



Las calzadas en las calles i en los caminos

POR

DOMINGO V. SANTA MARIA

SUMARIO

§ I.—CONDICIONES JENERALES

- 1.—Necesidad de una buena red de caminos.
- 2.—¿Cuál debe ser la calzada moderna?
- 3.—Desgastes de las calzadas i calidad de los materiales del adoquinado i ensayos de las piedras.
- 3 bis.—Fundaciones.
- 4.—Presiones sobre el pavimento.

§ II.—SISTEMAS DE CALZADAS

- 5.—En qué casos i condiciones de circulacion los diversos tipos de calzadas son mejores bajo el punto de vista económico.

- a) Como debe plantearse el problema.
- b) Valor relativo de los diversos sistemas de calzadas.
- 6.—Esperiencias francesas.
- 7.—Conclusiones sobre los adoquinados.
- 8.—Sistemas de Macadan.
 - a) Macadan natural.
 - b) Destruccion por los autos.
- 9.—Uso de los conglomerantes.
- 10.—Empedrados.
- 11.—Comparacion de adoquinados con empedrados.
 - 1.—Gastos de conservacion.
 - 2.—Variacion del peso trasportado segun las estaciones del año, en los empedrados.
 - 3.—Variaciones del peso trasportado segun las estaciones del año, en los adoquinados.
 - 4.—Fuerzas gastadas en los arrastres.
 - 5.—Influencias de las inclinaciones del camino.
 - 6.—Conservacion.
 - 7.—Higiene i gastos de limpia.
- 12.—Comparacion económica.
- 13.—Enladrillados en las calzadas.
 - a) Enladrillados corrientes;
 - b) Calzadas con ladrillos «kinkers»;
 - c) Calzadas americanas enladrilladas;
 - d) Condiciones que se piden en Estados Unidos para los ladrillos de las calzadas;
 - e) Creozotaje i alquitranadura de las calzadas;
 - f) Calzadas enladrilladas en Rusia;
 - g) Resistencia que deben tener los ladrillos de pavimentos.
- 14.—Otros pavimentos.
 - a) Asfaltos;
 - b) Mastic ingles.
- 14 bis.—Calzadas con enlozados artificiales
 - a) Enlozados con cales i arenas.
 - b) Enlozado de arena i cemento;

- c) Lozas confeccionadas en moldes;
 - d) Principio en que se basan los enlozados artificiales.
- 15.—Calzadas con hormigones.
- 16.—Calzadas con cascajos i ripios.
- a) Como deben ejecutarse las calzadas enripiadas;
 - b) Fozos i saneamientos de esas calzadas.
- 17.—Planchados.
- a) Planchados chilenos en Valdivia;
 - b) Como se hacen los buenos planchados.

§ III.—LA CALZADA MODERNA

- 18.—Característica de la calzada moderna.
- 19.—Pisoneaduras. Máquinas de pisonear reemplazando los cilindros compresores.
- Ventajas de la pisoneadura para las fundaciones de las calzadas i para la confeccion de la Macadan.
- 20.—Fajas de rodado.
- a) Ventajas e inconvenientes de estas fajas;
 - b) Su uso en Inglaterra, Italia, etc.;
 - c) Sólo son recomendables en casos especiales.
- 21.—Realizacion de la calzada moderna.
- 22.—Automovilismo.

IV.—RED DE CAMINOS EN ESTADOS UNIDOS

- 23.—Estension de la Red de caminos en Estados Unidos.
- a) Caminos nacionales;
 - b) Oficina Jeneral de Caminos;
 - c) Perfiles longitudinales i trasversales.
- 24.—Caminos del Estado.
- a) Caminos sin fundaciones artificiales;
 - b) Fundaciones con enrocados;
 - c) Fundaciones con hormigon;
 - Hormigones de primera clase.
 - » » segunda clase.
 - » » tercera clase.

- 25.—Sistemas de pavimentacion.
- a) Macadan;
 - b) Adoquinados;
 - c) Enladrillados;
 - d) Ejecucion de los enladrillados;
 - e) Juntura de dilatacion;
 - f) Colocacion del betun H. O.
- 26.—Macadan betuminosos.
- 27.—Revestimientos superficiales «Gluthien».
- 28.—Pesos de los vehículos y dimensiones de las llantas.
- En «Indiana».
- En «Maine».
- En «Massachusett».
- En «New-Hampshire».
- En «Carolina del Norte».

§ V.—LUCHA CONTRA EL POLVO

- 29.—Alquitranados:
- a) Alquitranados en frio.
 - » en caliente.
- Penetracion de los alquitranes.
- Cuidado que debe tenerse con las calzadas alquitranadas.
- Resultados de las esperiencias.
- 30.—Uso de las cales.
- 31.—Riegos con «Westrumite».
- 32.—Uso del «Oleite».
- 33.—Manera de usar el «Oleite».
- 34.—Esperiencias hechas en el «Oleite».

§ VI.—ESTABLECIMIENTO DE LAS VÍAS FÉRREAS EN LOS CAMINOS

- 35.—Ventajas e inconvenientes del establecimiento de las vías férreas en las calzadas.
- 36.—Establecimiento de las vías férreas en las carreteras.
- 37.—Condiciones del Congreso del camino de 1910.

§ VII.—CONSERVACION DE LOS CAMINOS

- 38.—Método de conservacion.
- a) Por piezas.
 - b) Por renovaciones jenerales.
- 39.—Ejecucion de las renovaciones en la Macadan.
- a) Espesor de la capa de renovacion;
 - b) Picadura de las calzadas;
 - c) Cilindrado que necesitan las recargas;
 - d) Gastos del cilindrado.
- 40.—Conservacion de las calzadas rpiadas.
- a) Marcha de las operaciones;
 - b) Epocas de las recargas;
 - c) Preparacion de las calzadas;
 - d) Cilindrado;
 - e) Riegos;
 - f) Centamientos;
 - g) Ventajas de las reparaciones jenerales.
- 41.—Conclusiones del Congreso del camino de 1910.
- 42.—Reglamentacion del tráfico.
- 43.—Máquinas para emparejar las calzadas naturales i las rpiadas.
-



Las calzadas en las calles i en los caminos

§ I.—CONSIDERACIONES JENERALES

Necesidad de una buena red de caminos

1). Siempre, en todos los países que se preocupan de su desarrollo comercial e industrial, el estudio de la red de caminos i de sus calzadas ha merecido toda la atención de las autoridades públicas, por cuanto son el complemento indispensable del desarrollo de las redes ferroviarias i del mejoramiento de los puertos de esportacion e importacion. Todos saben ahora, que, sin una buena red de carreteras, i sin regulares calzadas, *no se puede contar* con una movilizacion intensa i por consiguiente, que las industrias i el comercio se encuentran conjestionados, por decirlo así, si contando con los elementos de produccion moderna, no cuentan con los de una movilizacion adecuada.

Este hecho, que ahora lo conocen todos i ha pasado a ser el A B C de los industriales, por consiguiente, que ha entrado como axioma en la economía política moderna, parece que lo desconocemos aun nosotros; i si bien, últimamente nuestro Congreso, discute si acuerda o nó un suplemento de \$ 200,000, para reparaciones de los puentes i carreteras, no se ve un plan jeneral de trabajo que estudie la manera como debe completarse nuestra red de carreteras, i mucho ménos, que se trate de ver cuáles serán los mejores elementos para revestir las pistas de esas vías con calzadas económicas i que correspondan al tráfico moderno.

Por eso, apoyándome en las resoluciones i discusiones habidas en el «Congreso del Camino» que tuvo lugar en Londres en 1913, he creido que sea de interes jeneral, llamar la atencion sobre esas resoluciones i hacer ver como podríamos mejorar i completar nuestra *Red de caminos* i sus calzadas.

Así como un rio se forma de la conjuncion de una multitud de afluentes, mas o ménos importantes que vacian sus aguas en el talvec jeneral de un valle; así las líneas férreas se alimentan con los aportes que las diversas carreteras les llevan a sus estaciones; i así como el volúmen de los rios i su importancia jénérica para las industrias i para la agricultura, dependen de los volúmenes parciales de sus afluentes; así la intensidad del tráfico de las líneas férreas de primer orden, depende de los tonelajes parciales que las diversas carreteras pueden vaciar sobre sus estaciones i así como cuando un afluente tiene de por sí una cuenca surtidora bastante grande que recojiendo las lluvias i humedades de miles de héctareas, llega a formar caudales bastantes, para hacer admisible la flotacion o la navegacion por esos afluentes; así tambien los valles fértiles o industriales, pueden producir tonelajes tales en sus trasportes, que, ya no sea económico, el simple uso de las calzadas, i de ahí, la formacion de ramales secundarios i vías férreas angostas, etc., que vienen a precipitar sus acarreos sobre la arteria principal i jeneral.

Pero todo lo anterior no se consigue sólo con la contemplación de la naturaleza i con trabajar sus tierras para hacerles aumentar su producción; nó; hai que ausiliarla i hai que ausiliarse. No olvidemos el conocido refran que nos dice: «Ayúdate que Dios te ayudará». Si no nos ayudamos, no podemos contar con pedir a nuestro suelo, por fértil que sea, que dé mas i mejor, i por consiguiente, tendremos que soportar ser los consumidores de los que, con mas energía i mas cautela, han hecho que sus países cuenten con elementos bastantes, para producir en abundancia i barato.

Nosotros hemos sido los primeros de Sud-América, que establecimos las vías férreas i desgraciadamente, con una inconsecuencia que no tiene explicación, desde esa fecha hemos ido descuidando mas i mas nuestras carreteras i por consiguiente, hemos impedido con ello, el verdadero desarrollo industrial del país.

No quiero hacer reminiscencias, ni comparación, de lo que se hacia ántes por la atención de nuestros caminos i el porcentaje, de fondos fiscales que se daba por kilómetro para su conservación, etc., por cuanto no sacaríamos nada con ello; no se trata de hacer cargos a nadie, sólo quiero hacer ver, *lo que hai que hacer* para que no sigamos en este estado i para ello, como ya lo he dicho, me voi a apoyar, principalmente en las discusiones i resoluciones de los «Congresos del camino» i con especialidad en el del año 1913.

¿CUÁL DEBE SER LA CALZADA MODERNA?

2). Todos los países se han preocupado siempre de la mejora de sus carreteras por medio de calzadas que correspondan con el tráfico *cada dia mas intenso i pesado*, puesto que es notorio el aumento de producción i de movilización de especies de todas naturalezas, que va exigiendo el crecimiento constante de las poblaciones tanto urbanas como rurales. Por consiguiente, en los tres «Congresos del Camino» que han habido, los representantes de todas las naciones han puesto,

como tema de vital importancia ¿cuál debe ser la calzada moderna?

La contestacion definitiva, no se ha dado, no por falta de empeño ni de trabajo de los ingenieros asistentes a los Congresos, sino, como lo veremos mas adelante, *faltan elementos de comparacion* entre los diferentes sistemas de calzadas usadas en los diversos paises, por que, no ha habido condiciones de ejecucion iguales, en todos ellos, ni se han usado materiales similares etc., etc. Por eso, las conclusiones que se pueden deducir de las observaciones hechas en las calzadas belgas por ejemplo, no pueden ser aplicables a las alemanas: las de los alemanes, no pueden ser comparables con las inglesas i de ahí, la imposibilidad de los Congresos para llegar a una conclusion sobre este tema, que está aun en tabla para ser tratado en los Congresos futuros.

Ha habido especial interes en estudiar con preferencia, los sistemas de calzadas mas económicos, como son las empedrados i el Macadan; i la gran dificultad para comparar i llegar a una conclusion, en vista de los resultados obtenidos con su aplicacion en los diversos paises ha sido, las diversas maneras como han sido ejecutados en cada caso i aun el uso de distintos materiales conglomerantes; i todavía lo que parece influir tambien de una manera directa en las resistencias de las calzadas, *los diversos medios mecánicos* empleados en su confeccion, que son enteramente variables segun los paises. La Inglaterra, Alemania i Estados Unidos, son los paises que, a la fecha usan corrientemente en las calzadas de sus carreteras i aun en las calles de sus ciudades, el Macadan, no en su confeccion primitiva; pero si mas o ménos perfeccionado, para que soporten sin deterioro violento, el tráfico de los autos de toda naturaleza i por eso en esos dos paises, se han perfeccionado de una manera notable todas las máquinas necesarias para efectuar las mezclas que se emplean en los Macadan modernos, pudiéndose citar las «Smith Hot mixer» fabricadas por Gtothert en Lóndres; aparatos que pueden suministrar de 5 a 15 yardas cúbicas de materiales por hora

(3,820 a 11,470 metros cúbicos) i por otra parte, las máquinas de *pilones* inventadas en Alemania i Francia. En Alemania, los «pilones» son usados corrientemente en todas las calzadas, aun en las adoquinadas; miéntras que en Francia sólo usan los «pilones» para los diversos sistemas de Macadan; i por eso tienen el empleo simultáneo de varios elementos, para formar así huellas pizoneadas de un ancho variable.

3). *Desgastes de las calzadas.—Calidad de los materiales del afirmado.*—Para poner en relieve las dificultades que hai para comparar los resultados experimentales, de los diversos sistemas de calzadas usadas en los diversos paises, vamos a llamar la atencion, sumariamente, sobre *las calidades de los materiales* usados, i los diferentes métodos que hai para ensayarlos.

Si ántes de comparar dos resultados obtenidos con el uso en las calzadas, no dejamos establecido, si las calzadas que se quieren comparar estaban revestidas, *con materiales similares o iguales*, es evidente que no cabe comparacion sino, mui relativa. Luego, ante todo, debemos ensayar los materiales que se van a usar para de ahí deducir las consecuencias de los desgastes.

Desgraciadamente, *no existe ninguna uniformidad en los procedimientos de los ensayos, i por consiguiente, los resultados de los ensayos hechos en los diversos paises no son comparables entre sí*. Esa falta de uniformidad como se ve es la principal causal de *las discordancias que se notan en las cifras de las diversas observaciones* i lo que imposibilita a los ingenieros para llegar a una conclusion jenérica.

Los «Congresos del Camino» desde el primer momento apuntaron esta anomalía, i rogaron a los diversos representantes de las naciones que tomasen medidas i para uniformar los métodos de ensayos de materiales, i por consiguiente, hacer comparables despues, los resultados de los desgastes, etc., de las calzadas no se ha conseguido i las diferencias de apreciacion i manera de considerar los ensayos, son tales,

que hasta la fecha, se hace imposible precisar cuál es el verdadero valor del material de las diversas calzadas.

El método mas usual para determinar *la resistencia de las piedras al desgaste* es el que usan corrientemente los laboratorios franceses; es decir, colocando las piedras de manera que queden cargadas con un peso constante de 250 gramos por centímetro cuadrado, de modo que su cara inferior quede apoyada sobre una piedra de pulir que se hace jirar de manera que la superficie recorra 6,550 metros en dos horas lo que generalmente se consigue haciendo dar 4,000 vueltas en las dos horas, a la piedra del molejon. Con este aparato, los resultados que se tienen son los siguientes:

		<u>m/m</u>	
Cuarcitas.....	{	máximum..... 0.44	} promedio—0,405
	{	mínimum..... 0.37	
Areniscas.....	{	máximum..... 0.61	} medio—0,58
	{	mínimum..... 0.55	
Granitas.....	{	máximum..... 0.74	} medio—0,69
	{	mínimum..... 0.64	
Areniscas comunes..	{	máximum..... 1.53	} medio—1,162
	{	mínimum..... 0.80	
Pórfidas.....	{	máximum..... 1.12	} medio—0,98
	{	mínimum..... 0.80	
Mármol.....	{	máximum..... 2.50	} medio—2,155
	{	mínimum..... 1.81	
Trías.....	{	máximum..... 3.89	} medio—3,125
	{	mínimum..... 2.96	

Las cifras anteriores, indican en centímetros de espesor, los desgastes producidos en las caras inferiores de los prismas colocados en las condiciones ya indicadas.

A mas de este método hai otro, usado tambien en los laboratorios franceses i basado sobre los desgastes debidos a los frotamientos recíprocos de las piedras unas con otras, el que indudablemente da indicaciones mas dudosas que las referidas a la piedra esmeril para todas; últimamente, en algunos laboratorios franceses han estado usando el soplete con chorro de aire-arena, sobre todo para determinar los desgastes de los conglomerados con ligantes hidro carburados, debiéndose precisar mui bien en ellas las presiones del aire que produce el chorro aire-arena.

El Dr. Hirschwald en Alemania, ha hecho una serie de experiencias para determinar *como se trituran* los materiales usados en las calzadas de macadan, sacando constantemente sus muestras de las que tienen mas circulacion i en las cuales el macadan se habia constituido con piedras chancadas de cuatro dimensiones o categorías.

El profesor Hanich, de Austria, ha hecho sus ensayos con esmeril o ruedas de arena i con chorro aire-arena; declarando que se estudian mejor los desgastes de los conglomerados con ligantes de alquitran i asfaltos con los chorros de aire-arena.

En el laboratorio de Mr. E. W. Page, en Estados Unidos, se ensayan las piedras con una muela de esmeril a los desgastes, i despues al choque; a la compacidad, con un pequeño mazo de 2 kilogramos terminado por una superficie esférica, que por medio de ingeniosas combinaciones, caen primero desde una altura de un centímetro, para ir creciendo sucesivamente de centímetro en centímetro despues de cada golpe: el número de golpes necesarios para ocasionar la ruptura de la piedra, es lo que llama la *compacidad*. Los desgastes los mide con una máquina Deval que ensaya los materiales por frotamiento recíproco, la que últimamente ha sustituido por un *molino de bolas*. Para determinar el valor de los ligantes, es decir la cohesion de los materiales usados en las calzadas, emplea un aparato de choques repetidos i con todos estos aparatos, Mr. Page, de sus ensayos ha llegado a las conclusiones siguientes:

- I. Cuando una roca tiene una gran resistencia a los choques; es invariablemente dura; pero una roca dura no posee siempre una gran resistencia a los choques.
- II. Una roca que tiene un coeficiente de resistencia elevado para los choques, jeneralmente tiene un débil porcentaje de desgastes; i este porcentaje, puede ser calculado aproximadamente, si se conoce el coeficiente de resistencia a los choques por la fórmula:
- (Porcentaje de desgaste) $^2 \times$ Resistencia a los choques = 158.
- Por el contrario, no es posible calcular las resistencias a los choques, cuando se conoce el porcentaje de los desgastes.
- III. Hai una relacion entre los resultados de los ensayos a los desgastes que dan los aparatos Dorry i Deval, relacion que hai que precisar.

En Francia se usan para los estudios, de los desgastes los aparatos Deval i Dorry i la muela con tambor cilíndrico. Despues se estudian los ensayos a la compresion i al choque en frio, i para los conglomerados i ligantes el chorro aire arena.

En Inglaterra, en los laboratorios oficiales se usan los aparatos Deval para el estudio de los desgastes, por frotamiento recíproco, tanto en seco como en humedad; i el aparato Dorry para los desgastes sobre molejones i para los estudios usan los mismos aparatos que los laboratorios de Estados Unidos i en Italia, usan los procedimientos franceses.

Como se ve, si no hai acuerdo para los procedimientos de ensayos de los materiales, tampoco lo hai, para la determinacion de las características, que deben tener los betunes; alquitranes; asfaltos; breas, etc., bajo el punto de vista de su uso en las calzadas i de ahí, tambien, la dificultad de comparar despues los resultados obtenidos en las diversas calzadas.

En vista de lo anterior, se comprende la gran dificultad en que se encuentran los ingenieros *para escoger* los materia-

les con que deben ejecutarse las calzadas i que en el Congreso del camino se llegase simplemente a conclusiones jenéricas i por eso mismo, *relativas*, que cada cual interpreta a su manera; como por ejemplo «deben emplearse en las calzadas todas las rocas que pueden soportar la presion del cilindrado (no fijando esa presion en kilos por centímetro cuadrado) como areniscas, lias, calcáreos etc., i para las fundaciones, se pueden usar conglomerados aun artificiales como los que se consiguen en Inglaterra con las escorias de altos hornos».

Se comprende, que resoluciones tan genéricas, sólo pueden tomarse como simple indicacion, por decirlo así, para que no se usen en las calzadas *pedras i materiales blandos*. I con tanta mayor razon solo pueden tomarse en ese sentido, la conclusion del Congreso, cuando todos los ingenieros saben que *la duracion de un revestimiento depende ante todo de la resistencia i homejeneidad i ligazon de los materiales de la calzada*: por consiguiente, que es de toda importancia *clasificar* los materiales en las canteras, para no usarlos mezclados, dejando los mas duros i sanos para las calzadas de gran tráfico i los ménos duros para las calzadas de poco tráfico.

Los resultados de los ensayos dejan ver tambien que influye mucho en los desgastes i conservacion de las calzadas, las dimensiones i formas de las piedras, tanto las que se ponen en los revestimientos como adoquines o empedrados, como los que se usan como chancados para las confecciones de los conglomerados i de los Macadan: de tal manera, que ya se rechazan los antiguos adoquines de grandes dimensiones, para reemplazarlos por los medianos i chicos, llegando hasta los cúbicos de 0.10×0.10 m. por costados. I para los hormigones i conglomerados fijando como grosor límite superior las piedras de 0.07 m. para las fundaciones de los Macadan; las de 0.05 para los recargos, eliminando todo el polvo de cantera etc., i residuos menores de 0.02 m.

Para los hormigones, hai costumbre de utilizar los residuos de demoliciones, chancados a dimensiones como las anterio-

res, siendo a veces dudosa la economía que se quiere obtener con ellos, puesto que, prácticamente, sólo se utilizan de esos residuos 30 a un 50 por ciento del volumen del maciso que se demuele; i los hormigones que con esos materiales se confeccionan, no conviene ponerlas en los paramentos, *sino como macisos en los puestos en que las construcciones reciban las menores cargas*, por consiguiente, tratándose de calzadas, solo en los hormigones de las fundaciones de las secundarias, pueden ser admisibles.

3 bis). *Fundaciones*.—Por lo mismo que a la calzada moderna se le pide que resista a un tráfico con vehículos con gran velocidad, es evidente que deben establecerse sobre buenas fundaciones, para que no se disloquen sus elementos bajo los choques que produzcan las cargas rodantes. En el Congreso del Camino de 1910, todos estuvieron de acuerdo en las conclusiones siguientes:

I). La constitucion i la confeccion de las calzadas deberán ser tanto mas perfectas cuanto los terrenos sean ménos firmes. La fundacion presentará tanto mas resistencia cuanto la calzada se encuentre mas espuesta a causas de desagregaciones interiores i a desgastes exteriores.

II). En cuanto a escoger el sistema de fundacion en las calzadas macadanizadas i adoquinadas, se hará sobre todo, tomando en cuenta el estado de sequía o de humedad que tengan los suelos; tomando en cuenta la posibilidad de saquearlas i la naturaleza de los materiales de la localidad. Para determinar el espesor del macizo de fundacion se hará de manera que la presion por unidad de superficie sea compatible con la resistencia que soporten los terrenos i que se haya observado en sus condiciones mas desfavorables.

III). En los puntos en que hai que disecar préviamente los terrenos, se aplicará a todo el ancho del camino los procedimientos jenerales del saneamiento.

IV). Las fundaciones no monolíticas sobre suelos que pueden ser humedecidos estarán provistos de drenajes transversales i oblicuos, desde el centro hácia los fozos; i si es

necesario, se colocarán uno o dos drenes longitudinales bajo las bases de los terraplenes si ellos son altos.

V). En la construcción i conservación de los perfiles transversales i longitudinales, se cuidará de darles las disposiciones necesarias para activar el libre escurrimiento de las aguas superficiales i para dificultar o impedir las infiltraciones al través de las calzadas. Si la pavimentación se hace impermeable deben favorecerse las evaporaciones i escurrimientos de las humedades superficiales.

Como se ve, la cuestión fundaciones es primordial siempre en todo caso.

4). *Presiones sobre el pavimento.*—Siempre se ha debatido en todos los municipios que tienen interés en la conservación de las calzadas de sus calles, sin que me conste que alguna vez se haya hecho en alguna de las municipalidades nuestras, cuales deben ser *las presiones* que deben tolerarse sobre las calzadas. Es evidente, que es completamente inútil gastar en calzadas mas o ménos costosas para los revestimientos de las superficies de las calles, si ellas han de ser *trituras* por los pesos de los vehículos que circulan. De ahí, las reglamentaciones para los espesores de las llantas de los vehículos, segun sus pesos i la naturaleza de sus trasportes.

Corrientemente *se ha admitido como presión sobre las calzadas la de 110 kilos por centímetro corrido de llanta*, exigiendo, para los vehículos ordinarios, que sus llantas no tengan mas de m. 0.30 de ancho. De lo anterior resulta que para las ruedas de *un metro de diámetro*, que son las que sirven de base para los cálculos, los pesos máximos por rueda son de $110 \times 30 = 3,300$ kilos o sean 6,600 por eje. Esos pesos han sido considerados como satisfactorios durante mucho tiempo; pero con la condición de respetar las conclusiones de las esperiencias de Dupuy i del jeneral Marin, es decir que se puede poner por eje mayor carga; pero sólo aumentándolas en relación inversa de la raíz de los diámetros de las ruedas; así por ejemplo, si necesitamos carretones con 4,000 kilos por eje, tenemos $3,300 : \sqrt{1} : 4,000 : \sqrt{x}$, de donde $x =$

1.46 m. luego, esa carga seria admitida en carretones con ruedas de 1.46 m. de diámetro.

Experiencias posteriores, hicieron ver, que no convenia exajerar las llantas de las ruedas de los vehículos corrientes, mas allá de 25 centímetros de ancho, por la tendencia a que se doblen i por lo tanto que acumulen presiones superiores a 110 kilos por centímetro corrido. De ahí, las construcciones de ruedas con doble filas de rayos para sostener bien toda la llanta, aun con los 30 centímetros de ancho, i poder tener carretones con fuertes pesos por eje, sin fatigar las calzadas con presiones superiores a las que deben soportar.

Los ingenieros encargados de la conservacion de los caminos en Béljica, hicieron notar al Ministro del ramo, que el principal deterioro de las calzadas provenia constantemente del excesivo peso de las ruedas de los vehículos, aunque se hacia observar estrictamente lo dispuesto por el reglamento del 4 de Agosto de 1899, cuyo artículo 22 dispone que los pesos de los vehículos no pueden pasar de 10,000 kilos, para los de 4 ruedas; ni de 7,000 kilos, para los de 2 o 3 ruedas. I en los caminos que tengan pendientes de 0.02 circulan, carros cargados con 8,000 kilos o 9,000, i con ruedas con llantas de 0.14 de ancho, tolerándose aun con llantas de 0.11, de ancho. Pues bien, los ingenieros, piden las reducciones de esos pesos, para poder mantener las calzadas en debido estado de conservacion.

Ultimamente, habiéndose jeneralizado los servicios de los automóviles i de los auto-camiones, en todos los caminos europeos, se dictaron reglamentos fijando los pesos admisibles *por eje*, para esos vehículos, i como los diámetros de las ruedas de los autos, son pequeños, el «Congreso de Camino» de 1908, para evitar los deterioros rápidos de las calzadas, fijó el siguiente reglamento:

1). Para velocidades de 25 kilómetros por hora, la carga máxima por eje, considerando el mas pesado de un auto, no debe pasar de tres toneladas.

II). Para velocidades de 15 kilómetros por hora, la carga máxima del eje mas pesado no debe pasar de cuatro toneladas.

En todo caso la presión sobre las llantas por centímetro corrido de jeneratriz no debe pasar de 150 kilos.

I han admitido los 150 kilos por centímetro de llanta por ser flexible, puesto que, para las llantas metálicas ríjidas, sólo admiten 110 kilos por centímetro corrido de jeneratriz.

La petición hecha por los ingenieros belgas de modificar el reglamento de 1899 disminuyendo el peso de las ruedas, está fundada en las experiencias hechas, como continuacion de las del jeneral Marin, por las cuales, se pone de manifiesto que, la *Lei de proporcionalidad de las cargas con relacion al ancho de las llantas de las ruedas*, que sólo es cierta cuando hai una reparticion uniforme de las presiones en todo el ancho de llanta, *deja de ser exacta* cuando la llanta deja de ser plana por el uso, o por su mala calidad; i de ahí, que en jeneral, los vehículos con llantas excesivamente anchas *desgasten mas las calzadas que las corrientes*, por cuanto esas llantas se doblan y forman arcos que reconcentran las presiones por centímetros hasta hacerlas pasar casi al doble, i por eso, la tendencia, como es natural a prohibir esas llantas de 0.30 m. de ancho, si ellas no están debidamente reforzadas. Reduciendo el ancho de las llantas *corrientes*, es lójico, como lo piden los ingenieros belgas, reducir proporcionalmente las cargas de los ejes de los vehículos.

Despues, de espuesto lo anterior ¿qué diremos nosotros donde circulan no sólo por nuestras calzadas adoquinadas, sino por los caminos que no tienen mas que simples enripiados, carretas de 80 quintales españoles de carga con llantas de 0.15 de ancho, que son las de uso corriente, fatigan enormemente nuestras calzadas i de ahí, que se encuentren *llenas de huellas*. Un cálculo sencillo hará resaltar estas observaciones:

Carga de la carreta 80 quintales españoles,	
o sea.....	3,680 kilos
Peso de la carreta.....	850 »
	<hr/>
Total	4,530 kilos

Lo que da como peso *por rueda*, 2,245 kilos, i por consiguiente, por centímetro corrido de llanta, $\frac{2,255}{15} = 151$ *kilogramos*. Si ya todos los ingenieros i los «Congresos de Caminos», preconizan que no debe pasarse, en ningun caso de las presiones de 110 *kilogramos* por centímetro de llanta, tratándose de *carreteras con calzadas*, qué dirían al ver que entre nosotros, *sin tener calzadas*, toleramos en nuestras carreteras que circulen vehículos que dan presiones de 151 kilos por centímetro de llanta? Creerían como es lójico, que nosotros, *no queremos tener buenos caminos* ni buenas calzadas, por cuanto, *les mandamos hacer las huellas*, para éntretenernos despues en gastar en sus composturas; i cuando, no hai fondos que gastar, que es el caso mas corriente, para tener el gusto de verlas casi intransitables durante toda la invernada.

Costaria tan poco subsanar ese inconveniente, que no se concibe cómo ninguno de nuestros Municipios donde se encuentra mas de un edil *que ha viajado*, que ha visto las calzadas europeas i de Estados Unidos, no haga una indicacion para limitar los pesos de las ruedas de los vehículos i fijar las condiciones en que se tolera su rodado para así *poder tener calzadas* que no sean hechas pedazos por la circulacion.

Todos los santiaguinos ven constantemente, al atravesar las calles *los adoquines quebrados i triturados*, i esto que tenemos mui buena piedra para adoquines; piedras que, sometidas a las esperiencias de compresion en el laboratorio de la Universidad del Estado, han dado, de 200 a 250 i aun mas *kilogramos* de resistencia por centímetro cuadrado; luego, cuando esos materiales se trituran con el tráfico, es eviden-

te que los vehículos dan presiones excesivas sobre sus llantas; i así queremos i pretendemos que los afirmados desde luego, que se pagan a un precio excesivo por metro cuadrado, como son los asfaltos, duren mas de 3 a 4 años; i nos asustamos de lo que cuesta la conservacion de nuestras calles.

Se comprende que, si para las calles con revestimiento i calzadas hechas con buenos adoquines, *hai que limitar los pesos de la circulacion*, para que ellas no sean deterioradas por trituracion i desagregacion de sus materiales, con cuánta mayor razon esa reglamentacion *se impone* en las calzadas Macadan i sus derivados. En ellas los materiales resisten por la formacion del bloqueo de la fundacion i por consiguiente, que no soporten la circulacion de carretones que den 4,000 kilos por rueda con llantas 14 centímetros, como lo pusieran de relieve en el Congreso del Camino los señores Lelievre i Pons, pidiendo, para esas cosas llantas con un minimum de 25 centímetros que dan presiones de 160 kilos por centímetros de llantas, por ser vehículos que tienen marcha lenta, puesto que andan al paso. Pero, lo mejor, seria pedir llantas de 30 centímetros construidas de una manera que no puedan doblarse para asegurar la reparticion uniforme del peso, que determinaria una carga máxima de 133 kilos por centímetro de llanta.

Pero, la mayoría del Congreso, manifestó que estimaba excesivas las presiones que los señores Reliewe i Pons llegaban a admitir, para los vehículos pesados de marcha lenta; i proponian que se aconsejase a los Municipios que en ningun caso, se tolerasen presiones superiores a 125 kilos por centímetro de llanta; i *eso cuando las calzadas tuviesen fundaciones con capas de hormigon, por lo ménos de 0.10 de espesor*. I todos estuvieron de acuerdo, que el espesor de la capa de hormigon, que sirve de base a las calzadas *debía ir aumentando*, en las calles en funcion con su circulacion. Así, se citó, que ese espesor podria reducirse a 8 centímetros en las carreteras de poca circulacion, como lo habian manifestado los señores Stevenson, Heslops Willmont, en su estudio de las carreteras de Es-

cocia i para aumentarlo a 10 centímetros, en las de mediano tráfico i a un minimum de 15 centímetros en las de fuerte tráfico, i citándose como buen ejemplo de fundaciones de las calzadas, la de la carretera de Nottingam, que soporta un tráfico intenso i cuya fundacion se hizo colocando *dos capas* distintas de hormigon con 0.056 m. de espesor cada uno. Señalándose, la construccion i conservacion en buen estado, de varios miles de kilómetros de *carreteras departamentales*, en las cuales las calzadas sólo tenian por fundacion una capa de hormigon de 0.13 de espesor, sobre la cual se habia colocado las piedras chancadas que constituyen el Macadan.

Luego, si bien no hai normas fijas para ensayar los materiales i determinar así *experimentalmente* las cargas máximas a que deben ser sometidas i por consiguiente la reglamentacion del tráfico sea referente al peso maximum de los vehículos, o sea a las cargas máximas por centímetro de llanta, todos estuvieron de acuerdo en que *era preciso fijar ese maximum* i que la práctica habia demostrado, que no convenia fuese, en ningun caso, superior a 125 kilogramos por centímetro de llanta, *cuando la fundacion tenia una capa de hormigon de 10 centímetros de espesor*. Por lo demas, desde que no hai armonía en los procedimientos de los ensayos de los materiales, es evidente, que cada Municipio *debe fijar sus reglas segun las esperiencias directas* de las que tiene mas a la mano i por consiguiente que sean de un uso mas frecuente en sus calzadas.

Pero, en todo caso, se comprenderá que no hai base, para el estudio de las revestimientos de las carreteras i de las calles, *si no se rechazaran terminantemente todos los materiales blandos i fácilmente triturables*, sin eso, seria preciso llegar a reglamentaciones tales que casi harian prohibitivo todo tráfico pesado. A mas de eso, hai que notar que, el espesor de 0.20 m. que se da, constantemente a las capas de hormigon de las fundaciones, parece responder bien a las presiones transmitidas corrientemente por los vehículos, cuando el subsuelo no es enteramente malo; i por consiguiente, que sólo en

casos particulares debe aumentarse, i que por el contrario, donde hai *buen subsuelo*, ese espesor puede disminuir a 0.15 i aun a 0.12 en las carreteras de mediano i de poco tráfico.

§ II.—SISTEMAS DE CALZADAS

5).—El «Congreso del Camino» de 1913 que tuvo lugar en Londres, se planteó la siguiente cuestion; «*en qué casos i con qué condiciones de circulacion*, los diversos tipos de calzadas son «mejores bajo el punto de vista económico» i se estudiaron i consideraron los sistemas siguientes:

I.—Adoquines de piedra;

II.—Macadan, con el empleo de alquitranes o breas; asfaltos; betunes como anglomerantes; divididos en los grupos:

a) Método de penetracion o de mezclas;

b) Desparramo del alquitran en la superficie;

c) Otros métodos.

III.—Cascoetes o cascajos ordinarios, empleando como ligante el agua.

Las contestaciones a este tema dadas por los representantes de los diferentes paises fueron tan variadas, que no pudo llegarse a una conclusion jeneral; pero de la discusion *se deduce evidentemente que*, segun los materiales que se tienen a la mano i sus precios, dependerá evidentemente el sistema *mas económico en cada caso*. Luego, prima facie, parece que el problema de las calzadas, estuvo *mal planteado* ante el «Congreso del Camino», por haber fijado *como único desideratum* por decirlo así de una buena calzada, el punto de vista económico, i sin embargo no es así; puesto que, evidentemente si en una rejion dada A, por tener los materiales a la mano etc., un sistema de calzada cuesta \$ 10 el metro cuadrado i se conserva durante 4 años sin exigir reparaciones i despues demanda solamente \$ 0.5 metro cuadrado por reparacion anual hasta terminar los 10 años siguientes: ese sistema habrá costado, al Municipio que le adoptó, al cabo de los 14 años, la suma de $10 \times 0.5 \times 10 = 15$ \$, el metro cuadrado.

Mientras que si otro sistema B, de lujo, le cuesta al Municipio \$ 20 el metro cuadrado, se ve inmediatamente, será anti-económico, si no se mantiene por lo menos 20 años, sin exigir reparaciones; i que si ese sistema de lujo, dura mas lo ménos el mismo tiempo que el A, el sistema B, ya no sólo es anti-económico, sino su uso anti-racional, salvo para los Municipios que tienen un gusto decidido por arruinarse, como el de Santiago; pueden tratar de mantener *a outrance*, una calzada de lujo que no corresponde a sus intereses, teniendo tantos otros buenos sistemas baratos ya que tenemos tan excelentes piedras de adoquinar.

Esta cuestion, que no puede ser comprendida por nuestro Municipio, la ha tomado en parte el Fisco con el personal de la oficina del Alcantarillado, i ese personal *ya sabe el derroche* que hace cuando coloca asfaltos en las calles de Santiago, sea el Roca, o sea cualquiera, puesto que tenemos un clima *que no soporta el asfalto* i lo reblandece; pero los vecinos de la ciudad tenemos que andar pisándolo dejando estampadas a veces nuestras pisadas en las veredas o al atravesar las calles.

b). Para darnos cuenta del *valor relativo* de los diversos sistemas de calzadas, vamos a dar algunos datos sobre ellas siguiendo el orden en que se presentaron en el cuestionario del Congreso del Camino i por eso, principiaremos por los *adoquinados de piedra*, i veremos que las observaciones que se hicieron a este respecto, por varios de los mas distinguidos ingenieros que tienen a su cargo los caminos europeos i la atencion de las calles de las principales ciudades, son verdaderas lecciones para nuestros Municipios, *que parecen deslumbrados por los pavimentos que cuestan lo mas caro posible*. Los señores Sehenermann, i Pietzch de Alemania, hicieron ver con datos bien estudiados que, en las rejiones donde hai buenas piedras, *el adoquinado corriente, es lo mas barato i lo mejor*: i que ese es el sistema que conviene aun para las vías de circulacion intensa, *por su gran duracion* (el adoquinado corriente aleman, es con buena fundacion de hormigon i relle-

nando con mezclas hidráulicas las juntas de los adoquines).

En Alemania están satisfechos con el uso de pequeños adoquines de 0.10 m. de alto, colocados sobre sus funciones de hormigon sobre las cuales se coloca una capa de arena de un centímetro. Hacen ver los ingenieros alemanes que los adoquines colocados en esas condiciones, permiten tener revestimientos *muy duraderos i muy económicos*, tanto como gastos de primera instalacion, como de conservacion. El adoquinado, con piedras chicas, es mas *silenciosa* i de mas fácil limpia; mas pronto para secar despues de los aguaceros, que los grandes adoquines, da mas puntos de apoyo a las herraduras de los caballos i por consiguiente perfectamente adecuados para las vías con alguna inclinacion i por consiguiente es el llamado a jeneralizarse. Pietzch declara que la calzada mas resistente es la adoquinada, i si no se usa en todas las carreteras alemanas, *es por falta de buenos adoquines*; por esa causa, se hace muy costosa si se les quieren trasportar a largas distancias; i desgraciadamente, los demas revestimientos *son incapaces de resistir un tráfico pesado*, i que afortunadamente, usando, como se hace últimamente los adoquines pequeños, se ha conseguido reducir los gastos a la mitad de lo que ántes. Llegando el M. Pietzch a declarar que los adoquines pequeños constituan, en el ramo de pavimentacion, un progreso tan importante, como el que verificó hace años Mac-Adan i con sus sistemas de conglomerados i cilindros compresores. I sin embargo Pietzch, muestra temores de que el modelo de adoquin chico no pueda resistir debidamente el gran tráfico pesado; temores que la práctica no confirma.

M. Woss. de su estudio en las calzadas alemanas clasifica los adoquines como sigue:

I). *Segun la forma*: a) en groceros; b) con paramento; i c) en cúbicos, pronunciándose por la forma c que tiene la gran ventaja de presentar como cabezas, cuatro de sus caras; i despues por el adoquin de mosaico, para las veredas.

II). *Segun como se colocan en el suelo; a) con ligazon regular; b) adoquines por filas; c) en diagonal; d) en arco.* Declarando que la primera colocacion a) es la mejor.

III). *Segun su tallado, en 1.^a i 2.^a clase: naturalmente, las cúbicas que son las mas recomendadas, son de la 2.^a clase.*

IV). *Segun las fundaciones, a) sobre arena; b) sobre capas de hormigon; c) con blocajes cilindrados.* (La misma clasificacion la encontramos en todas partes; naturalmente los ingenieros recomendaron siempre la fundacion sobre hormigones para las calzadas de primer orden.

V). *Segun la dureza de las rocas empleadas: a) primitivas b) rocas eruptivas; c) rocas secundarias.*

VI). *Los adoquines artificiales: a) los de escareas de altos hornos; b) las briquetas; recomendando como las mejores dimensiones las siguientes:*

14/16/16 centímetros para las calles de poco tráfico; 12/18/15 centímetros i 13/20/16, para las grandes arterias con circulacion pesada; los de 10/16/16 para las grandes arterias con circulacion lijera, o las calles con fuertes inclinaciones; es decir, recomienda los adoquines chicos, pero con mucha cola.

(Continuará).
