

Crucero de la calle de Alcalá por las del Barquillo, Turco y Caballero de Gracia.

	V.	S.	D.	L.	M.	M.	J.	V.	S.	Tota- les.	En un dia comun.
Carruajes de 4 ruedas con una caballería.	1219	4212	1409	1337	4118	4403	4124	4256	4219	41297	4255,22
Id. id. con dos caballerías.	1179	4157	1345	1204	4068	4316	4071	4227	4169	40736	4192,88
Id. id. con mas de dos caballerías.	5	12	4	5	2	30	4	9	16	87	9,67
Diligencias, ómnibus y sillas de posta.	33	22	32	24	22	19	20	25	27	224	24,84
Carruajes de dos ruedas.	20	16	15	17	12	41	20	18	22	151	16,77
Galeras.	12	2	3	7	4	2	3	2	4	39	4,34
Carros de reata ó con caballerías pareadas.	562	842	462	702	728	737	669	703	595	6000	666,67
Carretas.	70	93	79	122	71	37	52	85	89	698	77,56
Caballos de montar.	578	803	603	840	702	4187	585	860	898	7056	784,00
Caballerías de carga mayores y menores.	807	868	831	1057	822	831	825	970	957	7968	885,33
Estado de la atmósfera.	Var.	V y II.	Lluv.	Lluv.	V y II.	Var.	V y II.	Var.	Var.	» »	» »

Cvencero de las calles que desembocan en la Plaza de Santo Domingo.

	V.	S.	D.	L.	M.	M.	J.	V.	S.	Tota-	En un
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	les.	dia
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	commun.
Carruajes de 4 ruedas con una caballeria.	411	815	728	650	660	621	722	523	581	5711	634,55
Id. id. con dos caballerias.	363	488	344	300	302	405	426	321	392	3541	393,44
Id. id. con mas de dos caballerias.	5	10	5	»	5	7	4	7	4	47	5,22
Diligencias, omnibus y sillas de posta.	2	4	5	2	3	3	5	2	5	31	3,44
Carruajes de dos ruedas.	17	20	18	11	2	9	10	8	7	102	11,34
Galeras.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Carrros de reata ó con caballerias paradas.	111	166	159	350	230	407	281	222	284	2210	245,55
Carreias.	48	58	18	39	29	26	37	52	72	379	42,11
Caballos de montar.	98	97	88	124	202	1166	183	198	215	2371	263,45
Caballerias de carga mayores y menores.. . . .	165	362	311	310	345	378	380	229	413	2893	321,45
Estado de la atmosfera.	Var.	Vyill	Llu.	Llu.	Vyill	Var.	Vyill	Var.	Var.	»	»

De los Estados que preceden se desprende que el movimiento de lujo y de negocios es mas importante que en ningun otro punto de la villa en la Puerta Sol y que este tiene lugar mas particularmente en el crucero de las vias de Carretas, Carrera de S. Gerónimo, Alcalá y Montera : (1) que aunque menor no es menos notable el que se verifica en el cruzamiento de las calles de Alcalá, Barquillo, del Turco y del Caballero de Gracia, asi como el de caballos de montar escede con mucho en este punto al de cualquiera de las demas en que hemos hecho nuestras observaciones. Lo mismo sucede respecto de las caballerias de carga y carros; tambien por este punto es de grande importancia el tránsito aunque el de caballerias es algo mayor en la embocadura de la Plaza de la Cebada.

Como ya hemos dicho, nuestras observaciones se limitaron á una parte del dia y tuvieron lugar en el mes de febrero; con tiempo lluvioso y vario casi constante y por consiguiente poco á propósito para el movimiento de lujo retraido por tal causa de los paseos, sin embargo el contaje hecho en las avenidas de la Puerta del Sol nos dá para el tránsito habido sobre esta plaza números no despreciables atendida la pequeñez de nuestra Capital si se compara con las de Inglaterra y Francia.

Siendo cosa cierta que los carruajes y vehículos de todo género que entraron por una de las vias afluentes á la Puerta del Sol volvieron á salir por la misma ó por otra de ellas, puesto que en esta plaza no hay locales en que puedan encerrarse; consideran-

(1) Aunque ajeno de nuestro objeto observaremos con este motivo lo absurdo que seria, al tratar del ensanche de la Puerta del Sol, el obstruir este crucero, que es el de mayor movimiento en la poblacion, avanzando la alineacion del antiguo solar del Buen-suceso hasta el frente del primer ángulo de la calle de la Montera ó disminuyendo en su embocadura el ancho de las calles de Alcalá y Carrera de S. Gerónimo.

do que todo carruaje ó caballeria fué señalado una vez á su entrada y otra á su salida; si sumamos todas las partidas referentes á la misma clase y tomamos la mitad de la suma, tendremos el movimiento total para la Puerta del Sol y dividiendo por el número de días de duracion de las observaciones nos resultará el día comun ó el término medio del movimiento diario. Asi lo hemos hecho, y vamos á consignar los resultados que hemos obtenido.

Total movimiento habido en la Puerta del Sol durante los 18 dias à que se refieren los Estados anteriores.

	En los 18 dias.	En un dia comun.
Carruajes de cuatro ruedas con una caballeria. . .	57657,5	2092
Id. id. con dos caballerias.	19668	1092,6
Id. id. con mas de dos caballerias.	186	10,3
Diligencias, Omnibus y Sillas de Posta.	691,5	38,4
Carruajes de dos ruedas.	418,5	23,2
Galeras.	71	3,9
Carros de reata ó con caballerias pareadas.	10824,5	601,3
Carretas.	1590,5	88,3
Caballos de montar.	7746,5	430,3
Caballerias de carga mayores y menores.	17721	984,5

Este movimiento como ya hemos manifestado corresponde á 12 horas del día, desde las 8 de la mañana hasta las 9 de la noche, descontada la hora de la 1 á las 2 para el descanso y comi-

da de los vigilantes, de modo que sin temor de exageracion podemos agregar al número de carruajes $\frac{1}{12}$ por la hora perdida y el doble ó sea $\frac{1}{6}$ por las otras 12 horas, con lo cual viene á resultar para el movimiento de carruajes de una y dos caballerias en 24 horas una cifra de 3978 ó sean 4000 en números redondos.

Si prescindiendo de los vehículos calculamos el número de caballerias empleadas en su arrastre agregando á estas las de carga y los caballos de montar, contando por cada Diligencia, Omnibus, Silla de posta y Galera 6 de aquellas y 3 por cada carro, obtendremos para las 24 horas 10026 caballerias ó sean 3.659490 en un año. Por el puente de Londres sobre el Támesis que es uno de los puntos de mayor movimiento de aquella inmensa metrópoli, pasaban en igual tiempo 8000000 al menos según dice Mr. Mac-Adam, hijo, refiriéndose al año de 1850, es decir mas del doble que por la Puerta del Sol.

Al investigar Mr. Darcy en Lóndres qué número de carruajes correspondia por dia á lo que se daba por los directores del empedrado el nombre de gran tráfico y de mediano tráfico le fué contestado por uno de estos, Mr. York, que el gran tráfico podia entenderse la circulacion por una calle, plaza etc. en 24 horas de 9 á 12 mil carruajes y de 1 á 3 mil en el mismo espacio de tiempo para el tráfico mediano. Si fundados en este principio, obtenido allí de muy repetidas observaciones, queremos hacer aplicacion á Madrid y consideramos que de la comparacion arriba hecha entre el Puente de Lóndres y la Puerta del Sol, el movimiento sobre esta es una mitad próximamente del que en aquel tiene lugar, podremos muy bien fijar para la clasificacion de nuestras vias el tránsito desde 4 á 6 mil carruajes para las de primer orden, de 1000 á 500 para las de segundo orden, y las restantes en que no llegue á 500 de tercer orden ó de orden inferior y en tal concepto bien se vé cuan pocas del primero podemos contar

y que mal responden nuestros empedrados á lo que por su coste el público pudiera exigir de ellos.

Sin embargo y apesar de todo lo dicho y de los datos que llevamos presentados, no nos creemos aun en el caso de poder clasificar las calles de esta Capital segun su órden, con relacion al tránsito que por ellas tiene lugar, seria preciso para ello dar mas estension á las observaciones cuyos resultados hemos consignado y dedicar mas tiempo del que ahora podemos disponer para acometer este trabajo. Mucho nos complaceria saber que la Municipalidad convencida de que para obtener un buen sistema general de empedrados es indispensable conocer préviamente la estadística del movimiento de la poblacion, dispudiese la continuacion de las observaciones que nosotros puede decirse que apenas hemos empezado.

Por este medio se conseguiria al cabo de algun tiempo de observaciones, hechas en diferentes épocas del año y en circunstancias tambien diversas, formar un registro de las calles de Madrid con relacion á la importancia de su movimiento y se evitaria lo que hoy sucede, que es bien extraño por cierto, el levantar el adoquinado de una calle tan principal como la del Principe y volverle á sentar despues de relabrado con poco esmero y lo que es peor aun con adoquines desiguales en altura, que como es consiguiente insisten sobre la base de sustentacion á profundidades mayores ó menores lo cual será irremediamente un motivo de su pronta [destruccion. Seguramente si el Ayuntamiento de Madrid tuviese el convencimiento de que la calle del Principe debe ser considerada como de primer órden, no hubiera permitido por cierto que se hubiese reconstruido su adoquinado durante un período de lluvias y hielos no interrumpidos que ha reblandecido el subsuelo considerablemente y sido causa de que las lechadas de mortero con que se pretendia rellenar las juntas fueran infructuosas como todo el público de la corte ha tenido ocasion de

observar , quedando algunas de estas juntas por la mala labra, tan abiertas , que podia introducirse por ellas un baston hasta la profundidad de 6 y 8 pulgadas.

Terminaremos esta parte de nuestro escrito aconsejando de nuevo á la Municipalidad que se dedique con ardor y perseverancia al estudio de este servicio tan importante, si como no es dudoso desea cooperar por su parte á la realizacion de la idea que el Gobierno de S. M. , por mediacion de su activo é inteligente Ministro de Fomento , ha concebido de mejorar la Capital de la Monarquía, á fin de que un dia ocupe dignamente el lugar que le corresponde entre las demas de las naciones civilizadas.

TERCERA PARTE.

Diferentes clases de firmes y empedrados y métodos de construcción de los mismos.

No es nuestra idea al hablar de las diversas clases de firmes y empedrados puestos en uso ó ensayados en el nuestro ó en otros países, y de sus métodos de construcción, escribir un tratado doctrinal sobre la materia, primero, y lo confesamos francamente, porque nos sentimos débiles al compararnos con otros que, ya en el extranjero, ya en España, han publicado recientemente sobre el particular sus observaciones y sus doctrinas; segundo, por no ser este el objeto que nos propusimos desde el principio y últimamente por no consentirlo tampoco las dimensiones de un escrito que hemos encabezado con el epigrafe de apuntes. Sin embargo, aunque concisamente, diremos todo aquello que se nos alcance ser conveniente ó aplicable á nuestro suelo y apuntaremos también lo que desechado en Lóndres y en París por sus malos resultados, debemos conocer para huir de ello y no caer cuando menos en el ridículo por que ya hemos pasado en esto de empedrados.

Muchos son los sistemas que podríamos mencionar tomando en cuenta lo dicho por Mac-Adam, Taylor, Coulaïne, Polonceau, Darcy y otros Ingenieros notables en sus escritos y memorias sobre el asunto, pero estractando de todo ello lo que haga al caso

para cumplir nuestro propósito, fijaremos desde luego el orden que vamos á seguir en la descripción de los firmes y empedrados, empezando por aquellos cuyo uso puede decirse que está proscrito; así pues hablaremos: 1.º de los enmaderados: 2.º firmes cerámicos: 3.º empedrados irregulares con canto rodado: 4.º firmes bituminosos ó asfálticos: 5.º firmes de piedra partida á la Mac-Adam: 6.º empedrados de cuñas: 7.º empedrados de adoquines: 8.º empedrados mistos.

Enmaderados.

Los enmaderados ó firmes ejecutados con tarugos de madera, se han empleado en diversos países dando á los tarugos formas diferentes. El de mejores condiciones y de mas fácil y sólida construcción es el que vimos aplicado á la calle de Peligros en esta corte, si mal no recordamos allá por los años del 1840 al 41. Consiste este sistema en tarugos de madera de forma prismática exagonal recta, cortados del corazón de la madera, colocados verticalmente en el sentido de sus fibras y ajustados unos á otros por medio de pasadores ó cabillas también de madera prensada. Para su colocación basta que la base de asiento sea sólida y plana y por tanto es suficiente consolidar el terreno natural apisonándole. Las mejores maderas son las resinosas, pero bien sanas y secas, empleando los tarugos inmediatamente después de su labra para evitar su deformación. El diámetro de los tarugos suele ser de unos 14 á 18 centímetros y su altura de vez y media su diámetro.

Este sistema tiene la ventaja de su elasticidad y de su facilidad para los arrastres no produciendo ruido, ni polvo ni barro, pero apesar de tantas bondades ha sido desechado y con razón casi generalmente, porque su costo inicial es grande y sus reparaciones muy costosas también y además es tan sensible á las al-

teraciones higrométicas de la atmósfera, que sus descomposiciones son casi continuas. Pero lo que principalmente le hace inconveniente, al menos para calles no muy ventiladas, es lo insalubre de sus emanaciones por efecto de las alternativas de la humedad y de la sequedad y tanto mas en climas cálidos.

Asi pues podemos concluir diciendo sobre esta clase de afirmados que no son aceptables para la via pública y que podrán usarse solo, y esto con ciertas condiciones, en parajes cubiertos como pasajes, soportales, etc.

Firmes cerámicos.

Propuestos por Polonceau y Brosser, no han llegado á emplearse aun en la forma designada por los mismos que era con prismas exagonales de arcilla cocida; pero como la materia empleada en su construccion es la misma que se usa para la confeccion de los ladrillos y en Holanda y en Venecia fueron afirmadas algunas calles con ladrillos sentados de canto ó á sardinell, sin que se haya generalizado jamás su uso, podemos deducir de aquí que este sistema no presenta ventajas ni por su costo ni por sus bondades.

Empedrado á mano con cantos rodados.

No hace ciertamente 35 ó 40 años que todo el empedrado de Madrid estaba construido bajo este sistema, pues si algun dia pudieron afectar una figura angulosa las piedras empleadas en él, llegaron por el uso á estar tan lisas y redondeadas que en nada se diferenciaban de los cantos rodados que se presentan en los terrenos de aluvion ó en el álveo de los rios; hoy mismo podemos recorrer barrios enteros de los extremos de la poblacion en que encontraremos muy pocas calles que no se hallen empedradas de semejante modo.

Este empedrado que se hacia sin condiciones especiales y solo fiado á la práctica de los obreros, debió naturalmente resentirse de la incuria con que se ejecutaba y de la falta de conocimientos teóricos en su direccion, de aquí mas que de otra causa los malos resultados con él obtenidos. No se crea por esto que vamos á hacer el elogio de tal sistema, muy inferior por cierto á los hoy puestos en uso, pero tomando en consideracion su pequeño costo comparado con los otros sistemas de cuñas ó de adoquines, le aceptaremos gustosos para las calles de corto tránsito ó cerradas al de carruajes, en razon á que es mas suave el piso que el de cuñas labradas al martillo las cuales presentan siempre en sus caras aristas cortantes altamente perjudiciales al calzado.

En Granada y en otros paises meridionales se hacen empedrados con cantos rodados de pequeñas dimensiones y de diversas tintas que pudieramos llamar mosaicos, tal es su perfeccion y el buen gusto de sus dibujos; tambien en Lisboa hay algunos ejemplos de empedrados de esta especie, ejecutados con suma maestria, pero en lo general vedados al tránsito de carruajes.

En su construccion se procede del siguiente modo. Sobre el suelo natural bien apisonado se tiende una forma ó tongada de 15 á 20 centímetros de arena que llena por igual toda la caja abierta y que sirve á la vez de base al empedrado y para macizar tambien los huecos que lateralmente quedan entre piedra y piedra. Colocadas las primeras filas de maestras, que son por lo regular de piedras de mayor tamaño que las empleadas en el resto, se continúa en la colocacion de estas por filas tambien paralelas á las maestras y de modo que las juntas, si pueden llamarse asi los puntos do contacto por que quedan unidos los cantos redondeados, se presenten alternadas en el sentido del eje de la calle. Para el asiento de cada piedra, el empedrador hace con la lengüeta de su martillo un hueco ó escarbadura en la arena suficiente á recibir aquella que va á emplear, procurando que-

de algo mas elevada que las ya asentadas, y arrimando por su frente y costado libres, una pequeña cantidad de arena, vuelve el martillo y golpea suavemente la piedra colocada, continuando así el trabajo hasta su terminacion. Sigue al asiento del empedrado, su consolidacion por medio del apisonado, para cuya operacion se vierte antes encima de aquel una ligera capa de arena limpia y de grano mediano que se barre, ó mejor dicho se remueve con escobas, para que se infiltre en los senos que hayan podido quedar en la primera labor, y regando despues con regaderas de lluvia, se verifica el apisonado por una tanda de operarios puestos en fila á lo ancho de la calle distantes entre sí de un metro, que con pisones de madera de unos 25 kilogramos de peso, golpean sin gran esfuerzo toda la superficie empedrada, siguiendo á estos otros con pisones de mayor peso (de 35 á 40 kilogramos), que completan el afirmado golpeando fuertemente en todos sentidos. Estos empedrados bien conservados en calles de pequeño tránsito pueden durar largo tiempo sin reparaciones costosas y no producen ni mucho polvo ni mucho barro si se atiende como debe á su limpieza diaria; son poco costosos en atencion á que la piedra se emplea en ellos en su estado natural y sin preparacion alguna y si bien las superficies convexas y alisadas que presentan los cantos son resbaladizas para el tránsito de caballerias, el gran número de juntas que dejan por la pequeña dimension de aquellos, viene á remediar en parte el mal.

Haremos notar que, aunque pocos existen ya, tambien se usaron en lo antiguo estos empedrados en los pisos de los puentes de carreteras muy concurridas y los hemos visto despues de pasados muchos años, en que por cierto su conservacion no pudo ser esmerada, en muy buen estado de servicio aun, resultando una vez consolidados bastante impermeables.

Puede darse á su seccion trasversal la forma que se desee bas-

tando para ello fijarla desde el principio sobre el terreno natural que ha de servir de base de asiento. En lo antiguo se construian dos planos inclinados que vertian hacia el centro ó ege de la calle por donde corria un solo arroyo; de algunos años á esta parte se ha sustituido el arroyo central con dos laterales, dando á la seccion transversal desde el uno al otro una curvatura en arco de círculo cuya ságita no debe esceder de $\frac{1}{50}$ del ancho de la calle ni bajar de $\frac{1}{100}$ segun la mayor ó menor anchura de aquella.

El perfil transversal que acabamos de señalar con mas ó menos ságita al centro y con los arroyos laterales es comun á toda clase de empedrados y puede decirse que el único empleado en el dia tanto en Madrid como en Paris, Londres y otras poblaciones de primer órden, porque ademas de la solidez que presentan los empedrados por la forma abovedada ó de dovela en que se colocan las piedras ó adoquines, tienen la ventaja de dividir las aguas que sobre ellos caen, facilitando el paso á los que marchan á pie y evitando por su curvatura convexa que los carruages se inclinen hacia un mismo lado.

Firmes bituminosos ó asfálticos.

El uso del asfalto como *cemento natural* fué conocido y empleado desde los tiempos mas remotos, asi lo atestiguan Diodoro de Sicilia, Herodoto y otros historiadores de la antigüedad hablando de la construccion de las murallas de Babilonia y de sus famosos jardines cultivados en lo alto de sus numerosos y magníficos palacios. El asfalto empleado en lugar de mortero para la union de los ladrillos y el rebestimiento tambien de asfalto que daban á sus muros eran la causa de su impenetrabilidad á la humedad.

Aun de mas antiguo, el Genesis en su cap. VI versículo 4.º y

cap. XI versículo 3.º nos habla del asfalto usado por Noé en la preparacion de su impermeable arca.

Los Egipcios tambien hicieron uso del asfalto para preservar á sus cadáveres de la descomposicion, barnizándolos con aquel betun y ligándolos despues con fajas de lienzo impregnadas en el mismo. En las pirámides del desierto podian verse no hace muchos años las galerias que daban paso á los sepulcros colocados en su interior rebestidas lo mismo que aquellos de una capa de asfalto. En fin no es posible la duda con tantas y tales pruebas de que fué perfectamente conocido su uso por los Egipcios y por los demas pueblos en contacto con ellos durante la época de su civilizacion; pero muerta esta con la destruccion de aquel vasto reino, los Griegos y los Romanos que los siguieron despues, creando de nuevo las artes y no inspirándose mas que de su propio genio no tuvieron que estudiar los medios que aquellas empleaban para su perfeccion en los pueblos que habian ya desaparecido; asi pues nada debe estrañar el vacio que aparece de 3 á 4 mil años, sin que se haga de él mencion notable desde aquella época hasta el principio del siglo XVIII en que vuelve á hacerse uso del asfalto, no ya en Asia sino en el centro de la Europa.

El primer criadero descubierto en esta parte del mundo, situado en Suiza en el canton de Neufchatel en la parte de la cadena del Jura comprendida en el valle de Val-de-Travers, lo fué en efecto en 1712 por Eirini de Erynys, griego de nacimiento y profesor de física en Berna; pero el uso del asfalto como rebestimiento impermeable no tuvo gran desarrollo hasta bastantes años despues, aplicandose en su principio al rebestido de estanques y cubiertas de edificios, á la reparacion de basos antiguos como mastic y al calafateado de los buques.

El asfalto para el afirmado de las calles parece haber sido aplicado primeramente en Londres aunque con poco éxito, si bien puede decirse no pasó de meros ensayos todo lo hecho en

este concepto en aquella metrópoli. Mr. Darcy en su memoria ó informe al Ministro de trabajos públicos sobre los empedrados de Londres y Paris, hace observar que puede consistir la poca confianza de los ingenieros ingleses en el asfalto, en que aceptaron fácilmente en su origen las promesas de especuladores imprudentes; pero que el escelente estado de las calles y plazas asfaltadas de Paris debería abrirles los ojos, estas son sus palabras.

De aquí podemos deducir que el asfalto de las calles necesita ser egecutado con una perfeccion exquisita y con condiciones especiales en cada localidad para que produzca el resultado apetecido.

Desde luego se presentan dos maneras diferentes de egecucion, que pueden subdividirse en varios sistemas para los afirmados bituminosos ó asfálticos; la primera es haciendo uso de la roca asfáltica partida y empleada en frio como en el sistema de Mac-Adam, con algunas agregaciones sin embargo: y la segunda haciendo uso en caliente del betun estraido de la roca asfáltica combinado con otras materias, para recubrir una superficie afirmada con anterioridad por los métodos ordinarios.

Recopilado por nuestro dignísimo amigo y compañero el Ingeniero gefe de caminos D. Pedro Celestino Espinosa en su interesante Manual de Caminos pag. 199 y siguientes cuanto sobre los firmes asfaltados han dicho los Ingenieros Mrs. Coulaïne, Darcy, Huguenet y otros, nada podriamos agregar y asi para evitarnos el reproducir aqui lo que en otra parte pueden ver nuestros lectores y en atencion tambien á que lo poco adelantado de esa industria en nuestro pais nos dá lugar á creer que pasarán muchos años antes que podamos asfaltar, con economia y ventajosamente para el público, alguna de nuestras calles y plazas y particularmente nuestras aceras; terminaremos sobre este particular emitiendo nuestra opinion respecto de los firmes asfaltados.

Es indudable que usado en caliente el mastic como rebesti-

miento de una superficie ya afirmada por los medios ordinarios, resulta resbaladizo el piso en tiempo húmedo, mayormente si tiene inclinacion aunque sea pequeña en algun sentido, pues aunque en la ejecucion se haya procurado obtener una superficie rugosa pasando por encima aun en caliente, un cilindro compresor con dibujos realzados que dejen su impresion marcada, ó embutiendo pequeños cantos por medio tambien de la presion, todo desaparece con el tránsito á poco tiempo y queda el defecto ostensible y sin remedio.

Pero en calles casi horizontales, vedadas á los carruages y caballerias, asi como en las aceras en general ¿no seria conveniente el asfaltado? Creemos que si, y viene en nuestro apoyo la superficie asfaltada en la Puerta del Sol siendo corregidor de Madrid el muy entendido y celoso Excmo. Sr. Conde de Vista-hermosa por el año de 1847, la que sin notable deterioro hemos podido contemplar durante mas de seis años hasta el de 1854 en que fué destruida no á causa de su mal estado, que por el contrario era muy bueno aun, sino á consecuencia del derribo de la Iglesia del Buen-Suceso. Y como nosotros recordarán otros muchos haber visto atravesar en dias de formacion y al poco tiempo de hallarse en servicio, escuadrones enteros de uno á otro lado por encima de ella, y aun cañones tambien, sin que sufriera gran deterioro, borrandose poco despues la impresion dejada por las ruedas de las cureñas ó por las herraduras de los caballos, y téngase en cuenta que aquel anden de asfalto fué construido para la gente de á pie y en su consecuencia su firme inferior no tuvo la resistencia que hubiera podido tener si su obgeto hubiese sido para destinarlo al tránsito de carruages y caballerias.

Ademas de esto, el asfalto de la Puerta del Sol no ha podido considerarse de otra manera que como un ensayo, como una prueba cuyos resultados debian observarse para corregir sus defectos mejorando su ejecucion, antes de ser adoptado este método

definitivamente, y preciso es persuadirse que solo ensayando y observando es como puede llegarse á obtener la bondad en esta y en otras clases de construcciones, y á los gobiernos y á las municipalidades cumple costear estos ensayos en beneficio de sus administrados y en provecho tambien, y para adelantamiento de la industria y de la ciencia.

A pesar de lo dicho no creemos que el asfaltado en caliente y por este sistema llegue nunca á generalizarse para el afirmado de la vía pública; pero pensamos de distinto modo respecto del sistema de firmes macadamizados empleando la roca caliza bituminosa en su construccion, unida ó cementada con el mastic asfáltico en frio.

La superficie en este caso ya no es tersa y resbaladiza, es dura y tiene al mismo tiempo la flexibilidad conveniente, y por último, no produce ni polvo ni barro. Por desgracia, como dejamos dicho, pasarán muchos años aun, por lo atrasado de esta industria en España, sin que podamos ver siquiera una pequeña muestra de esta clase de firmes (1).

Firmes de piedra partida á la Mac-Adam.

Los sistemas seguidos en la construccion de los firmes con piedra partida son en gran número, haciendo consistir su bondad los autores de ellos unos en su impermeabilidad, otros en su gran solidez, cual sienta como principio importante de su ejecucion la

(1) Despues de escritos nuestros apuntes hemos visto con sumo placer la carta sobre los asfaltos dirigida por M. P. Pichenot á uno de nuestros compañeros, inserta en el número 9 de la *Revista de Obras públicas* de este año, cuya lectura recomendamos.

precisa igualdad de los trozos en que la piedra quede dividida y su peso uniforme y otro por el contrario aprecia en poco esa igualdad exagerada y aconseja recibir cada tongada con el detritus que resulte en el machaqueo de la piedra; este propone el recebo sobre cada capa ó tongada, aquel proscribiera el recebo hasta sobre la capa superior; quien establece su firme con dos tongadas de pequeño espesor y con piedra de igual tamaño en una y en otra ponderando su flexibilidad; cual considerando la rigidez como un elemento de duracion, prescribe la formacion de la tongada inferior con piedras de gran tamaño sentadas á mano reposando sobre una de sus caras planas; en fin, si hubiéramos de seguir la enumeracion de los diferentes sistemas y opiniones emitidas para la construccion de los firmes con piedra partida por tantos y tantos ingenieros de reconocida reputacion, habríamos de escribir páginas enteras sin llegar por esto á otra conclusion que á la siguiente: que para la adopcion de un sistema en la construccion de un firme con piedra partida deben tomarse en cuenta: 1.º la importancia de la vía en que trata de ejecutarse; 2.º su situacion geográfica y topográfica; 3.º la calidad de los materiales de que económicamente pueda disponerse; 4.º los medios que puedan aplicarse para su construccion y consolidacion; y 5.º por último, los que podrán emplearse en su conservacion sucesiva. Porque supongamos por ejemplo que en un terreno medianamente consistente, siendo la carretera de primer orden y por consiguiente de gran tránsito, en un clima cálido en que las lluvias son escasas en número pero tropicales, que la piedra de que puede echarse mano es caliza grosera blanda, que tampoco pueda contarse con agua en la inmediacion para regar las tongadas, ni con cilindro compresor para consolidarlas y por último, que por toda conservacion pueda esperarse poder dedicar á ella el trabajo de dos peones por cada 5 á 6 kilómetros, sin material bastante ni en tiempo oportuno, y por decirlo así, abandonados á sus propios

recursos. ¿Elegiríamos en este caso el sistema de Mac-Adam, y le seguiríamos religiosamente en todos sus principios? No, porque el sistema de Mac-Adam necesita para que produzca los buenos resultados que su autor le supone, y nosotros le reconocemos, de un clima en que las alternativas de frio y de calor sean menos bruscas que en nuestra Mancha ó en nuestra Andalucía; en que la humedad atmosférica sea igual y constante, y no como en nuestras provincias meridionales en que la sequedad domina y las lluvias caen á torrentes en pocos dias del año; necesita de rocas de la mayor dureza como el granito amfibólico, el amfibol, los basaltos, las calizas primitivas ó metamórficas ú otras semejantes, y no las calizas groseras ó las areniscas que se nos presentan en aquellas comarcas; por último, porque alli se cuenta con una conservacion esquisita, y aqui la falta ó la escasez de los fondos que pueden destinarse á ese servicio, la hace exigua. Ya lo hemos dicho, la bondad de los diferentes sistemas de que pueda hacerse uso en la construccion de los firmes no consiste esencialmente, en nuestro concepto, en el sistema mismo, sino en su conveniente aplicacion.

Hemos faltado á nuestro propósito estendiéndonos mas de lo que hubiéramos querido en esta digresion; pero deseábamos consignar nuestro parecer respecto de los firmes de nuestras carreteras, y hemos aprovechado esta ocasion que se nos presentaba, olvidando nuestro principal objeto al que volvemos.

Sir James Mac-Adam, en sus contestaciones al interrogatorio que le fué dirigido por Mr. Darcy, inspector divisionario de puentes y calzadas, se espresa del modo siguiente respecto de su método de construccion en el afirmado de las calles de Lóndres. Dice que en cuanto á lo primero es preciso tener cuidado de dejar completamente seco el suelo de fundacion y arrancar de él todos los cantos que contenga y no estén partidos. Hecho esto se arregla la superficie dejando una pendiente trasversal de una pulgada

por yarda (1), colocando ya el material sobre esta superficie así preparada.

La arena, la tierra ó cualquiera otra sustancia blanda y seca componen la mejor fundacion para una vía macadamizada.

Se recubre de una capa de guijo bien cribado de un espesor de cuatro pulgadas, partido á un tamaño tal que ningun pedazo esceda del peso de tres onzas (2). Cuando esta primera tongada se ha comprimido bien por efecto del tránsito ó á beneficio del rodillo compresor, se estiende una segunda capa de piedra preparada del mismo modo y de un espesor de dos á tres pulgadas, por último cuando esta se halla suficientemente comprimida, se recubre con otra tongada de un espesor de tres pulgadas de granito ó de otra roca dura partida del mismo grueso próximamente que para las capas inferiores. Es necesario tener gran cuidado de pasar constantemente despues la rastra sobre la superficie para hacer desaparecer todas las rodadas y baches que se forman por el paso de los carruajes, ó lo que es lo mismo, conservar el perfil primitivo de la via en tan perfecto estado como sea posible, hasta que toda la masa haya hecho firme ó formado clavo, como vulgarmente se dice entre la gente práctica de España.

No es necesario estender sobre la superficie, ni arena, ni detritus con el objeto de ligar los materiales entre si. Cuando tenga que hacerse alguna reparacion ó recargo deberá picarse la

(1) La yarda tiene 3 pies ingleses y el pie 12 pulgadas y su equivalencia en metros es la siguiente: 1 yarda=0,^m914,38.... 1 pie=0,^m304,79.... 1 pulgada=0,^m025399 en medida de España equivale á 1 yarda=3 pies, 5 pulgadas y 4,5 lineas. 1 pie ingles=13 pulgadas, 1,5 lineas españolas. 1 pulgada inglesa=1 pulgada 1,125 lineas españolas.

(2) La libra ó pound que tiene 16 onzas=0,45300 kilogramos. 1 onza=0,028358 kilogramos y es próximamente igual á la libra comun de España.

superficie sobre que vaya á operarse, hasta la profundidad de una pulgada antes de verter el nuevo material.

El espesor que dejamos señalado, dice Mr. Mac-Adam, es suficiente para las vías de primera clase ó de mayor tránsito, bastando para las de segundo orden cuatro pulgadas de guijo y tres de granito ó piedra dura, y para las de orden inferior ó pequeño tránsito tres pulgadas de guijo y dos de piedra dura.

Recomienda la conservacion asidua y constante, el barrido del polvo y el raspado del barro, regando con oportunidad y en la cantidad conveniente segun las épocas y el objeto con que se verifique el riego.

Dice tambien que las vías macadamizadas producen menos ruido y son menos resbaladizas que las empedradas; que los carruajes se desgastan mucho menos, y las caballerías no se fatigan tanto de los cascos; pero en cambio el polvo y el barro se forma en mayor cantidad que en aquellas, siendo por otra parte segun resulta de muchas comparaciones mas costoso su entretenimiento que el de los empedrados de adoquines.

Mr. J. Pigott Smith en su memoria sobre la superioridad de los firmes macadamizados en las calles de las grandes poblaciones leida á la Seccion de mecánica de la asociacion británica, despues de ponderar este sistema y de encomiar sus ventajas sobre los demas, detalla su manera de construccion bajo principios diferentes de los adoptados por Mac-Adam. Asi dice que sea la que quiera la naturaleza de la via, es esencial que la fundacion se ejecute con buenos materiales, que sea sólida y que el terreno quede perfectamente en seco; porque descuidando tales precauciones, la superficie se desagrega, se vuelve desigual y áspera y se cubre de rodadas y de baches. Cuando la fundacion está bien ejecutada, se cubre con una capa de piedras partidas, muy compacta é impenetrable al agua y con el perfil trasversal conveniente. Las piedras deben estar partidas con igualdad, pasando el ras-

tro por encima de la superficie para que se ajusten al perfil acordado, y para unir las entre sí se vierte sobre el firme el polvo proveniente de la desagregación ó descomposición de aquellas, recogido por las máquinas de barrer y conservado para este uso. Esta operación debe hacerse con la misma regularidad que si se tratase de un empedrado á mano, y es preciso tener cuidado de regar el firme hasta que los materiales se hayan unido ó hecho clavo, lo cual asegura Mr. Pigott que tiene lugar muy luego.

Dice, y en mi concepto con razón, que por este método se preservan del pronto desgaste los ángulos agudos de las piedras, y se solidifica el firme en corto tiempo, haciendo artificialmente lo que en el otro sistema viene á verificarse naturalmente á la larga, puesto que las piedras quedan recibidas con el polvo que ellas van produciendo en su desgaste, siendo también por este concepto más económico su método en el cual admite los materiales de cualquier naturaleza que sean, y suponiendo que en el de Mac-Adam sin recibir se malgasta una tercera parte de aquellos hasta formarse el detritus necesario á la consolidación del firme. A todo esto agrega la diferencia que resulta para el tiro de las caballerías sobre firmes contruidos por uno y otro sistema dando la preferencia al suyo por todos conceptos.

Una de las objeciones hechas sobre el uso del recebo en los firmes por algunos de los constructores de caminos, es que se desgastan más pronto en razón á que el polvo ó la arena que para este objeto se emplea queda suelta sobre la superficie y obra en la piedra como si fuera un asperón que la pulveriza, y también que una vez hecho clavo el firme es preciso para evitar el polvo quitar el recebo que se puso para obtener la consolidación. Esto podrá ser cierto, cuando el trabajo se ejecuta mal, y si se abusa del recebo ó se emplea tierra; pero cuando el recebo es silíceo, cuando se usa en la proporción conveniente á la calidad de la piedra empleada en el firme, vertiéndole no todo de una vez sino

por partes y á medida que se vaya observando su necesidad, aplicándole por último en tiempo húmedo ó despues de haber regado la superficie que ha de recibirle, el recebo es conveniente y sus ventajas son innegables. Es indudable tambien que un firme construido con piedra de mediana dureza, recebado con buena arena gruesa ó el detritus de canteras graníticas ó con el granito descompuesto, dura mucho mas que si se entregase al tránsito para su consolidacion sin recebar.

Muchos partidarios tuvo al principio el sistema de Mac-Adam, pero muchos tambien ó la mayor parte no le siguen en el dia, porque la esperiencia les ha enseñado á conocer sus defectos; defectos capitales si se admite como sistema general para la construccion de los firmes, porque requiere condiciones tan especiales que ni alli mismo, en su cuna por decirlo asi, ha logrado siempre los buenos resultados que se le suponen: ya sea que el suelo sobre que descansa no tenga la solidez necesaria, ya que la piedra empleada no sea bastante dura, ya que en su zarandeado no se hayan guardado todas las precauciones precisas; en fin, la mas pequeña falta ó descuido que se haya cometido, lo cierto es que los resultados han sido muy diversos aun en la misma localidad y algunas veces bien poco satisfactorios. Mi opinion, como en otro lugar dejo dicho, es que en esto de firmes, el ingeniero con sus conocimientos y con su esperiencia local, debe en cada caso aplicar en la construccion tal ó cual sistema si fuese alli aceptable en su totalidad, ó tomar de cada uno de ellos lo que juzgue conveniente para el buen éxito de su trabajo, pero no dejarse llevar de ciertas teorías de esclusivismo que suelen conducir á desengaños penosos.

Al principio de esta parte de nuestro escrito apuntamos varios otros métodos de afirmados con piedra partida, los cuales no describiremos detalladamente y en particular, habiéndolo ya hecho de los dos sistemas que podemos considerar como tipos de

las dos escuelas que por algun tiempo se han disputado la perfeccion; el recebo ó no recebo de los firmes. Basta, pues, para terminar esta parte recordar que se construyen firmes con tres tongadas de piedra de diferente grueso en cada una de ellas, y aun de diferente calidad, siendo la mas blanda y la de mayor tamaño la inferior; que se ejecutan tambien con dos capas de piedra partida y otra tercera inferior de gruesas piedras asentadas sobre su mayor cara, que es el propuesto por Tresaguet, y que Telford ha seguido tambien formando la fundacion con gruesas piedras recubiertas por una sola tongada de piedra partida: que por otros se dispone el recebo y la consolidacion separadamente y sucesiva de las tongadas; y por último, que se ha propuesto tambien ejecutarlos por el sistema romano formándolos de diferentes capas con mezcla de cal y arena, como fundacion y la superior de piedra partida sin mortero.

Como enunciado ó epigrafe de esta parte de nuestro escrito hemos puesto *firmes de piedra partida à la Mac-Adam*, y lo hemos hecho conformándonos con la opinion general que ha dado en distinguir asi de los empedrados á mano los firmes contruidos con piedra machacada sea el que quiera el sistema empleado, pues por lo demas ya hemos visto que el método seguido por el célebre constructor, no es mas que uno de los muchos puestos en uso desde muy antiguo.

Empedrado de cuñas.

Con este nombre es conocido en Madrid el que de algunos años á esta parte se viene ejecutando en sus calles, con las cuñas labradas del pedernal que se estraen en las canteras de los inmediatos pueblos de Vicálvaro y Vallecas.

Contratado el servicio del ramo de empedrados en 1853, no empezó á funcionar el contratista por causas que nos son desco-

nocidas hasta mediados de 1854, y como su contrato le obligaba á dicho servicio por espacio de cinco años, es de creer que hoy continúe en él, si algun motivo especial no ha venido á interrumpir el curso de esta obligacion; de todos modos y por lo que vemos en las obras que en la via pública se ejecutan, podemos para dar á conocer la forma y calidad de los materiales empleados y la manera de serlo, copiar las condiciones que sirvieron de base á esta contrata.

En la 3.^a condicion se dice: «El empedrado se hará en general con cuñas de pedernal, si bien el contratista queda obligado á ejecutarlo con adoquines de piedra berroqueña cuando accidentalmente fuese necesario y se le previniere, pero en uno y otro caso, ya se haga de nuevo, ya se levante y vuelva á utilizarse el antiguo ó se repare parcialmente, se sentará siempre sobre una capa de arena que deberá tener diez y seis centímetros de espesor para el empedrado de adoquines, y veinte y dos centímetros para el de cuñas: la parte del empedrado correspondiente á los arroyos en un ancho que se determinará en cada caso particular, se sentará sobre hormigon y una tortada de buen mortero.»

La 4.^a, relativa á la calidad de los materiales, dice: «Los materiales que el contratista emplee deberán llenar precisamente las condiciones siguientes:

»*Adoquines.* Tendrán la forma y dimensiones actuales (1) ó que se señalen, y serán de piedra berroqueña de la que contenga mas cuarzo de grano fino, sanos, labrados por igual á picon, con las caras á escuadra, las aristas vivas, llenos y bien descantillados.

»*Cuñas.* Serán de pedernal compacto y duro, y su forma la de una pirámide truncada recta, de diez y nueve á veinte y un

(1) Al hablar del empedrado con adoquines diremos cuáles son estas.

»centímetros de altura, cuya base cuadrada tendrá catorce centímetros de lado, y la seccion paralela doce centímetros por lo menos tambien de lado. Las caras deberán estar cortadas con toda la regularidad que permite la naturaleza de esta piedra, y es posible obtener con un esmerado trabajo.

»*Arena.* Será de grano grueso é igual, silicea, bien lavada, sin mezcla de tierra ni de materia estraña.

»*Mortero.* Para el hormigon y tortadas se hará con cal de Valdemorillo bien cocida, apagada en balsa sin esceso de agua, y con arena de grano mediano limpia, mezclada en la proporcion de cuatro partes en volúmen de cal en pasta y nueve de arena.

»*Hormigon.* Se compondrá de cinco partes en volúmen de mortero y ocho de cantos silíceos ó fragmentos de piedra pedernal, caliza ó berroqueña, cuya menor dimension no esceda de cinco centímetros, y la incorporacion se hará á pala y rastrillo sin añadir agua, al pie de la obra y no en el sitio mismo en que ha de colocarse el hormigon.»

La condicion 6.^a trata de la construccion de los empedrados en estos términos: «En la ejecucion de las obras procederá el contratista del modo siguiente: á medida que se levante el empedrado antiguo se conducirá al depósito si no ha de volver á emplearse ó se apilará ordenadamente en otro caso, de modo que no obstruya el paso de las aceras ni haya riesgo de que alguna piedra pueda caerse y lastimar á los transeuntes. Descubierta el suelo se marcarán las rasantes y el perfil trasversal, y se procederá á hacer el desmonte ó terraplen que sea necesario, debiendo quedar la superficie perfectamente arreglada y tersa sin ninguna ondulacion. En el primer caso se tendrá especial cuidado de no quitar tierra en demasia, evitando asi el que despues haya que reponerla; mas si esto aconteciese, se apisonarán las tierras que se echen como luego se dirá. Los escombros que resulten

»se sacarán del tajo en carros á medida que avance la faena, sin
»dar lugar á que se formen grandes montones, y procurando no
»causar molestia á los transeuntes durante la carga. En el segun-
»do caso, es decir, cuando sea necesario terraplenar, se hará
»esta operacion con escombros calizos, escluyendo absolutamente
»el que contenga yeso aunque sea en poca cantidad, y se espar-
»cirá por igual en capas de un decímetro que se apisonarán fuer-
»temente, siendo necesario para que pueda considerarse bien
»hecho este trabajo que cada capa de un decímetro de altura se
»rebaje igualmente por lo menos á nueve centímetros. Los piso-
»nes que se empleen deberán ser de hierro colado de base circu-
»lar con un mango de madera, y su peso calculado de modo que
»á cada centímetro cuadrado de la base correspondan por lo me-
»nos cuatro hectógramos. Arreglado el suelo se hará el hormigo-
»nado que tendrá en general veinte centímetros de grueso y el
»ancho que en cada caso se fije; se esparcirá y arreglará la capa
»de arena que deberá tener el grueso que señala la condicion 3.^a,
»se colocarán las maestras longitudinales y trasversales, y se em-
»pedrarán las fajas correspondientes á los arroyos, cuya opera-
»cion se hará sentando las cuñas en una tortada de mortero que
»se echará sobre el hormigon, enripiando los intersticios que
»haya entre aquellas en la parte inferior y recibiendo con cuida-
»do las juntas para que no resulte ningun hueco. Al mismo
»tiempo que esto se vaya haciendo se irá empedrando en todo el
»ancho de la calle cuidando de que las cuñas queden perfectamen-
»te sentadas, llenos de arena todos los vacios y con la precaucion
»de que el empedrado resalte sobre cuatro centímetros mas alto
»que el perfil trasversal en el centro de la calle, y que este esce-
»so de altura vaya gradualmente disminuyendo hasta los arroyos,
»en los cuales bastará tenga dicho exceso un centímetro ó centí-
»metro y medio. A medida que se vaya construyendo el empe-
»drado se apisonará por zonas, primero á golpe templado por

9