

En las obras que salvan corrientes de agua, debe cuidarse de que los cañones estén limpios y desembarazados: las de poca luz y longitud pequeña se desbrozan con pértigas ó azadas de mango grande; si las obras son largas, ya se dijo (pág. 63) que hay que darles como sección mínima la necesaria para que pueda recorrerlas un muchacho. También es indispensable reparar los desperfectos que experimenten los encachados.

Las operaciones descritas en los párrafos anteriores se verifican en verano: las primeras por la mayor facilidad de establecer andamios, y las segundas á fin de tener corrientes las obras para las lluvias de otoño. El desbrozo es oportuno hacerlo, además, después de los temporales y crecidas, así como también algo antes de la época de fusión de nieves, que suele ser en nuestros climas hacia los meses de Marzo ó Abril.

Aparte de las obras de que se ha hecho mérito, las de arte exigen con frecuencia reparos de albañilería, cantería, etc., que no pueden encomendarse á los peones encargados de la conservación. Por ejemplo: 1.º, algunas piedras se rompen ó desportillan por ser heladizas ó á consecuencia de choques: á veces no se hace más que disimular la saltadura con betún de cantero; pero otras se impone la necesidad de reemplazar uno ó más sillares; 2.º, prodúcese en ocasiones asientos que deforman la obra y hasta comprometen su estabilidad: la reparación podrá ser importante y requerir quizá el derribo completo de la construcción.

Las alcantarillas, pontones y puentes de fábrica ó metálicos, reclaman á menudo reparaciones de entidad, cuyo examen no puede tener cabida en un Tratado especial de Carreteras.

## CAPÍTULO II.

### FIRMES.

Se estudiarán con la detención que exige su interés para el Ingeniero de Caminos los medios de conservar y reparar los firmes de piedra partida, y se harán las indicaciones oportunas respecto á empedrados. En cuanto á las demás clases de firmes que se reseñaron en la sección precedente, bastará dejar consignado que se

reparan de la misma manera que se construyen, tomando en algunos de ellos ciertas precauciones que se cuidó de exponer al describirlos.

## I.—FIRMES DE PIEDRA PARTIDA.

### CONSIDERACIONES GENERALES.

**Importancia de la conservación de firmes.**—La conservación en buen estado de los firmes de carreteras es de suma importancia, no sólo por la comodidad que proporciona á los viajeros, sino muy en especial porque, disminuyendo el esfuerzo de tiro, abarata los transportes, y, por tanto, las mercancías que desde los centros de producción se conducen á los de consumo, ya directamente ó por intermedio de otras vías acuáticas ó terrestres. Este hecho innegable demuestra el interés particular con que los Ingenieros han de mirar esta rama de los servicios que les están encomendados; poco brillante quizá, como decía Dupuit, pero la que más influye en la riqueza pública y la que reclama con mayor energía gestión inteligente, vigilancia continua y minuciosos cuidados. No está de más insistir en este asunto: aun hoy es frecuente oír lamentarse, no al vulgo, sino á personas ilustradas y hasta á algunos Ingenieros, de que se consagren agentes de sólidos conocimientos técnicos á dirigir trabajos tan sencillos como los de *bachear*, ó rellenar de piedra las depresiones de los afirmados, faenas tan elementales que están muy por bajo de la misión elevada que debe reservarse á aquellos funcionarios: los que así se expresan olvidan, como atinadamente manifiesta Durand-Claye, que desde siglos atrás se bachea, pero que apenas hace cincuenta años que las carreteras están transitables, y que, aun en la actualidad, distan en muchos países, y por desgracia es el nuestro uno de ellos, de ofrecer todas las condiciones de viabilidad que cabe exigir. Si la situación ha mejorado; si es de esperar que siga mejorando, débese á los esfuerzos de los Ingenieros, los más eminentes de los cuales no han desdeñado prestar sus valiosísimos servicios á cuestión tan relacionada con los intereses públicos.

Hasta últimos del siglo pasado las carreteras estaban punto menos que abandonadas: no se conservaban, en el sentido estricto de la palabra, y limitábanse los trabajos á rellenar de piedra gruesa las depresiones (baches y rodadas), sin desenlodar previamente, sin cuidar de la trabazón de materiales y sin poner en práctica los medios que la teoría y la experiencia de consuno han demostrado ser adecuados para lograr los fines apetecidos. Como varias veces se ha expuesto en páginas anteriores, los sistemas de construcción y conservación de firmes tienen entre sí íntimo enlace: así se comprende que, al proponer Trésaguet en 1775 nuevas disposiciones para el establecimiento de calzadas, indicase á la vez la necesidad de conservarlas continuamente y de que se designasen peones permanentes que, si bien bajo la dependencia de los contratistas, recorrieran los trozos que se les encomendasen y repararan con oportunidad los desperfectos. No se atendieron, como lo merecían, observaciones tan correctas, y los caminos siguieron en lamentable estado en las naciones más adelantadas, hasta ya entrado este siglo, en que despertaron vivo interés las doctrinas de Mac-Adam: con motivo de éstas abrióse una información en 1818 en el Parlamento británico, é insistiendo el señor Walker en la absoluta necesidad de corregir los defectos en cuanto comenzaran á iniciarse, pronunció la frase de que era preciso *dar la puntada á tiempo, como hacen las buenas amas de casa*; y desde entonces con el nombre de *puntada á tiempo* se conoce en casi todas las naciones de Europa la parte común que tienen los procedimientos modernos de conservación de firmes de piedra partida, esto es, el mantener tersa y perfilada la superficie de rodada, gracias á trabajos asiduos de limpias y bacheos.

**Organización del servicio.**—Mas si se han de conseguir buenos resultados, es evidente que no puede prescindirse de tener siempre á mano material y los peones de planta que su empleo exija. La necesidad de estos últimos está reconocida desde fines de la centuria anterior; pero mucho se ha debatido por los Ingenieros hasta qué punto conviene hacer de la conservación un oficio particular: en otros términos, si los trabajos han de efectuarse exclusivamente por peones permanentes, llamados *camineros*, ó si habrán de tener cabida además otros operarios, los *auxiliares*,

cuando las circunstancias lo aconsejen. Como ocurre con frecuencia, se han exagerado en ciertas épocas principios que no son antagónicos y que pueden y deben conciliarse. En los comienzos del siglo presente, ya se ha dicho que todo se fiaba al material, dando escasísima importancia á la mano de obra: algunos años más tarde, en 1834, proponía un distinguido Ingeniero Jefe de Puentes y Calzadas, el Sr. Berthault-Ducreux, que los peones camineros, á las órdenes de *capataces* inteligentes, fuesen los únicos que se ocupasen en el mecanismo de la conservación, rechazando la ingerencia de cualquier otro personal. De adoptar tal sistema, no es posible proporcionar trabajo constante á los camineros, por más que se recurra á hacerles machacar piedra en ciertas ocasiones, pues para ello sería preciso que las faenas de conservación tuvieran una regularidad de que se hallan muy distantes; por otra parte, no hay duda de que para no pocas operaciones no se requiere práctica, y las pueden ejecutar, sin obstáculo alguno, los auxiliares. ¿Qué preparación especial se necesita para llevar en carretillas ó espueñas la piedra amontonada en los paseos al sitio en que se ha de emplear, para efectuar el desbrozo de cunetas, para recoger detritos, etc.? Otro Ingeniero de Puentes y Calzadas, el Sr. Vignon, en una nota publicada en 1837, llamaba discretamente la atención sobre este punto, expresando sus temores de que el número excesivo de camineros resultara contraproducente por el aumento de gastos que ocasionaría; y como al fin había de suceder, ha prevalecido el sistema racional de proporcionar la mano de obra permanente á las exigencias ordinarias de la conservación, admitiendo auxiliares siempre que los hagan necesarios la urgencia ó entidad de los trabajos.

En España el trozo de carretera asignado á cada peón caminero viene á ser de cuatro kilómetros de longitud, y cinco á siete peones constituyen una *cuadrilla*, bajo la dependencia de un *capataz*. Por muchos años, y á imitación de lo que todavía sucede en Francia, los capataces ejercieron dos funciones distintas: la de dirigir y vigilar los trabajos de los peones de su sección, y la de encargarse directamente de un trozo pequeño que pudiera servir de modelo á sus subordinados. El sistema produjo malos resultados, como era presumible, porque en el momento que un operario

ha de consagrarse á ocupaciones de distinta índole, queda abierta la puerta para que cada una de ellas le sirva de pretexto para explicar los descuidos que se adviertan en las demás que le estén encomendadas. Con muy buen acuerdo, pues, se ha prescindido de que los capataces conserven por sí trozo alguno, destinándolos exclusivamente á la vigilancia de los camineros y auxiliares que trabajen en su sección. En lo sucesivo se darán á conocer algunos pormenores relativos á organización del personal; pero lo dicho basta, por ahora, para el objeto.

**Desperfectos de los firmes.**—Los firmes de piedra machacada experimentan desperfectos por el desgaste de materiales, y por los cambios en la naturaleza del macizo y en la forma de la superficie (1).

Las ruedas de los vehículos y los cascos de los animales aplastan algunas piedras y las transforman en detritos, y comprimen otras que, al tender á hundirse, determinan roces interiores, tanto más enérgicos cuanto menor sea la trabazón del afirmado, formándose así materias pulverulentas que, unidas á las provenientes de la superficie, constituyen el *desgaste*. Se comprende bien que parte de los detritos se incorporará al firme, y que el resto, es decir, el que quede arriba, dará lugar á polvo ó barro, según el estado higrométrico del ambiente, alterándose siempre la naturaleza del macizo. La rodadura se efectuará en una superficie blanda, que forzará á aumentar los tiros, sobre todo cuando sea gruesa la capa movediza. Otras causas producirán efectos semejantes: las nieves, las aguas estancadas en algunas depresiones ó las que no encuentren fácil salida, las sequías prolongadas que desagreguen los materiales, son más que suficientes para destruir la alisadura y compacidad que tanto contribuyen á hacer suave la tracción.

Si el firme no es homogéneo y no se encuentra en todos sus puntos en condiciones idénticas, no se desgasta con regularidad y se deforma, bien presentando depresiones aisladas ó *baches*, bien *surcos* longitudinales, que se convierten en *roderas*, *rodadas* ó *carri-ladas* cuando adquieren cierta importancia, y que siguen la dirección preferente tomada por el tránsito. Los surcos aparecen siem-

(1) Durand-Claye, *Routes*.

pre que la superficie está polvorienta ó fangosa, porque, después del paso de un vehículo, las huellas que dejan sus ruedas ofrecen fondo más resistente, y es inevitable que tiendan á marchar por el carril señalado los carruajes de igual batalla.

De las causas indicadas hay unas, las que producen deformaciones superficiales, que se pueden evitar en gran parte, con el empleo de materiales homogéneos, cuidando de que desaparezcan los gérmenes de reblandecimiento, y, sobre todo, borrando las huellas de los vehículos. Sin embargo, por grande que sea el esmero, nunca se logrará la inalterabilidad del perfil, y será preciso colocar materiales en las partes más asentadas ó deprimidas.

Manteniendo siempre expedita la evacuación de las aguas, regando en épocas de sequía, y en especial extrayendo con esmero la nieve, el barro y el polvo, se aminorarán, hasta donde sea posible, las alteraciones en la naturaleza del afirmado.

Lo que no puede evitarse es el desgaste; y á menos de consumir por completo el capital que representa el firme, es de todo punto indispensable restituirle, en una ú otra forma, el material que le hacen perder los rozamientos superficiales é internos.

**Clasificación de los métodos de conservación.**—Dédúcese de lo que precede que para asegurar la buena vialidad en un camino frecuentado, como deben serlo todos los del Estado, es preciso sujetarlo á una conservación *continua*. Dos son los objetos que han de perseguirse: 1.º, mantener constantemente la tersura y compacidad de la superficie, para lo cual hay que extraer detritos y nieves, y emplear materiales en baches y rodadas, no consintiendo que los desperfectos adquieran importancia, y dando, en una palabra, *la puntada á tiempo*; 2.º, restituir al firme el espesor que pierde por el desgaste, operación no tan urgente como las anteriores, que puede hacerse en estación adecuada, y que cabe ejecutar por medio de *bacheos*, ó dejando que el macizo se reduzca á ciertas dimensiones, restaurándolo de una vez con la extensión de *recargos*. Los dos métodos de conservación continua tienen común, por tanto, todo lo que se refiere á mantener lisa y unida la superficie, difiriendo en el modo de reponer el desgaste: á continuación se estudian ambos, designándolos con los nombres de conservación *por bacheos* y *por recargos*, aunque se reconozca que

no son rigurosamente exactos, pues siempre hay que bachear para obtener la regularidad del perfil.

No se crea después de leído lo que antecede que se proscribe en absoluto la conservación *periódica*, es decir, el sistema que consiste en no tener operarios permanentes y ejecutar, cuando se haga sentir la necesidad, los reparos oportunos. Claro es que el procedimiento aplicado á vías de mucha circulación y en las pésimas condiciones que se realizaba en el siglo XVIII merece severas censuras; pero, en cambio, bien organizado, es el único razonable en caminos cortos y de escaso tránsito, como son casi todos los de servicio particular. Por ejemplo, suponiendo bien construídos los caminos que desde la calle de Alfonso XII suben á las plataformas ocupadas por el Observatorio Astronómico y la Escuela de Ingenieros de Caminos, como quiera que por ellos apenas pasan más que coches ligeros, y aun éstos en reducido número, podrían transcurrir meses sin que se echasen de menos trabajos de conservación, y sería hasta ridículo pensar en establecer servicio permanente.

#### CONSERVACIÓN POR BACHEOS.

Se estudiará el modo de conservar la tersura de la superficie y de reponer el desgaste, con lo que se evitará volver á tratar del primer asunto al describir el sistema de recargos. Nada mejor puede hacerse que copiar á continuación varios párrafos de la notable circular dirigida á los prefectos de Francia, en 25 de Abril de 1839, por el entonces Director general de Obras Públicas, documento redactado por el ilustre Dupuit, en que se expresan con claridad las buenas doctrinas. Transcribense asimismo los períodos consagrados á reparación de firmes.

**Método de Dupuit.**—Dicen así los párrafos más importantes de la circular:

«Supondré primero que las carreteras se hallen en estado normal de conservación, considerando después que necesiten reparos considerables, como ocurre todavía, por desgracia, en numerosos trozos; indicaré en ambos casos los métodos generales que me parecen más á propósito, sin excluir por eso los particulares, ni la multitud de precauciones y cuidados minu-

ciosos que han de poner en práctica los Ingenieros para asegurar la vialidad de las líneas de que están encargados.

»I. **CONSERVACIÓN.**—Cuando una carretera se encuentra en buen estado; cuando el firme está terso y bien saneado, y, por tanto, sin rodadas, baches, lodo ni polvo; cuando, por último, los paseos y cunetas afectan sus perfiles normales, se puede conservar tal situación, si se emplean procedimientos adecuados, en todas las estaciones y sea cual fuere la entidad del tránsito.

»En un buen sistema de conservación, nunca hay que hacer más que dos clases de operaciones: 1.º, extraer continuamente el desgaste diario, en forma de barro ó polvo; 2.º, emplear los materiales que han de reemplazar á los desgastados.

»Estos trabajos, bien hechos y con oportunidad, evitan los desperfectos, porque los vehículos recorren la vía en todos sentidos, y el afirmado se va gastando paralelamente á su superficie.

»**Extracción de detritos.**—1.º **Polvo.**—Cuando han transitado algunos días los carruajes por una carretera, tal como se ha descrito, si el tiempo está seco, se cubre pronto de una película de polvo, que incomoda á viajeros y caballerías, perjudica á las fincas inmediatas, hace más dura la tracción y se transforma en barro cuando llueve, siendo origen de rodadas y de toda clase de desperfectos. Es preciso, pues, quitar el polvo en obsequio al tráfico y á la buena conservación del camino. Su extracción, lo mismo que la del barro, puede efectuarse con rastras; pero estas herramientas, á causa de las pequeñas desigualdades del suelo, no producen resultados aceptables más que cuando la capa de polvo tiene cierto espesor, es decir, cuando lleva mucho tiempo de ser perjudicial; además, con ellas no desaparecen por completo los detritos. La escoba de abedul es mucho mejor: penetra en todas las desigualdades y partes cóncavas de la superficie, y quita cuanto por su movilidad es inútil y pernicioso. Tan sencilla es la manera de barrer, que no necesita explicarse; sin embargo, no está de más advertir que en tiempo seco y en firmes silíceos no se debe apretar tanto la escoba como en los calizos, á fin de no desagregar muchas piedrecillas menudas de la superficie; en afirmados de aquella naturaleza dan mejor resultado las limpias después de lluvias ligeras.

»Una carretera bien barrida no presenta, al cabo de algunos días lluviosos, el menor vestigio de barro: su superficie está tersa y como satinada, y pocas horas de tiempo seco bastan para que se oree. El polvo absorbe y retiene el agua hasta el punto de que, visitando un camino en las circunstancias indicadas, el grado de sequedad de sus diversos trozos es suficiente para señalar el orden en que se barrieron antes de la lluvia.

»2.º **Barro.**—Si continúa húmedo el tiempo, principia por ablandarse la superficie del firme, que no tarda en cubrirse de lodo, cuyo espesor va aumentando. Es preciso quitarlo en seguida, porque el barro deja visibles surcos, que como son más suaves para la tracción que el resto de la calzada, procuran y logran al fin seguirlos los carruajes, á lo que contribuyen no poco los rebordes ó cordones laterales: si no se tomara, pues, aquella

precaución, las huellas se convertirían en rodadas. Cuidando de desenlodar con rastras se borran los carriles, y los vehículos no pueden menos de abandonarlos; el firme, aunque más blando y fácil de atacar, conserva tersa la superficie: es cierto que cada carruaje marcará su pista; pero será casi imposible que á ella se adapte el siguiente, y, por el contrario, la parte central de sus llantas pasará por donde antes iban los bordes, comprimiendo y haciendo volver á sus posiciones á las moléculas que tendían á levantarse. En suma, no hay desperfectos ni deformaciones por lluvias ó sequías: no hay más que desgaste.

»Acabo de decir que se desenloda con rastra, y es, en verdad, la herramienta más apropiada cuando el barro es espeso; pero si está fluido, la escoba da excelentes resultados, por más que aquél nunca pueda quitarse con tanta perfección como el polvo; y efectivamente, cuando después de lluvias queda seco el tiempo, es frecuente que se forme algo de polvo donde no había barro, mientras que éste no se produce en caminos exentos de polvo.

»Con la extracción continua de detritos puede mantenerse la vía siempre tersa y suave para el tiro, pero se va aplanando, y se llegaría al fondo de la caja si no se reemplazasen los desgastes, operación que constituye el *bacheo* ó empleo de materiales nuevos.

»*Bacheos*.—Los bacheos son necesarios y hasta esenciales; mas no tienen el mismo carácter de urgencia que la limpia de detritos, porque los firmes se consumen con lentitud, y nada importa que si el espesor normal es de 0<sup>m</sup>,25, se reduzca, en un momento dado, á 0<sup>m</sup>,24, 0<sup>m</sup>,23 ó 0<sup>m</sup>,22, pues no ejerce el hecho influencia alguna en la tracción, y ningún perjuicio irroga al público. Se escogen, por tanto, para bachear las épocas más adecuadas, que no serán nunca las secas, sino los días lluviosos, porque los materiales que se colocan en firmes duros y enjutos no hacen clavo, y se aplastan sin penetrar en el macizo, mientras que si se emplean en temporadas húmedas y en buenas condiciones, se incorporan sin romperse y molestan poco á la circulación.

»Por tanto, los bacheos deben efectuarse en las circunstancias atmosféricas convenientes, cuando la superficie se haya reblandecido por lluvias repetidas y no sean de temer las heladas. El principio á que ha de sujetarse el caminero en estas operaciones, que hacen algo penoso el tiro en ciertos puntos, es no crear causa determinante para que los carruajes sigan una dirección con preferencia á otra, lo cual no es difícil de lograr si las limpias y barridos se han hecho con esmero, pues entonces no se ven en el fondo ni en los costados largas depresiones que parece exigen bacheos de extensión considerable. Los firmes, cuyos detritos se han quitado continuamente, sólo presentan en su superficie baches pequeños (1), que son muy

(1) Cuando digo que con buen sistema de conservación no hay barro, polvo, *baches*, rodadas ni surcos, no debe atribuirse á estas palabras, excepto á las dos últimas, sentido riguroso y absoluto. Evidentemente, siem-

visibles después de las lluvias, y que, repartidos con irregularidad en todo el ancho, ponen de manifiesto los sitios en que han de emplearse los materiales. Estos baches, de 0m,02 á 0m,03 de flecha en el medio, y que enrasan en los bordes con la superficie primitiva, deben picarse en todo su perímetro para formar una especie de caja; se colocan en seguida los cantos, disponiendo los mayores en el centro y los más menudos en las orillas, y cuidando de que la parte bacheada no tenga arriba de 2 ó 3 metros de largo y uno ó 2 de ancho. Faenas idénticas se ejecutan en todas las depresiones; no obstante, si éstas fueren muchas, no se recargan á la vez: se empieza por las más profundas, y se aguarda á que traben los materiales para bachear otras. De no proceder así, se impondría demasiada fatiga al tráfico en cierta parte de la carretera, y vale más repartirla en período algo largo y no aumentarla en el mismo punto. El caminero no debe, pues, acometer los bacheos desde el origen de su trozo hasta llegar al extremo, sino principiar por donde las depresiones le parezcan más profundas y numerosas, y concluir por las que correspondan á desgastes menores.

»Sería erróneo creer que, cuando se ha bacheado una longitud de 40 ó 50 metros con todas las precauciones reseñadas, queda ya corriente ese trayecto y se puede abandonar para ocuparse en otro. Ésta es la falta más grave, y, por desgracia, la más común que cometen los peones. Aun cuando se hayan llenado los baches, los materiales no están trabados, y los desarreglan y esparcen las ruedas de vehículos y los cascos de las caballerías; es indispensable volverlos á colocar con la rastra, para que las ruedas, al encontrarlos sueltos, no los aplasten. Á pesar del cuidado con que se repartan los bacheos para despistar á los vehículos, acaban siempre por seguir con preferencia una dirección, en la cual aparecen carriles que es urgente borrar sin pérdida de tiempo, haciendo á veces otros bacheos y quitando ó disminuyendo materiales ya empleados, cuando se reconozca que su colocación no es buena, sin perjuicio, por supuesto, de rehacer más adelante el trabajo destruído: es esencial asimismo limpiar el barro que se rezume del firme al penetrar é incorporarse los elementos nuevos; en una palabra, el peón ha de convencerse de que no hay parte alguna del camino que reclame más esmero, vigilancia y cuidados que la recién bacheada, á la cual ha de consagrar atención incesante hasta que hagan clavo los materiales. Sólo entonces terminan las operaciones que, si bien minuciosas, economizan piedra, por la pequeña cantidad de ella que se pierde, y evitan desperfectos de reparación costosa.

»*Cantidad de materiales que debe emplearse.*—Pudiera objetarse que el método expuesto es insuficiente, porque el material consumido en rellenar baches no equivale á los detritos que se extrajeron, y que, por tanto, el espesor del firme irá disminuyendo. Es verdad que así ocurrirá

pre quedará algo de polvo y lodo, pero su espesor no pasará de algunos milímetros; habrá también baches, aunque su profundidad no deberá exceder de tres centímetros.—(Nota de la circular.)

cuando conviniere rebajar el perfil, y hasta cabría disponer las limpias de suerte que desaparecieran las depresiones sin necesidad de bachear; pero bien sencillo es levantar en ciertos puntos el nivel del camino siempre que se desee. La experiencia demuestra, en efecto, que, algún tiempo después de concluido un bacheo, se presentan nuevas depresiones que desaparecen poco á poco por las acciones combinadas del tránsito y la extracción de detritos, y que se pueden aprovechar para nuevos bacheos, repitiéndolos hasta cinco ó seis veces en la temporada de invierno. De aquí se deduce que existen medios de incorporar al firme, dentro de ciertos límites, la cantidad de materiales que se juzgue oportuna. En conservación normal han de compensarse los pesos de las substancias que se introduzcan y de las que se extraigan; pero no es necesario que aquéllas estén constituidas exclusivamente por piedras, porque un firme, por perfecto que sea, contiene muchos detritos, esenciales para rellenar los huecos. Si en un año se han sacado, por ejemplo, 100 metros cúbicos de polvo y barro, el firme no habrá perdido quizá 60 de cantos: por consiguiente, *se puede agregar á la piedra que se emplee cierta cantidad de detritos* (1) que, mezclados con ella y envolviéndola, facilitarán la trabazón, aminorando los movimientos bruscos de los vehículos y los choques de las ruedas con los guijarros. El uso prudente de recebo puede introducir, conforme acaba de verse, economía de entidad en los gastos.

De los pormenores expuestos acerca de las dos clases de operaciones que deben practicarse en la conservación, se desprende que el extraer detritos sólo requiere asiduidad y trabajo, necesitándose inteligencia y práctica para los bacheos. Las faltas que se cometan en los últimos, son siempre de consecuencias graves para el estado del camino y por los dispendios que originan.

*El método exige y facilita el empleo de mucha mano de obra.*—Condición esencial para el buen éxito del sistema, es disponer siempre de muchos operarios. Una de las dificultades con que se tropezó para su planteamiento, fué que se creía que existían grandes diferencias entre los desgastes en verano é invierno. La extracción continua de detritos evidencia el error, pues está reconocido que el peso del polvo es tan grande como el del barro: se atribuye al invierno el lodo de que se cubre el camino, y en realidad, proviene casi siempre de no haber quitado bien el polvo en verano. El barrido hace desaparecer una de las principales objeciones que se aducían al empleo permanente de gran número de peones, puesto que, además de proporcionar ocupación en el estío, disminuye la del invierno. No deben proibirse, sin embargo, los auxiliares, porque admitiendo la hipótesis, no del todo exacta, de la igualdad de trabajo en ambas estaciones, es necesario compensar con más operarios el menor nú-

(1) Se escribe esta frase con bastardilla, aunque no lo esté en la circular, porque sobre ella ha de llamarse la atención más adelante, y conviene fijarse bien en el principio que se establece.

mero de horas aprovechables en los cortos días de invierno. Por otra parte, circunstancias especiales reclaman aumento de mano de obra en momentos dados, como cuando lluvias continuadas han retrasado las faenas, ó hielos y deshielos consecutivos impiden la completa extracción de detritos: nunca debe vacilarse en facilitar al caminero medios de ponerse al corriente, porque toda demora, lejos de ser económica, se traduce en exceso de gasto.

» Tales son las prescripciones generales para conservar bien las carreteras, sin polvo, barro, rodadas ni carriles; pero no hay que forjarse la ilusión de que, ateniéndose á ellas, no habrá que corregir desperfectos. Por grande que sea la vigilancia ejercida por los peones, como el personal es numeroso y está expuesto á cambios frecuentes, es imposible que dejen de cometerse faltas, originadas por descuidos ó inexperiencia.

» *Desperfectos accidentales.*— Todos provienen de no haber extraído con esmero el barro, de bachear mal ó de no prestar suficiente atención á los materiales empleados. Conforme se ha dicho, la falta de limpias produce rodadas: para que desaparezcan, lo primero que hay que hacer es sacar todos los detritos de la superficie de la carretera, pues ocurre á menudo que la rodada no es más que aparente, y que se reduce á un surco insignificante, en el momento que se quitan los rebordes de barro formados por las ruedas. La colocación de material entre dichos rebordes, como hacen á veces peones poco prácticos, sería una mano de obra inútil, que agravaría el mal, y que sólo se remedia extrayendo con la rastra el barro y las piedras, sin perjuicio de separar éstas más tarde, si se considera ventajoso.

» Cuando, después de extraer el barro, queda todavía una carrilada bastante profunda para que las ruedas no se salgan de ella con facilidad, se llena la depresión de materiales, pero únicamente hasta el nivel del camino, y mejor hasta un poco más abajo, á fin de que no sirva de guía á los vehículos y que las ruedas de los que intentasen contornearla caigan de tiempo en tiempo sobre la superficie del relleno. La dirección que tiendan á tomar los carruajes ha de tenerse asimismo muy en cuenta al bachear, con la mira constante de que al poco tiempo recorran la vía en todos sentidos; más no ha de desconocerse que el sistema exige alguna inteligencia y bastante práctica. Las operaciones deben dirigirlas el capataz, el sobrestante, y á veces el ayudante, pues si la falta es hija de inexperiencia, el que la cometió no sabrá corregirla.

» La causa más frecuente de desperfectos es emplear mal los materiales: acabo de citar un ejemplo; pero un peón poco avezado incurre en otros muchos errores. Encuentra deprimido un costado en 50 ó 60 metros de longitud, é instintivamente se apresura á recargarlo de piedra: los carruajes entonces pasan por el otro lado y dejan carriles que se convierten en rodadas, no tan sólo enfrente del recargo, sino antes y después, en la misma dirección. Para reparar el mal, hay que levantar la piedra mal empleada; llenar las rodadas como se ha dicho, y componer el costado deprimido

por bacheos sucesivos, comenzando por las depresiones de mayor importancia. El recargo general en todo el ancho del firme, ofrece igual inconveniente, porque si al principio no existe motivo para que los vehículos prefieran cierta dirección, el tránsito acaba por crearlo, abriéndose surcos en que la tracción es menos dura y que procuran seguir todos los carruajes.

»No se evita la dificultad dividiendo el recargo en fajas de 7 ú 8 metros, comprendidas entre otras no recargadas, pues las rodadas que se forman en las primeras se extienden pronto á las segundas, y los vehículos dirigidos por estos carriles adoptan la dirección que marcan. Los efectos únicamente desaparecen con la supresión de las causas: no existe otro medio que quitar con rastras los recargos, excepto en los puntos que haya trabado el material.

»No es raro que bacheos bien dispuestos, si se abandonan, originen rodadas, porque, al desaparecer todo vestigio de los que primero hacen clavo, los que quedan sin trabar señalan una vía preferible para el tiro. Los únicos procedimientos para que vuelva la carretera á su estado normal, son reparar la rodada, con sujeción á las reglas establecidas; quitar ó disminuir algunos bacheos, y procurar restablecer la uniformidad de tracción en todo el ancho del firme.

»II. REPARACIÓN DE CARRETERAS.—En lo que precede se ha supuesto que el camino se hallaba en buen estado; pero desgraciadamente hay muchos malos, y es muy común que los Ingenieros tengan que dedicarse con mayor frecuencia á reparos que á conservación propiamente dicha. La situación de los firmes es á veces tan lamentable, que se impone el reconstruirlos por completo; mas aun cuando así no fuere, las reparaciones molestan siempre al tránsito y ocasionan crecidos gastos al Tesoro público. Se empezará por reseñar el método que por lo común se sigue.

»*Inconvenientes del procedimiento ordinario.*—Se levanta el firme antiguo, cuyos productos se criban si están compuestos de materiales mezclados con mucha tierra; se machaca la piedra cuando su tamaño lo exija, como sucede con los cantos gruesos del fondo de la caja; se añaden los materiales nuevos que se necesitan para completar el espesor proyectado, y se extiende luego el firme sobre la caja bien recorrida y perfilada. El menor inconveniente de estas operaciones es su coste, que no baja nunca de 3 ó 4 francos por metro lineal; el más grave, lo que dificulta la circulación y molesta al público. Es indispensable empezar por ocupar el afirmado para desmontarlo y abrir la nueva caja; aprovechar en seguida un paseo para zarandear y partir los materiales antiguos y recibir los que se acopien: á veces no basta el espacio de que se dispone y se utiliza parte del otro paseo, no dejando más que una vía estrecha para el paso de los carruajes; por manera que lluvias insignificantes originan rodadas profundas, en las que en vano se sepultan grandes volúmenes de piedra. Los vehículos no pueden marchar más que al paso, tienen que pararse para los cruces y no es raro que haya que lamentar accidentes; por último, si antes de terminar el reparo principia el mal tiempo, la circulación se hace im-

posible durante meses enteros, con la circunstancia agravante de que esto acontece, por lo general, en caminos antiguos, en que están organizados hace años, muchos y numerosos servicios. Todo se vuelve incomodidades para el público que, con razón, echa de menos el firme malo, y lo sigue echando cuando se le entrega un macizo de 0<sup>m</sup>,25 á 0<sup>m</sup>,30 de piedras machacadas que han de ser comprimidas y aplastadas lentamente por la circulación, hasta tener una superficie semejante á la primitiva bajo el aspecto del tiro. Si la carretera que se repara por este método es de longitud algo considerable, y las consignaciones de cada ejercicio no permiten concluir los trabajos hasta un período de cuatro ó cinco años, resulta que en tan largo plazo la tracción es penosa en los trozos recién restaurados; difícil y peligrosa en los que se hallen en ejecución, y el tráfico se encuentra expuesto á continuas interrupciones, no estando realmente transitables más que las partes á que no se ha tocado todavía. Con semejantes procedimientos no empiezan á sentirse las mejoras hasta que han terminado por completo los trabajos: dificultades de tanta entidad aconsejan acudir á otros medios sancionados ya por la experiencia.

»*Sistema que debe adoptarse.*—Antes de emprender la reparación de un firme, conviene hacer algunas cortaduras que pongan de manifiesto las capas de que se compone, pues no es extraño encontrar espesores considerables donde no se sospechaba. Esto ocurre de ordinario en tramos horizontales y bajos, en los que el afirmado ha ido aumentando de grueso, bajo la influencia de métodos de conservación, en que el empleo de material se consideraba como reparo y no como restitución del desgaste. Cuanto peor estaba el camino más piedra se echaba, formándose voluminosos macizos de guijarros y tierra, que se desagregaban por la acción de las lluvias más ligeras.

»En tales condiciones, hay que multiplicar en seguida la mano de obra; quitar todo cuanto se encuentre móvil y sin trabar en la superficie, aun cuando hubiese muchas piedras mezcladas con los detritos. Llégase así á una capa algo más sólida; la presión de las ruedas hace salir continuamente grandes cantidades de polvo ó barro, que se extraen á medida que aparecen; se rebajan con el pico las partes salientes, y el firme va saneándose y descendiendo paralelamente á sí mismo. Pero si el perfil es demasiado plano ó no tiene más bombeo que el que convenga, se llenan de cantos las numerosas depresiones superficiales, y estos bacheos contribuyen en alto grado á mejorar el firme; por otra parte, son más fáciles y entorpecen menos la circulación que los que se efectúan en buenas carreteras, porque tardan menos en consolidarse. Después de practicar algún tiempo estas operaciones, se obtiene un suelo duro, terso y suave para el tiro: á fin de darse cuenta de lo que ha pasado, háganse nuevos cortes y se verá que el firme está constituido por una capa de 5 ó 6 centímetros, perfectamente sana, que descansa en el macizo antiguo. Aquel lecho no exige más grueso, porque es el único que aprovecha la rodadura, y con buen sistema de conservación los desperfectos no deben llegar nunca á mayor profundidad;

por otra parte, nada se opone á ir aumentando poco á poco el espesor con los bacheos de invierno.

»El método descrito se aplica también á las carreteras desgastadas. Por bacheos se consigue afirmar suficientemente el terreno natural, y claro es que con más facilidad se alcanzará el resultado sobre un macizo ya trabado. De esta suerte se realiza asimismo la ventaja de proporcionar el grueso á la naturaleza del terreno: donde las depresiones sean más numerosas, donde se hunda el firme, se emplearán más materiales y se aumentará, por tanto, la altura del afirmado.

»En carreteras antiguas, de cuyo firme no queda más que el cimientado de piedras gruesas, suele ser todavía más acentuada la tendencia á emprender la reconstrucción total: se cree que los bacheos con piedras menudas son inútiles, porque éstas, colocadas entre el yunque y la maza, se aplastarán en seguida. El razonamiento sería exacto para un canto aislado; pero deja de serlo para el conjunto de los que llenan cada una de las depresiones, porque si bien es cierto que nada hay tan desigual y áspero como estos firmes cuando por ellos se ha efectuado el tránsito algún tiempo, no lo es menos que las desigualdades son por todo extremo favorables para ligar guijarros pequeños. De consiguiente, en lugar de levantar el firme antiguo, no debe hacerse más que machacar, en el sitio que ocupen, las piedras más salientes, esto es, las que producirían calaveras, á no tomarse esta precaución; se aprovechan luego las épocas lluviosas para bachear con las prescripciones ya marcadas: los materiales traban perfectamente, y de esta suerte se va reparando la calzada sin incomodar lo más mínimo al tránsito.

»Las principales ventajas del sistema consisten en que la transformación es general, inmediata y progresiva, pues desde que comienzan los trabajos va mejorando el firme en toda su longitud, sin empeorar antes, como sucede en el método ordinario; en que las obras no molestan al público, y en que el gasto se reduce muchísimo, porque no sólo no se destruye nada, sino que se utiliza lo hecho. Los firmes no deben reconstruirse más que en el caso de ejecutar trabajos de explanación para modificar el perfil longitudinal.

»RESUMEN.—Los procedimientos de conservación y reparo de firmes que acabo de exponer, pueden resumirse en las reglas siguientes:

»Para que no haya polvo ni barro en una carretera, hay que extraerlos á medida que se forman.

»Para que no se presenten rodadas, es decir, para que los vehículos no sigan siempre el mismo carril, es preciso que puedan circular con comodidad por todo el ancho del afirmado.

»Para que los firmes no aumenten ni disminuyan de grueso, todo se reduce á restituirles, por bacheos, el equivalente exacto de lo que se extrae de ellos en las limpiezas.

»Principios tan sencillos y evidentes bastaría enunciarlos, si no se tratase de cuestión tan interesante para el público como lo es el mejorar la

vialidad en las carreteras, circunstancia que justifica las explicaciones y detalles en que he entrado.»

Los párrafos que preceden están tan bien razonados, que huelga todo comentario; sólo se harán dos observaciones:

1.<sup>a</sup> La necesidad de extraer los detritos con el mayor esmero posible, lo cual se logra únicamente con escobas para el polvo y el barro, en cierto grado de fluidez este último, no admite discusión. Sin embargo, por lo común, no se barren las carreteras en España, y hasta hay quien pretende que vale más dejar el polvo y el lodo, si no se tiene piedra á mano para bachear en seguida, como si las presiones no se transmitieran á través de esas masas incoherentes, y como si no constituyesen siempre molestias para los transeuntes y aumentos en los gastos de tracción. Seguro es que mientras no se adopte el sistema de barrer los caminos, como se ha adoptado ya en las calles afirmadas con macádam, será quimera pensar en que aquéllos satisfagan cumplidamente á su objeto, ni se abaratarán, hasta donde es factible, los transportes. Mas no se crea que la oposición al barrido sea peculiar de nuestro país: refiere Debauve que cuando hace cincuenta años se vió en Francia armar de escobas á los peones camineros, el público soltó la carcajada; pero reconoce que si hoy dejaran de barrerse los firmes, sobrevendría un clamoreo general. La consecuencia lamentable que de todo ello se desprende es que, á lo menos en conservación de carreteras, vamos medio siglo á la zaga de nuestros vecinos, hecho tanto más sensible cuanto que tan fácil remedio tiene, y que, según se ha indicado en la sección segunda de esta obra (pág. 85), España no vaciló en aplicar desde luego, en la centuria anterior, los perfeccionamientos planteados en Francia por Trésaguet, y hubiera sido sencillo no estacionarse y seguir la marcha progresiva marcada por las naciones de mayor cultura.

2.<sup>a</sup> Insiste mucho Dupuit, y con razón, en que la humedad es elemento indispensable para que los bacheos hagan clavo; pero entiéndase que no es necesario, ni siquiera conveniente, aguardar épocas lluviosas cuando se puede regar á poca costa, ya por tener agua á presión, como suele suceder en las calles, ya por contar con pozos bastante próximos para que no resulte oneroso el em-

pleo de cubas de riego. Claro es que los casos citados son excepcionales, y que en la mayoría de ellos hay que admitir sin restricciones la doctrina de Dupuit.

**Otros métodos de bachear.**—**SISTEMA DE DUMAS.**—En una Memoria publicada por Dumas en 1841, se muestra en un todo conforme con lo que precede respecto á la urgencia y modo de extraer detritos; pero difiere algún tanto en la materialidad de hacer los bacheos, pues defiende que se apisonen, partiendo, por supuesto, de la base de que el tiempo esté húmedo ó se rieguen los materiales. Esta pequeña modificación es muy acertada, por más que la censure Debauve, pues salta á la vista que de esa manera trabarán antes las piedras, los desperdicios serán menores, y el sobreprecio del apisonamiento quedará compensado con la economía de material, la que se realiza en la vigilancia que por mucho tiempo reclaman los bacheos ordinarios y la reducción del período en que las obras del firme molestan á la circulación. De esta misma opinión era el general inglés Burgoyne, que en 1847 expresó su idea de que el procedimiento de Dumas era el mejor y más barato. Añadía que no se olvidase que al pasar de una carretera mediana á otra buena, se reducían en 20 por 100 los gastos de tiro, disminuyendo también los desperfectos de las garniciones y vehículos, y que estas economías, muy crecidas si se aplican á la masa de transportes, se logran con ligeros aumentos en la mano de obra de conservación, y á veces con sólo una buena repartición de gastos. Legisladores é Ingenieros debieran reflexionar sobre este punto.

**SISTEMA DE MONNET.**—Tiene por objeto acelerar la trabazón de los bacheos, y se aplicó algún tiempo en el Jura. Los materiales de conservación se clasifican, cribándolos, en tres categorías: compréndense en la 1.<sup>a</sup>, los cantos de más de 0<sup>m</sup>,03 de dimensión máxima; en la 2.<sup>a</sup>, los que tienen de 0<sup>m</sup>,015 á 0<sup>m</sup>,03, y en la 3.<sup>a</sup>, los más menudos. Cuatro ó cinco volúmenes de las piedras mayores se baten con una de recebo ó de detritos del firme, la cual se ha regado y amasado previamente hasta formar una pasta uniforme; la mezcla se hace lo mismo que la de la piedra y mortero en el hormigón, es decir, que se remueve con rastras ó palas hasta que cada guijarro quede envuelto por el ba-

ro. El bache se descarna á pico, como de ordinario; se riega el fondo, pero sin que quede agua estancada, y en seguida se echa el aglomerado, igualándolo con pala ó azada y comprimiéndolo con pisones de 12 á 15 kilogramos. Agréganse luego piedras medianas, que se riegan sin enlodarlas y se apisonan, de suerte que penetren como cuñas en los huecos del macizo: si no se introducen todas, se quitan las que sobren. De igual manera se procede con la *almendrilla* ó material menudo; por último, se extiende un poco de recebo y se apisona otra vez.

Los bacheos resisten desde luego á los cascos de caballerías y ruedas de vehículos, y no necesitan vigilarse más que uno ó dos días, durante los cuales se reparan con pisón y algo de detritos las grietas, surcos ó cualesquiera otros defectos que se presenten.

La ventaja que casi todos los autores atribuyen á este método de que permite bachear en las cuatro estaciones, con tal de que no hiele y de que se disponga de agua, es por todo extremo ilusoria, pues es evidente que, en semejantes condiciones, sucede lo propio con los demás sistemas.

Por otra parte, el de Monnet exige mano de obra tan considerable; tanta inteligencia y habilidad en los peones para graduar las cantidades de agua y recebo que se han de mezclar con la piedra (las cuales varían con las circunstancias atmosféricas), y para el empleo de materiales, que no se ha extendido y ha dado malos resultados casi siempre, incluso en París, donde se ensayó. Á lo sumo será aplicable, como indica Durand-Claye, á algunas reparaciones que hayan de ejecutarse en verano.

Dos advertencias para terminar la exposición del sistema: 1.ª, no puede admitirse cuando la piedra es silíceo y áridos los detritos, á menos que se agreguen al aglomerado arenas calizas ó margosas, que frecuentemente salen á precios elevados; 2.ª, el inventor intenta demostrar que su procedimiento se distingue de los demás por lo económico: después de la simple enumeración de los trabajos que exige, es ocioso detenerse á impugnar el aserto.

**Extracción de hielo y nieve.**—No basta extraer el polvo y el barro, como repetidamente se ha dicho: es preciso también en muchas localidades, durante los meses de invierno, quitar el hielo y la nieve.

Si el camino está bien conservado, las aguas encontrarán siempre fácil salida, y no es posible que se forme más que una película de escarcha, suficiente, sin embargo, para que resbalen las caballerías, sobre todo en tramos de cierta inclinación, y para que se desagregue el firme. Remédiase con facilidad suma, echando con palas arena ó detritos provenientes del firme: pudieran también emplearse con igual objeto cenizas, aserrín, tanino ú otras sustancias análogas que abunden en la localidad. Pero si, á consecuencia de charcos en depresiones descuidadas del camino, la capa de hielo adquiriese algún espesor, no debe prescindirse de romperla con azada ó zapapico, según su dureza.

Cuando el suelo se cubre de nieve, la circulación es difícil, y hasta llega á hacerse imposible si aquélla alcanza espesor considerable. En tales circunstancias, es preciso que desaparezca en seguida: al efecto, se reúnen el capataz y peones de la cuadrilla y los auxiliares indispensables, y proceden á quitarla empleando escobas ó palas, si la nieve es pulverulenta y no excesivo el grueso de la capa: el uso de las últimas herramientas citadas es general en España, y de ahí los nombres de *espaleo* y *paleo* con que se conoce la operación. Para que el tránsito se interrumpa por poco tiempo, se empieza abriendo una calle de unos 2<sup>m</sup>,50 de ancho, en especial si la nieve es muy compacta y espesa: en tal caso no podrán emplearse escobas, y habrá que acudir á palas ó rastras de madera ó hierro.

En las comarcas en que abundan las nieves, como sucede en el paso de divisorias elevadas, se usan medios más rápidos, disponiendo bastidores triangulares de piezas ensambladas en forma de V, que se llaman *arados* (1). Se arrastra el aparato con la punta hacia adelante, consiguiéndose así que á derecha é izquierda se vaya reuniendo la nieve en cordones continuos, dejando una vía de ancho igual á la separación de los costados laterales del arado. Cárgase éste de piedras en cantidad adecuada para que no se levante por la resistencia que tiene que vencer, ni estropee el firme. La tracción se hace á brazo ó con bueyes ó caballerías, según el peso de la herramienta y la compacidad de la nieve.

(1) Durand-Claye, *Routes*.

**Otros trabajos de conservación.**—**RIEGO.**—Á pesar de lo que convienen los riegos, sobre todo en verano y en épocas de sequía, no es común en el servicio general de Obras públicas disponer, en circunstancias económicas, del agua necesaria, como no sea en el interior ó proximidad de poblaciones. Sin embargo, cuando se pueda, no debe prescindirse de dar los riegos necesarios, que son en número variable, según las condiciones climatológicas y la naturaleza del firme, pues es sabido que el material silíceo tiene más tendencia que el calizo á desagregarse.

Para regar se usan regaderas, cubas ó bocas y mangas: estas últimas exigen que haya agua á presión, y no es frecuente que se adopten más que en calles ó paseos canalizados. Las regaderas hacen costosísima la operación, pues un peón sólo riega con ellas una superficie de 320 á 400 metros cuadrados por hora: no son admisibles más que para ciertos trabajos, como bacheos. Á riego de carreteras se aplican, por lo general, cubas de un metro cúbico de capacidad, que pueden vaciarse tres veces por hora, y cubrir en esta unidad de tiempo unos 7.200 metros cuadrados; existen dos tipos principales de cubas: las de madera y manga de cuero, que son baratas, pero requieren un peón menor, además del carretero, y las de palastro, en que el agua sale por un tubo horizontal y curvo, agujereado, cuya comunicación con el depósito se abre ó cierra por un sistema de palancas que se maneja desde el pescante. Las cubas se arrastran por una ó dos caballerías, según la inclinación de las pendientes.

Se ha ensayado en calles y carreteras reemplazar los riegos con la extensión de sales delicuescentes (cloruros cálcico ó magnésico), que se apoderan del vapor de agua de la atmósfera y mantienen algo húmedos los firmes. En París se preparaba una disolución concentrada de cloruro de magnesio, producto barato por ser residuo que se obtiene en la fabricación de la sal común, y se vertía con cubas sobre el firme, á razón de medio kilogramo por metro cuadrado: el efecto duraba tres días, si bien era preciso dar de cuando en cuando algún riego ligero.

Método análogo siguió el Inspector general de Puentes y Calzadas, Sr. Lechallas, en las carreteras del departamento del Sena Inferior, bastando tres riegos de cloruro cálcico en Junio, dos en

Julio y uno en Agosto para conservar en aquella localidad suficientemente húmedos los firmes.

El uso de sales no se ha extendido, porque el método sale caro, y además porque la absorción del agua del ambiente es á todas luces antihigiénica.

APISONAMIENTO.—Algunos firmes, como los que descansan en subsuelo cretáceo, se desagregan y levantan en las épocas de deshielo. Combátese la tendencia comprimiéndolos con pisones de unos 12 kilogramos de peso las veces que sea indispensable para que el macizo se asiente.

#### CONSERVACIÓN POR RECARGOS.

**Exposición del sistema.**—Bien pocos renglones bastan para dar cuenta del sistema, que se reduce: 1.º, á conservar la tersura de la superficie por los procedimientos ya conocidos, esto es, por la extracción continua de detritos y los bacheos estrictamente necesarios para que desaparezcan las depresiones que, por causas ya puntualizadas, se formen en la superficie; 2.º, á no bachear para reponer el desgaste, sino dejar que el firme descienda paralelamente á sí mismo, y restituir luego el espesor por medio de un recargo, que se ejecuta como si se tratase de una obra nueva, con la única precaución de picar la base en que ha de descansar, á fin de que las dos partes traben con facilidad.

Como la manera de proceder se ha explicado hasta en sus más pequeños pormenores, no hay para qué insistir en el asunto; pero sí conviene hacer algunas advertencias.

ESPESOR DE LOS RECARGOS.—Refiérese la primera al espesor que habrá de darse al recargo; en otros términos, hasta qué punto convendrá dejar que se consuma el firme antes de restituirle el desgaste. Nada concreto puede establecerse respecto de este particular, porque la resolución del problema depende de las condiciones especiales del afirmado y de los medios de consolidación de que se disponga. Es evidente que el macizo habrá de contar siempre con dimensiones sobradas para que no haya temor de que se hunda bajo la acción de las cargas más fuertes que transiten por la vía. Si sólo circulan vehículos ligeros, bastará un espesor in-

significante: á 0<sup>m</sup>,03 ó 0<sup>m</sup>,04 se había reducido el del firme del paseo de coches del Retiro, cuando se recargó hace unos cuantos años; pero en calzadas sometidas al tránsito de carruajes muy pesados no se puede llegar á aquel límite, en especial si el subsuelo no es resistente, y será oportuno recargarlas en cuanto el grueso sea de 0<sup>m</sup>,08 ó 0<sup>m</sup>,10.

Por otra parte, es sabido que los rodillos ordinarios movidos por fuerza animal no transmiten las presiones á profundidad superior á 0<sup>m</sup>,10 ó 0<sup>m</sup>,12, circunstancia que determina el grueso máximo de los recargos, si se consolidan con aquellos aparatos. En cambio, los de vapor comprimen firmes hasta de 0<sup>m</sup>,25, y por consiguiente, cuando haya posibilidad de emplearlos, será económico no recargar ínterin el adelgazamiento no comprometa la estabilidad de la capa.

En suma, como en el servicio de carreteras no es frecuente contar con cilindros de vapor, los recargos no deberán pasar de 10 ó 12 centímetros de grueso, y esto en el caso de que las pendientes permitan usar rodillos relativamente pesados, pues si la consolidación ha de hacerse con pisones ó cilindros pequeños de piedra, no deberá pasar el espesor de 0<sup>m</sup>,06 á 0<sup>m</sup>,08 (pág. 108).

MEDIOS QUE HAN DE EMPLEARSE PARA NO INTERRUMPIR LA CIRCULACIÓN.—La diferencia esencial que existe entre la construcción de firmes nuevos y la de recargos en el sistema de conservación, es que en este último caso hay que atender á que no se interrumpa el tránsito por la vía. Lo más común es dividir el recargo en dos ó tres zonas, según la anchura del camino, dejando expedito el paso por un costado, lo que si bien resulta molesto, constituye incomodidad leve, por la rapidez con que se llevan á cabo los trabajos, sobre todo, si se escoge estación oportuna ó se dan riegos abundantes. Es cierto que en carreteras estrechas es difícil, y aun imposible, que quede espacio libre para el movimiento; pero el tránsito por ellas es casi siempre exiguo, y entonces no suele ser ventajoso el sistema que se describe, como muy pronto se verá, y, por otra parte, podría apelarse á que la circulación siguiera efectuándose por toda la anchura, á pesar de los perjuicios que resulten para el tráfico y las mismas obras; ya se dijo en la sección segunda que no es raro tener que adoptar este método en trabajos

de nueva construcción, y con mayor motivo puede admitirse en los de conservación, que son accidentales y se ultiman con brevedad.

**Conservación de calles.**—Las calles afirmadas con macadam se conservan por el sistema de recargos, á lo menos en poblaciones de alguna importancia, lo que se justifica por el considerable desgaste que experimentan, á causa de la circulación activa á que se hallan sometidas (1). En semejantes circunstancias, los bacheos para mantener el espesor, habrían de ser numerosísimos, resultando molestias sin cuento para el tránsito, y notorio aumento de gastos por las condiciones desfavorables en que tendrían que efectuarse los trabajos. Á primera vista, no obstante, pudiera juzgarse exagerado el aserto, por creer que, aunque sea grande la circulación de vehículos por las vías urbanas de capitales, aquéllos son coches ligeros en su inmensa mayoría, y no producirán desgaste de entidad en los afirmados. Nada más erróneo: por las calles transitan muchos carruajes pesados, como los que transportan materiales y artículos de consumo; camiones que llevan mercancías muy diversas desde las fábricas ó las estaciones de ferrocarriles á los domicilios de los destinatarios; ómnibus que, si bien no de mucho peso, ocasionan desperfectos graves al arrancar las caballerías después de cada una de sus frecuentes paradas; tranvías, cuyos tiros producen aún daños de más consideración, en especial en los tramos de inclinaciones fuertes, etc. Si á todo ello se agrega que, al revés de lo que pasa en las carreteras, el tránsito aumenta en las calles en épocas de lluvia, en las cuales son más sensibles en los firmes los efectos del roce, se comprenderá bien que no es preciso buscar ejemplos en Londres, París ó Nueva York, para encontrar vías cuyos afirmados se desgasten más de 0<sup>m</sup>,04 al año.

(1) Hasta ahora no se han hecho en España trabajos estadísticos sobre este particular; pero se comprenderá la frecuentación enorme de algunas vías, con los siguientes datos, relativos al número de caballerías que pasaron, por término medio, por ciertos puntos de París, durante veinticuatro horas, en los siete días seguidos en que se hicieron observaciones en el año 1881.

Calle de Rívoli.....	42.035
Avenida de la Ópera.....	36.158
Puente Nuevo.....	24.637

Por bacheos se conservaron las calles de París durante algún tiempo; mas á pesar de cuantas precauciones se tomaron en la elección y preparación de materiales, hubo que desistir, y hoy se emplea exclusivamente el método de recargos, no sólo en aquella capital, sino en casi todos los centros populosos. Fácil es recargar el firme de grandes arterias sin causar perjuicios considerables al público, si se observan las reglas siguientes: 1.<sup>a</sup>, escoger la época en que menor sea la circulación, lo que no ofrece inconveniente, por la facilidad de proporcionarse agua, aunque el tiempo esté seco; 2.<sup>a</sup>, emplear los medios más expeditos de consolidación, debiendo preferirse los rodillos de vapor; 3.<sup>a</sup>, hacer que en las vías de afirmados mixtos se verifique el tránsito por las zonas en que aquéllos no sean de piedra machacada, siempre que tengan ancho suficiente para no causar perturbaciones graves al movimiento; 4.<sup>a</sup>, dividir el recargo en dos ó tres zonas, en sentido de la latitud, como se ha indicado para las carreteras, cuando todo el firme sea de la misma naturaleza. En calles anchas este último método no presenta dificultades; y respecto de las estrechas, ya se dijo (pág. 118) que el pavimento de piedra partida no era á propósito, por la imposibilidad de conservarlo bien; sin embargo, si por excepción se hubiese afirmado así alguna vía de anchura escasa, no habría más remedio que recargarla por trozos pequeños, prohibiendo el tránsito sucesivamente entre dos bocacalles inmediatas, como se practica al reparar los empedrados.

En el período que media entre dos recargos, se conserva la tersura de la superficie por idénticos medios que en las carreteras; pero procurando que los trabajos que molesten al público se hagan en las primeras horas de la mañana, antes de que el tráfico sea grande. Esta advertencia es aplicable sobre todo á los bacheos, que conviene ejecutar transportando temprano la piedra partida al sitio en que ha de emplearse, desde los depósitos en que se tenga almacenada; picando y limpiando las depresiones con el esmeró que sea compatible con la cuantía de la frecuentación; introduciendo los guijarros y el recebo, y apisonando para acelerar la trabazón, después de regar si la sequedad de la atmósfera lo requiere.

La limpia continua es aún más necesaria que en las carreteras,

advirtiendo que siempre cabe efectuarla con escobas, porque si el barro adquiere cierta consistencia, se puede reblandecer con riegos. Los detritos se barren hacia los arroyos, desde los cuales se dirigen á los sumideros de alcantarillas con las mismas escobas ó con chorros de agua á presión.

Por último, los riegos son indispensables siempre que el tiempo no esté lluvioso, so pena de que el polvo incomode á los transeuntes; ha de procurarse mantener cierta humedad en el suelo, pero huyendo de que sea excesiva, porque en el momento que se abusa del agua se forman barrizales tan perniciosos ó más que el polvo, como se observa en Madrid, donde es ya costumbre antigua encharcar las calles. Los riegos se dan atornillando las mangas á las bocas, y acudiendo únicamente á cubas cuando no pueda pasarse por otro punto.

#### COMPARACIÓN DE LOS DOS SISTEMAS.

Se reseñarán los principales inconvenientes y ventajas de ambos sistemas, procurando no incurrir en las exageraciones de que pecan los violentos escritos de Ingenieros eminentes, empeñados en no reconocer defecto alguno á los métodos que defienden ni circunstancias favorables á los contrarios. La cuestión económica, aunque muy interesante, no lo es tanto como la comodidad del público y la facilidad de la tracción, que se considerarán en primer término.

COMODIDAD DEL PÚBLICO.— En caminos poco frecuentados la conservación por bacheos se efectúa sin molestar mucho al tránsito, porque los vehículos pueden separarse sin dificultad de las depresiones en que se trabaje. Por el contrario, en el momento que el tráfico es activo, las incomodidades suben de punto, con la circunstancia, que ya se hizo notar en renglones anteriores, de que no sólo padecen los transeuntes, sino los operarios, y de que las diversas faenas no se ejecutan con la perfección que fuera de desear. No es esto decir que con el procedimiento de recargos no se moleste al tráfico: los acopios de materiales que ocupan parte de la superficie; el no poder disponer más que de la mitad del afirmado durante la extensión y consolidación, y la contingencia de que

temporales interrumpen los trabajos, quedando mientras tanto el camino en condiciones bien poco á propósito para el movimiento, son hechos efectivos, que describió gráficamente Dupuit en su Memoria de 1855, publicada en los *Anales de Puentes y Calzadas*. Pero no hay que perder de vista que las incomodidades para el público duran meses enteros y en toda la longitud de la carretera con el sistema de bacheos, al paso que con el de recargos se limitan á trozos pequeños, pues que nunca se cilindra á la vez arriba de medio kilómetro, y además las molestias se reducen, en proporciones notables, escogiendo bien la época para recargar y ejerciendo vigilancia asidua para que las operaciones marchen con rapidez.

Bajo el aspecto que se considera, merece, por tanto, preferencia el método de recargos, cuando el tránsito es de cierta entidad, más de 300 *colleras* (1) diarias, según Debauxe; para circulaciones menos activas, son aceptables los bacheos.

FACILIDAD DE LA TRACCIÓN.—Desde este punto de vista no es dudosa la ventaja del método de recargos, pues que por regla general y á menos que se trate de caminos estrechos, como carreteras de tercer orden, los vehículos no pasan por la zona recargada hasta que está bien comprimida, mientras que los bacheos se consolidan por la acción misma de aquéllos. Cabe, por consiguiente, aplicar al caso que se examina los mismos razonamientos que se expusieron (pág. 80) al discutir el sistema de construcción de Mac-Adam, en que se encomendaba al tránsito la trabazón de materiales.

Otro elemento hay que considerar, no obstante, que influye asimismo en la tracción, pues que está íntimamente ligado con que escurran bien las aguas y no se estanquen en la superficie: el perfil transversal. El bombeo se puede mantener con la curvatura conveniente en el método de bacheos, lo que no ocurre en el otro, porque, aun cuando se diga que el firme se va desgastando paralelamente á sí mismo, se echa de ver que la locución no es correc-

(1) Se entiende por *collera* cada buey ó caballería mayor, que tiran de vehículos cargados de mercancías ó de carruajes públicos para viajeros. Como se verá más adelante, se adoptan en Francia coeficientes diversos para reducir á aquella unidad la frecuentación total de una carretera.

ta, en atención á que el desgaste es mayor en el centro, donde el movimiento es más activo, que en los costados. Sucede, por tanto, que en el período que media entre dos recargos, disminuye el bombeo, hasta el punto que no es raro que haya desaparecido por completo y aun que la superficie sea ligeramente cóncava al acometer la extensión del material. Sin negar este extremo, aducen los partidarios de recargos que los bacheos sustituyen partes salientes á las deprimidas.

MATERIAL.—Es común afirmar que para reponer el desgaste se necesita mucho menor volumen de piedra efectuando la conservación por recargos que por bacheos (1), habiendo quien gradúa la economía nada menos que en 25 ó 30 por 100. Fúndanse en que al recargar se añade siempre 25 ó 30 por 100 de recebo (2), de suerte que la piedra sólo contribuye con 15 ó 10 de detritos para rellenar huecos; en los bacheos, agregan, todo el relleno (alrededor de 40 por 100) lo ha de suministrar el material. El argumento carece de base: igual cantidad de recebo puede y debe usarse al bachear que al recargar, y ya lo expresaba así Dupuit en su circular (pág. 195). No es esto asegurar que no se realice con los recargos alguna economía, por el mayor número de guijarros que aplastan

(1) Véase la *Memoria* publicada en 1851 por el Sr. Graeff, Ingeniero jefe de Puentes y Calzadas.

(2) Esta cantidad de recebo es excesiva. En una *Memoria* publicada recientemente por Durand-Claye en los *Anales de Puentes y Calzadas* (Octubre de 1891), manifiesta que la substancia aglutinante no debe pasar de  $\frac{1}{8}$  á  $\frac{1}{10}$ , ó sea del 13 al 10 por 100, del volumen de piedra, porque no se necesita rellenar los huecos más que en la parte superior, á causa de que el resto se va macizando poco á poco por la acción del desgaste. Como después de comprimida la piedra se reducen los vacíos á 25 por 100 próximamente, opina el autor referido que con una capa de recebo de 0m,01 á 0m,015 de grueso, se cementa un espesor de firme de 0m,04 á 0m,06, que es suficiente en la mayoría de los casos. En realidad puede hacerse llegar el recebo hasta el fondo, siempre que sus funciones se limiten á llenar huecos y no quede interpuesto en las piedras, circunstancia que es difícil de satisfacer. No huelga insistir en este punto, que ya se examinó en la página 99.

Por último, es claro que los materiales blandos necesitan menos aglutinante que los duros, porque aquéllos se desportillan y aplastan más que éstos.

las ruedas de vehículos que los rodillos; mas es tan insignificante que no vale la pena de tenerla en cuenta.

La unidad de volumen de piedra machacada puesta al pie de obra sale notablemente más barata en el procedimiento de bacheos que en el de recargos, siempre que se organice bien el servicio. La razón es obvia: por el primer método se requiere, al año y por kilómetro, cantidades exiguas de material, que se pueden subastar por trozos pequeños y en la época en que cesan las faenas agrícolas, después de la recolección; en circunstancias semejantes, los mismos labradores se interesan directa ó indirectamente en la licitación, contentándose, por lo común, con ganar sus jornales y los de los medios de transporte de que disponen. Provincias hay en España en que se hacen los acopios á precios inverosímiles, lo cual jamás se logra en los recargos, en que por la cuantía del volumen y por contratarse con mucha frecuencia, á la vez que el suministro, el empleo del material, la competencia tiene que ser bastante más limitada.

En cambio, la extensión y consolidación son menos costosas en recargos que en bacheos, porque aquéllos se prestan á una organización y vigilancia que es de todo punto imposible establecer en éstos.

En suma, por ambos sistemas se gasta con corta diferencia el mismo volumen de piedra; su acopio es más barato en el de bacheos y más caro el empleo en obra, de suerte que el resultado económico depende de las circunstancias locales.

PERSONAL.—Con el método de recargos se disminuye bastante el personal de peones camineros, pues quedan suprimidos casi todos los bacheos, que son los trabajos que requieren mayor mano de obra en las estaciones en que se ejecutan. Esta ventaja suele ser causa de que la conservación se resienta, por reducir demasiado el número de peones y no contar con los suficientes para extraer los detritos con la rapidez que es necesario, si se ha de mantener el camino en perfecto estado. Sobre este punto conviene transcribir los párrafos siguientes de una Memoria escrita en 1865 por el Sr. Graeff, testigo de mayor excepción, como partidario decidido de los recargos:

«Una de las cosas más difíciles é importantes en materia de conserva-

ción, es el reparto conveniente de gastos entre mano de obra y material; problema que no puede resolverse teóricamente y que hay que fiar á la observación y la práctica local. Los principios del Sr. Berthault-Ducreux y de sus adeptos, exageraron por todo extremo la influencia de la mano de obra, haciendo, en nuestro sentir, que la cuestión éntre en via tan perniciosa como la que seguían antes los que todo lo sacrificaban á la cantidad de materiales.

«Entre criterios tan distintos hay un prudente término medio á que atenerse: para encontrarlo sólo cabe aconsejar á los Ingenieros que estudien concienzudamente las carreteras de que se hallen encargados, dándose cuenta de los resultados en cada año económico y adoptando el reparto que, con el menor gasto posible, conserve mejor el capital representado por los firmes y asegure la vialidad en buenas condiciones, pero sin lujo.»

La manera de organizar el servicio ofrece sin duda mayores dificultades en el sistema de recargos que en el de bacheos, hasta el punto que, según Durand-Claye, defensor también de aquél, es quizá la objeción más seria de cuantas se le dirigen. Los datos que suministran los peones y las observaciones de los Ayudantes ó Sobrestantes permiten con facilidad á los Ingenieros, en el procedimiento de bacheos, conocer las necesidades de cada trozo y la manera de satisfacerlas. Los recargos generales exigen atención más sostenida, por las relaciones que existen entre las longitudes de las secciones en que se divide una carretera ó una red para recargarlas sucesivamente, los espesores de las capas y los períodos que han de mediar de uno á otro recargo en una misma sección. Estos elementos no son arbitrarios: es casi imposible determinarlos con alguna exactitud, y el problema se complica aún más si ciertas secciones se conservan por bacheos, si sobrevienen cambios en las corrientes del tráfico, etc., etc. (1).

RESUMEN.—De lo que antecede resulta que no es dable resolver de plano cuál es el sistema más á propósito para restituir á un firme el desgaste que experimenta. Lo único que parece fuera de duda es que en vías de gran movimiento, entre las que figuran en primer lugar las calles muy transitadas, no son admisibles los bacheos y ofrecen ventajas notorias los recargos, tanto

(1) Véase sobre este asunto la Memoria publicada por Durand-Claye en 1891, de que ya se ha hecho mérito.

para la tracción y la comodidad del público, como en sentido económico. En carreteras de escasa frecuentación, el pro y el contra se equilibran, y no es prudente decidirse por uno ú otro procedimiento sino después de observaciones prolijas en que se estudien á fondo todas las circunstancias locales.

Para terminar el paralelo, no será ocioso advertir que el método de recargos presupone la consolidación artificial, y que cuando no pueda efectuarse ésta por carecer de aparatos; por tratarse de zonas en que las sequías se prolongan á veces años enteros, como acontece en ciertas comarcas de España; por no permitir la inclinación de las rasantes que funcionen los rodillos en condiciones aceptables, ó por cualesquiera otras circunstancias, estará justificado que la conservación se haga por bacheos.

#### ACOPIOS Y HERRAMIENTAS.

**Acopios.**—Repetidas veces se ha manifestado en páginas anteriores que para el buen éxito de los trabajos de conservación es requisito indispensable tener á mano la piedra partida necesaria para asegurar la tersura de la superficie y aun para reponer el desgaste si se acepta el método de bacheos.

Á la calidad, preparación y recepción de la piedra se aplican en un todo las advertencias que se hicieron en la sección segunda, al explicar el modo de construir los firmes. El material se deposita siempre en montones de volumen constante, á lo largo de los paseos, excepto cuando se trate de vías urbanas, pues en ese caso hay que almacenarlo en locales á propósito fuera de la población. La costumbre francesa es disponer los montones en forma de tronco de pirámide cuadrangular, á los que se da magnitudes tales que cada uno mida, por lo común, un metro cúbico, si bien á veces, en caminos poco frecuentados, se reduce aquel volumen á la mitad: la recepción se efectúa por medio de plantillas. Este sistema, contra el cual clamaba Berthault-Ducreux en 1834, tiene el defecto grave de que, sobre exigir el gasto de sumas considerables al año, es completamente inútil, porque los montones se deforman en seguida: debe preferirse el que se sigue en España.

**Herramientas.**—Para que los peones puedan barrer y desenterrar con rapidez, es necesario que estén provistos de *escobas* y *rastras* movidas á brazo ó por caballerías. Conviene consagrar á estas herramientas algunas consideraciones.

**ESCOBAS.**—Las escobas duras son perjudiciales, sobre todo en firmes silíceos, que con tanta facilidad se desagregan durante las sequías: se ha de barrer con mucha suavidad, no ejerciendo más esfuerzo que el estrictamente necesario para quitar la película de polvo que se forma entre dos barridos, pues en un buen sistema de conservación no es admisible que la capa llegue á adquirir tanto espesor, que no pueda extraerse sino con rastras ó escobas rígidas. Las del comercio son demasiado gruesas, ásperas y pesadas para que produzcan buenos resultados, y sólo serán aceptables en trozos en que se forme mucho barro ó en travesías de pueblos: es mejor que las hagan los mismos camineros con ramas de abedul, retama ó brezo, y en general, con tallos herbáceos, largos, flexibles y resistentes. Las escobas han de tener poco volumen y mango de 2 ó 3 metros de longitud, á fin de que el peón colocado en el eje del camino eche de una vez las barraduras á cada paseo, siempre que el firme no tenga ancho superior al corriente en nuestras carreteras de primer orden: de este modo basta un jornal para barrer 3 ó 4 kilómetros.

Hace años se construyen escobas de cabellera cuadrada (figura 32.<sup>a</sup>, lám. 2.<sup>a</sup>), hechas con tallos de *piazzava*, llamados con impropiedad *juncos americanos* (1), los cuales se fijan á un travesaño de madera, al que se une oblicuamente el mango. Manéjase la herramienta empujando hacia adelante las barraduras, pero apretando para que el firme no se deteriore.

Tiempo há que se persigue la idea de construir aparatos que realicen el barrido con rapidez y economía, mas hasta ahora el problema no se ha resuelto. Las máquinas propuestas para barrer y recoger al propio tiempo los productos no han tenido buen éxito, y las que se limitan á reunir el polvo ó el lodo en cordones la-

(1) La *piazzava* es una especie de palmera del Brasil, de que se sacan tallos muy flexibles y resistentes, de aspecto parecido á alambres oxidados. Las escobas de este material son algo caras, pero en cambio duran mucho y el trabajo queda mejor terminado que con las comunes.

terales dejan bastante que desear. El modelo más generalizado en la actualidad es el debido á D. Guillermo Smith, que obtuvo privilegio de invención en 1867: se ha usado en Barcelona, Bilbao y Madrid, por más que en este último punto, después de algunos ensayos que luego se reseñarán, no se emplea sino para barrer hojas en el Retiro; en varias capitales de Europa funciona, al parecer, en condiciones admisibles.

Compónese el aparato (1) de un bastidor de hierro *AXBD* (fig. 65.<sup>a</sup>, lám. 6.<sup>a</sup>) montado en dos ruedas del mismo metal, y en el que está fijo el árbol auxiliar *EF*, paralelo á la escoba; en el extremo de este último va el piñón *E*, que endienta con la rueda cónica *G*, unida invariablemente al eje del carretón. La escoba *MN*, de 1<sup>m</sup>,80 de longitud, forma ángulo de 30° con aquél: se halla constituida por un núcleo de madera, en el que se fijan, en dirección de generatrices de helicoides, hacecillos de piazava; las extremidades se enlazan á dos brazos rígidos *IM* y *NJ*, que pueden oscilar respectivamente alrededor de *I* y *J*; además, el *NJ* se alarga ó acorta por un sistema de tornillos, que permite variar la inclinación de la escoba. El movimiento del árbol auxiliar se comunica á éste por una cadena de Galle.

Las dos ruedas del carro son locas, y para hacerlas solidarias con el eje, lo que es indispensable, puesto que la *G* es fija, llevan ruedas catalinas, *RR*, con sus correspondientes uñas.

Á fin de apretar más ó menos la escoba contra el suelo, ó elevarla por completo cuando no ha de trabajar la máquina, los brazos que la sostienen están suspendidos cerca de sus extremos por cadenas, que cuelgan de otros brazos, *HH*, unidos á una barra cilíndrica, *LL*, sujeta al bastidor, y que se mueve por la palanca *Q*. Lleva además la máquina una chapa de hierro, que cubre la parte superior del rodillo: el asiento, *C*, del conductor, y un cajoncito, *K*, para las llaves y herramientas, completan el aparato.

El manejo de esta escoba es sencillo. Colocado el carro en el eje de la vía que se ha de barrer, agarra el conductor la palan-

(1) Lo que se expone acerca de estas escobas se ha tomado de la Memoria escrita en 1886 sobre *Barrederas mecánicas*, por los Ingenieros del Cuerpo D. A. Corral y D. E. Martínez, en aquella época alumnos de la Escuela.

ca *S* (fig. 66.<sup>a</sup>) y apoya el pie en la lámina *P*, hasta sacar la extremidad *O* del hueco en que encaja. Una vez conseguido, deja caer la escoba, cuya presión gradúa, haciendo chocar la palanca *QU* con un tope, que puede introducirse en uno cualquiera de los orificios abiertos en el arco *OT*. Dispuesta así la máquina, se pone en movimiento, reuniéndose las barreduras en forma de cordón continuo hacia el borde de la izquierda, en sentido de la tracción. Cuando llega el carro al final del tramo que se limpia, da la vuelta y efectúa el barrido por el otro costado del eje, determinándose dos cordones paralelos que, por pasadas sucesivas, cuando la anchura de la vía lo requiera, se van corriendo hacia los paseos ó cintas de las aceras, recogiendo luego los productos por peones ó arrastrándolos á los sumideros, según los casos. Ha de procurarse que la escoba cubra en cada pasada unos 0<sup>m</sup>,40 de superficie ya limpia, para que no quede faja alguna sin barrer; también se ha de cuidar de levantarla, siempre que se dé la vuelta, para evitar el desgaste desigual del rodillo.

La máquina completa pesa 750 kilogramos; y si las pendientes no son fuertes, sólo se necesita para moverla un esfuerzo de 37 kilogramos, inferior al normal que ejerce una caballería.

Los constructores ingleses afirman que esta escoba barre 12.000 metros cuadrados por hora, trabajo equivalente al de 30 peones, y que representa una economía de gastos de 70 á 75 por 100. Según los experimentos hechos en Madrid en 1881, que están conformes con los realizados en el extranjero y en especial en los Estados Unidos, la superficie barrida no es tan considerable como dicen los fabricantes; pero sí puede estimarse en 7 á 9.000 metros cuadrados, según el estado y naturaleza del firme, la inclinación de las rasantes y el tránsito de vehículos durante la limpieza. En cuanto á gastos, resultó en Madrid un beneficio de 50 por 100 respecto á los ocasionados por el barrido á brazo. También se observó que la máquina funcionaba con más rapidez que 10 peones: 6.935 metros cuadrados de firme de macadam, en el Salón del Prado, los barrió aquella en cuarenta y ocho minutos, invirtiéndose setenta por el procedimiento ordinario; la economía de tiempo se eleva, pues, á 31 por 100. Estos guarismos, sin embargo, deben acogerse con reserva, porque no basta un ensayo

en un solo día para sentar conclusiones, que quizá pequen de aventuradas.

El aparato de Smith sirve también, en caso necesario, para echar la nieve á los costados, sustituyendo el rodillo de madera por otro de hierro, á que se sujetan laminillas estrechas de acero, en dirección de las generatrices de un helicoide; entre las ramas de la hélice directriz se fijan púas de hierro, que forman otro helicoide, y si fuese preciso, se dispone un tercero con tallos de palmera brasileña. El rodillo ejerce entonces tres funciones; las láminas de acero cortan la nieve compacta; los garfios la trituran, y tanto aquéllas como los tallos la van reuniendo en los costados.

Á pesar de las ventajas señaladas, las escobas de Smith ofrecen numerosos inconvenientes, que explican el que su uso no se haya extendido. Se procurará resumirlos:

1.º Estas máquinas, como todas las ensayadas hasta el día, no limpian la superficie con la perfección que los barrenderos, y se comprende que sea así, porque el desgaste no es uniforme en toda la extensión de aquélla y se requiere trabajo inteligente para apretar la escoba en unos sitios y aflojarla en otros. Los peones efectúan el trabajo sin dificultad, al paso que las máquinas oprimen el suelo de una manera constante, barriendo mal si la presión es escasa y destruyendo el firme si excesiva.

2.º Cuando el encargado del aparato no lo maneja con esmero, se desgasta irregularmente el rodillo, que toma al poco tiempo forma cónica, y se tiene que reponer en brevísimo plazo. Esta circunstancia no deja de ser importante, pues, aun usándola bien, la escoba sólo dura ciento ochenta horas y su renovación cuesta 70 pesetas.

3.º Los movimientos de la caballería se transmiten al rodillo y producen saltos que dejan algunas partes mal barridas. Este defecto se aminora en las máquinas más modernas del mismo Smith, adaptando una ruedecilla á la parte anterior del carro.

4.º La conservación de todo el mecanismo resulta costosa por las frecuentes manos de pintura que exige el hierro para no oxidarse, y la posición del conductor es tan violenta, que las sacudidas de la escoba lo lanzan á menudo del pescante.

Á fin de que desaparezcan estos últimos inconvenientes, se ha

propuesto en Francia por el Sr. Blot otro aparato en que el bastidor y las ruedas del carro son de madera, material elástico que facilita la buena disposición de las ensambladuras para resistir más tiempo. Lleva el pescante en el centro, y el conductor maneja la escoba sin levantarse, por medio de un manubrio que actúa en un engranaje de tornillo. La escoba propiamente dicha es idéntica á la de Smith, y recibe el movimiento por un engranaje cónico y una junta universal de Oldham.

El Ayuntamiento de Madrid ha adquirido 12 máquinas inglesas de dos ruedas, dos de tres y una de Blot, que exige dos caballerías para la tracción.

Las escobas mecánicas presentan para el barrido de carreteras todos los defectos que se han observado para el de calles, y además la necesidad de emplear un conductor y una caballería, que no siempre se encuentran en el momento preciso. Á pesar de todo, convendría ensayarlas en aquellos trozos que, por su proximidad á grandes centros, tienen circulación excepcional.

RASTRAS.—Cuando el polvo ha adquirido cierto espesor ó el lodo no está bastante fluido para barrerlo, hay que verificar la extracción con rastras. La más sencilla se reduce (fig. 33.<sup>a</sup>, lámina 2.<sup>a</sup>) á una placa de 0<sup>m</sup>,30  $\times$  0<sup>m</sup>,15 de madera ó palastro, unida perpendicularmente al extremo de un mango: la maniobra se hace atrayendo el peón hacia sí los detritos.

Se han propuesto multitud de disposiciones encaminadas á reunir varias rastras sencillas, que permitan desenlodar con prontitud, las cuales pueden estudiarse en las Memorias publicadas en 1842 y 1843 en los *Anales de Puentes y Calzadas*, por los Ingenieros Ducrot y Vignon respectivamente. Pero la más sencilla es la ideada por el Conductor Sr. Marmet, que se reduce á cinco rastras que se solapan y ocupan próximamente un metro: las dos extremas se inclinan hacia adelante y el conjunto forma una superficie cóncava que empuja el barro con el esfuerzo del peón. Cuando la carga es demasiado considerable para hacerla avanzar, el operario levanta las rastras por medio de una báscula, abandona el montón y repite las operaciones. Los detritos reunidos así en montones se cargan en vehículos para llevarlos á los vertederos, ó se depositan en los paseos. De los ensayos hechos en París, en el

*boulevard* de Italianos, resultó que el aparato de Marmet limpiaba 938 metros cuadrados en el mismo tiempo que se invertía para 350 con las rastras ordinarias (1).

Merece también describirse el *carro desenlodador* de Chardot (2), que se dibuja en las figuras 67.<sup>a</sup> y 68.<sup>a</sup> de la lámina 6.<sup>a</sup> Consta de 30 rastras paralelas, *RR*, que casi se tocan y que se solapan próximamente en la cuarta parte del ancho: cada una va empotrada en una palanca *B*, que puede girar alrededor del eje horizontal *aa*, y todas las piezas *B* están fijas á una viga *CC*. Mediante esta disposición, se logra que la presión del barro no sea suficiente para levantar ninguna rastra; pero en el momento que cualquiera de ellas encuentra resistencia excesiva, se mueve su palanca, álzase la rastra y vuelve á caer en virtud de su peso, cuando ha salvado el obstáculo: las rastras operan, pues, con independencia y á manera de las teclas de un piano.

La viga *CC* se adapta sólidamente á la parte inferior de un carro de dos ruedas, con cuyo eje hace ángulo de 30°: para sostener la pieza, se coloca delante una ruedecilla de hierro colado *D*, que puede girar alrededor de la línea vertical *dd*, con objeto de facilitar el movimiento en las curvas. Por debajo de las palancas *B* va una pieza de madera *EE*, cogida por dos cadenas, *FF'*, que pasan por las poleas *GG'*, y se arrollan al cabrestante *H*: basta que éste dé algunas vueltas para levantar la vigueta *EE*, y por consiguiente, todas las rastras á la vez, precaución que ha de tomarse cuando el aparato no funcione.

El modo de operar es idéntico al de la escoba de Smith. Los resultados parece que han sido bastante satisfactorios bajo los aspectos de rapidez y economía, aun cuando no es de creer que el trabajo quede tan bien terminado como con las rastras movidas á brazo, por la imposibilidad de proporcionar las presiones á las resistencias.

De todos modos, y sea cual fuere el sistema que se adopte, las rastras requieren que el barro se halle en cierto grado de fluidez;

(1) Debauve, *Routes*.

(2) Dilschneider y Vionnois, Memoria publicada en los *Anales de Puentes y Calzadas* (1852).

si está reseco ó tan pegajoso que se adhiera á las llantas y arranque las piedrecillas del firme, el medio más económico de desenlodar, cuando se tiene agua á mano, es regar hasta que el barro adquiera la viscosidad á propósito para quitarlo con escobas ó rastras. El procedimiento se aplica raras veces en carreteras, pero es de uso frecuentísimo en vías urbanas.

**OTRAS HERRAMIENTAS.**—Nada se dice aquí respecto á cilindros compresores, que se describieron en la sección segunda, ni á material de riegos, sobre el cual se consignaron las indicaciones necesarias en la página 204.

## II.—EMPEDRADOS.

Entre todos los firmes empedrados, los que exigen conservación más esmerada son los de adoquines, y á ellos en especial se dedicarán algunas consideraciones (1).

**Desperfectos en los adoquinados.**—Las causas que los producen son las tres siguientes:

1.<sup>a</sup> Hundimiento de adoquines aislados por haber cedido el cimientto, por romperse aquéllos ó por desgastarse antes que los demás. El resultado es producirse una ligera depresión que se llena de agua cuando llueve y en la que caen las ruedas, que al chocar determinan movimientos bruscos en los vehículos y estropean los seis adoquines inmediatos al hundido.

2.<sup>a</sup> Asientos desiguales de la arena de la base ó del subsuelo, que ocasionan asimismo depresiones más ó menos extensas, desfavorables para el tránsito, y que dan lugar á que las aguas se filtren por las juntas, reblandeciendo el cimientto y destruyendo la fijeza de los adoquines.

3.<sup>a</sup> Mayor desgaste de las piezas en las uniones que en el medio: como consecuencia, las cabezas se redondean y el bombeo se acentúa, sobre todo en sentido longitudinal. El movimiento de los

(1) Para la mayor parte de lo que se consigna en este artículo, ha servido de base la obra de Durand-Claye.

vehículos resulta muy fatigoso; el coeficiente de tracción aumenta, y estos inconvenientes son de tanta entidad cuanto mayores los adoquines y las velocidades de los carruejes.

Los desperfectos se reparan *por piezas sueltas, por trozos ó por reconstrucción del empedrado.*

**REPARO DE ADOQUINES AISLADOS.**—Se empieza por sacar la arena de las juntas del adoquín hundido, valiéndose de la fija (pág. 117) ó de un palo con un largo regatón apuntado, y cuidando de separar con esmero el barro, á fin de que no caiga por las uniones y se mezcle con la arena.

Se levanta en seguida el adoquín, apalancándolo con barras también apuntadas, y se conserva en esa posición acuñándolo ó sosteniéndolo con el pie, mientras se hace bajar la arena con la fija y se añade la necesaria para llenar perfectamente las uniones. Colócase luego el adoquín y se apisona con esmero.

Las operaciones se facilitan mucho si se dispone de agua para verterla en las juntas y que arrastre la arena, hasta el punto de que es quizá el único sistema para que quede bien calzada la base del adoquín.

La recomposición por piezas da mejor resultado, como desde luego puede preverse, con las que tienen forma de pirámide truncada que con las prismáticas: estas últimas se rompen con frecuencia al apalancarlas, en especial si las juntas son estrechas. Los adoquines rotos hay que sacarlos y reemplazarlos con otros nuevos ó relabrados.

El método descrito se aplica también á baches pequeños. Se limpian todas las juntas en unos 0<sup>m</sup>,03 y se barre el lodo que salga; levántanse sucesivamente todos los adoquines uno por uno, y se colocan al nivel que les corresponda, según se ha indicado. Cuando la depresión es algo extensa, no debe usarse este procedimiento, por salir muy caro.

**REPAROS POR TROZOS.**—Consisten en levantar por completo todos los adoquines comprendidos en el bache; quitar la arena de la capa superior del cimientó, que está mezclada con fango, fétido á veces por la putrefacción de materias orgánicas; reemplazar la arena extraída con otra, cuidando de calzar bien los adoquines del perímetro, y, por último, asentar los nuevos, ateniéndose á

las prescripciones que se señalaron al explicar la construcción de estos firmes.

**RECONSTRUCCIÓN TOTAL.**—Se lleva á cabo cuando todo el firme está en mal estado, aunque también se consideran como reconstrucciones los reparos de trozos que tengan más de dos metros cuadrados de superficie. Por lo común, los adoquines viejos están demasiado bombeados y hay que reemplazarlos casi todos, teniendo cuidado de la uniformidad de tamaños, á lo menos en cada una de las secciones en que se divida el afirmado para la ejecución de las obras.

**Materiales.**—Los requisitos á que han de satisfacer los adoquines y la arena se puntualizaron en la sección segunda. Se acostumbra aprovechar los adoquines de cabeza redondeada, que se sacan de los baches ó firmes reparados, volviéndolos á asentar, de suerte que aquella cara quede formando la base ó una de las superficies de junta. No debe adoptarse ni uno ni otro sistema: el primero, porque la pieza no resulta bien colocada y tiene tendencia á girar cuando la carga insiste cerca de sus bordes; el segundo, porque da lugar á juntas demasiado anchas. Es mejor hacer saltar la parte redondeada y relabrar el adoquín; pero no por los mismos empedradores que no saben practicarlo bien, y que emplearían piezas de distintos tamaños con grave detrimento del firme, sino por canteros y en talleres especiales, donde se clasifiquen para usarlos más adelante en reparos ó reconstrucciones.

**Otros trabajos que reclaman los adoquinados.**—**EXTRACCIÓN DE POLVO Y BARRO.**—Los adoquinados producen pocos detritos, porque se desgastan con mucha lentitud. El barro que cubre su superficie procede á veces de la arena que se escapa de las juntas; pero casi siempre lo depositan las ruedas de carruajes que han transitado por firmes de piedra machacada: se quita con escobas, no habiendo dificultad en que éstas sean más duras que las empleadas para el macádam, porque no se corre el riesgo de la desagregación. Como el suelo es homogéneo, las escobas mecánicas pueden recibir aplicaciones ventajosas.

EMPLEO DEL CILINDRO COMPRESOR (1).—En una Memoria pu-

(1) Debauve, *Routes*.

blicada en 1852, el Sr. Quaisain, Ingeniero de Puentes y Calzadas, aconseja que se apliquen los cilindros compresores á la conservación de adoquinados para evitar los efectos desastrosos de los deshielos. Sabido es que el agua que se filtra á través de las juntas se hiela en las épocas crudas de invierno, porque la capa de cimientto no suele tener el espesor de 0<sup>m</sup>,45 á 0<sup>m</sup>,50 que se necesitaría para substraerla á la acción de los grandes descensos de temperatura: al congelarse levanta los adoquines, que quedan como colgados en el momento del deshielo; poco tiempo después, formando el agua con la arena, y sobre todo con la arcilla que suele constituir el subsuelo, un fango fluido, las piedras nadan en la masa, pierden su estabilidad, y se producen baches y rodadas, por escasa que sea la circulación. Estos efectos, no muy sensibles en la mayor parte de nuestro territorio, lo son tanto en Francia, que en época todavía reciente, en 1852, se dictaron disposiciones para el establecimiento de *barreras de deshielo*, que cerraban por completo la vía al tránsito de vehículos en días determinados.

Semejantes trabas no son aceptables hoy, en atención al desarrollo que han tomado los intereses comerciales, y se recurre á ejecutar en el subsuelo, cuando las circunstancias lo aconsejan, verdaderos avenamientos, y á favorecer por todos los medios posibles la evaporación rápida del agua contenida en el firme.

El Conductor Sr. Coppé ha propuesto que después de los deshielos se compriman los adoquinados, obligando al fango líquido á salir por las juntas. Hízose el ensayo con un cilindro de ocho toneladas de peso, en una carretera que se barrió previamente: un barrendero seguía al aparato y echaba á los costados las materias que se rezumaban. Siete ú ocho pasadas del rodillo bastaron para lograr que los carros más cargados no dejasen huella alguna en el firme, cuya conservación ulterior gana, al parecer, con el cilindrado.

**RELLENO DE JUNTAS.**—Por último, las uniones que por efecto de riegos, barridos ú otras causas, se descarnan, hay que rellenarlas con arena de buena calidad.

**Organización del servicio.**—En España, donde apenas hay carreteras empedradas, no ha habido que pensar en el modo de organizar el servicio: en Francia es común ajustar ó contratar

los reparos, si bien en algún departamento, como el del Allier, que posee más de 50.000 metros cuadrados de adoquinados, se ha establecido con buen éxito una cuadrilla permanente, compuesta de un maestro y cuatro oficiales para la mano de obra, acopiándose por contrata los materiales. La cuadrilla recorre las carreteras desde Mayo hasta Octubre, ocupándose en ejecutar todos los reparos necesarios, y en los meses restantes del año se dedica á relabrar adoquines viejos y hasta á preparar algunos nuevos, que se adquieren en bruto con este objeto.

En carreteras empedradas debe haber siempre peones camineros para el barrido y la conservación de obras de tierra, de fábrica y accesorias, asignándoles trozos de longitud adecuada y siempre bastante mayor que la ordinaria en firmes de piedra machacada.

Los adoquinados miden extensas superficies en las poblaciones, y atienden á los reparos cuadrillas ambulantes de empedradores, en número proporcionado al área é importancia de los pavimentos.

### CAPÍTULO III.

#### OBRAS ACCESORIAS.

##### I. — OBRAS DE TIERRA Y FÁBRICA.

Á la conservación de cunetas de coronación, desvíos de cauces, caminos provisionales y de servidumbre, cercas, pretilles, malecones y guardarruedas, se aplican las advertencias que se han hecho en el capítulo I de esta misma sección, al tratar de las obras de explanación y de arte.

Respecto de postes indicadores, hay que agregar la conveniencia de pintar á menudo los de madera y los números ó rótulos que lleven, tanto aquéllos como los de hierro ó cantería.

Y por último, las casillas de peones, los pozos, fuentes y abrevaderos y otras obras accesorias del camino, se conservan y reparan, ateniéndose á principios que no cabe examinar aquí.

##### II. — ARBOLADO.

Se estudiarán sucesivamente la manera de defender á los árboles de las influencias dañosas y accidentes á que se hallan expues-