abordabilidad del puerto; pero considerando que dicho bajo, que constituye la extremidad del pedregal que ocupa gran parte de la concha, ofrece un calado en su cabeza de 13 metros, no rompe sino en bajamar viva con gruesas mares, en cuyo caso rompen todos los demás bajos, y en estas circunstancias, que no son frecuentes, las rompientes no las despide hacia el O., en cuya dirección se presenta acantilado, sino hacia S. y SE. no creemos fundados aquellos temores; deseando, no obstante, fortalecernos con el parecer de prácticos y marinos conocedores de la localidad, les hemos consultado y unánimemente nos han manifestado su opinión conforme con la nuestra que dejamos consignada.

La aprobación definitiva de la Real orden de 21 de Noviembre último del proyecto reformado de las obras del dique N. del puerto del Musel, que tuvimos la honra de redactar con fecha 15 de Noviembre de 1900, dejó de una vez resuelto y para lo sucesivo el importante problema del sistema de construcción de las obras, que en vista de las razo-