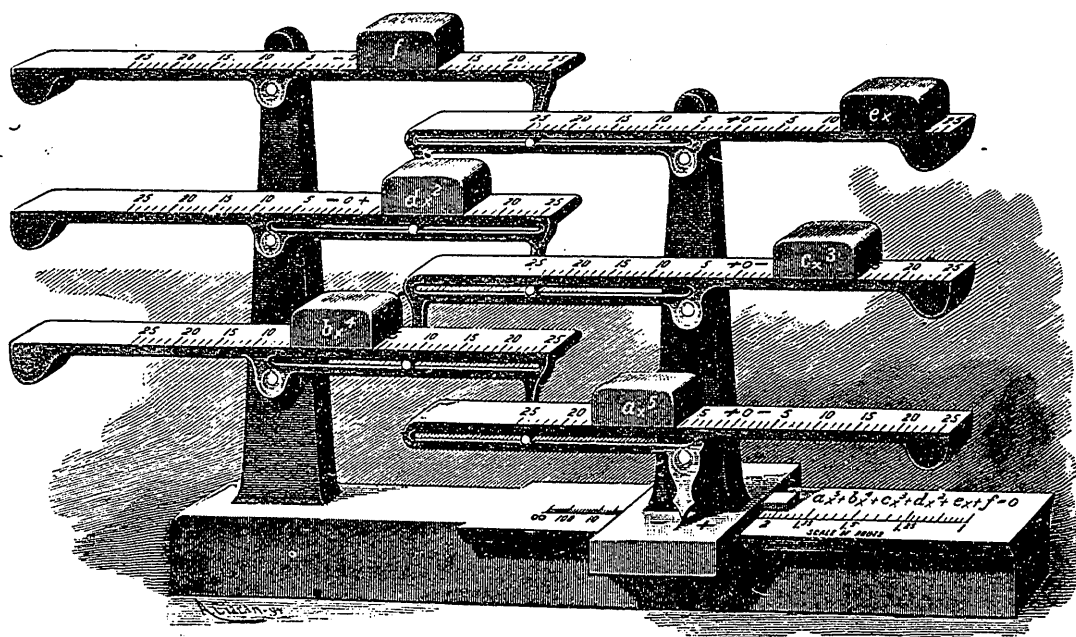




por llevar los pesos á coincidir con las graduaciones que corresponden á los coeficientes respectivos de la ecuación, empezando por la palanca inferior del montante movable, que representa el primer término p, x^m y continuando por su orden, pasando de uno á otro montante hasta colocar el último peso p_{m+} ; déjanse en cero los pesos de las palancas pertinentes á los términos que faltan en la ecuación. Hecho esto y determinado el límite superior de las raíces positivas, que marca la excursión del montante y el número de aquéllos, se irá corriendo el montante, cuidando de anotar las posiciones de equilibrio del sistema, acusados por el fiel que lleva la primera palanca y tiene su línea de envase en el pie del aparato. Los números leídos en la escala de raíces serán los valores de las positivas. Para hallar las negativas, se procede de análoga manera después de cambiar x en $-x$ en la ecuación.

La báscula de Grant procura solo dos cifras decimales, por lo cual cuando se requiere mayor número habrá que continuar las aproximaciones por los métodos conocidos en Algebra. Tampoco determina las raíces iguales á cero, y es de escasa sensibilidad para revelar las contenidas entre cero y uno, que habrán de ser calculadas, partiendo de la ecuación transformada que resulta de hacerles 10, 100... veces mayores.

M.

LAS RUEDAS CON NEUMATICOS

La aparición del neumático sustituyendo el aro de hierro en las llantas de las ruedas parece á primera vista tener su origen en el perfeccionamiento de los velocípedos, pero la historia de los inventos dice que muy anteriormente á la invención de la bicicleta, en 1846, se había concedido en Inglaterra patente por sus «ruedas aéreas» á M. William Thomson.

Las ruedas ideadas por Thomson para toda clase de vehículos fueron iguales á las que se construyen actualmente con neumáticos, pues aunque el primitivo modelo era de cuero exteriormente lo modificó el mismo inventor en 1849, haciéndole de caucho como es actualmente.

Por aquellos años M. Thomson, asociado con el constructor de carruajes M. Witehurst, hizo con sus ruedas numerosas experiencias, que dieron resultados inmejorables para la resistencia á la rodadura, ruido y suspensión de los coches; pero á pesar de reconocer algunos Ingenieros como exactas estas ventajas, no se consiguió que el público se fijara en ellas y el invento no tuvo éxito.

Mas tarde, en 1888 Jhon Boyd Dunlop, indudablemente desconociendo el invento de Thomson, tuvo la misma idea, aplicada á una bicicleta. Esta vez el inventor fué más afortunado y el neumático se popularizó con rapidez vertiginosa (sin duda alguna porque en este caso la resistencia á la rodadura tiene que vencerla el hombre), y por deducción natural el neumático hoy se aplica á todos los coches, sean con tracción de sangre ó mecánicos. De modo que un invento que debió pasar como aplicación á los velocípedos ha necesitado todo el reclamo del ciclismo para que empiece á conocerse en toda la generalidad que primeramente fué concebido.

Como se sabe, el neumático es un aro flexible lleno de aire á presión; se compone (fig. 1.^a) de una cámara de aire cuyas paredes A son de caucho puro, una doble envolvente protectora B de tela lo más impenetrable posible y otra de caucho vulcanizado que lleva en su espesor tela protectora igual á la de la envolvente anterior; estas partes van sujetas por medio de un aro de hierro D de sección tal, que estando la cámara de aire á la presión debida las cuatro partes dichas forman un conjunto sólidamente unido. La cámara de aire lleva una válvula E (fig. 2.^a), por donde se inyecta el aire con una bomba de mano.

Esta es la disposición general de todos los neumáticos y así son los de Thomson y Dunlop, que luego han modificado más ó menos racionalmente otros fabricantes.

La manera de poner el neumático en la rueda puede deducirse inmediatamente. Colocado en el fondo del aro D la banda de caucho F (que tiene por objeto que la cámara de aire no se apoye directamente sobre el hierro), y dispuestas una dentro de otra, la cámara, su envolvente protectora y la envolvente exterior, se comprimen los bordes de esta última hasta que queden dentro del hierro en canal que forma el aro: se corren los dedos á lo largo de él, y cuando todo el borde está dentro de aquél se hincha el neumático con la bomba de mano. Antes de hacer esta

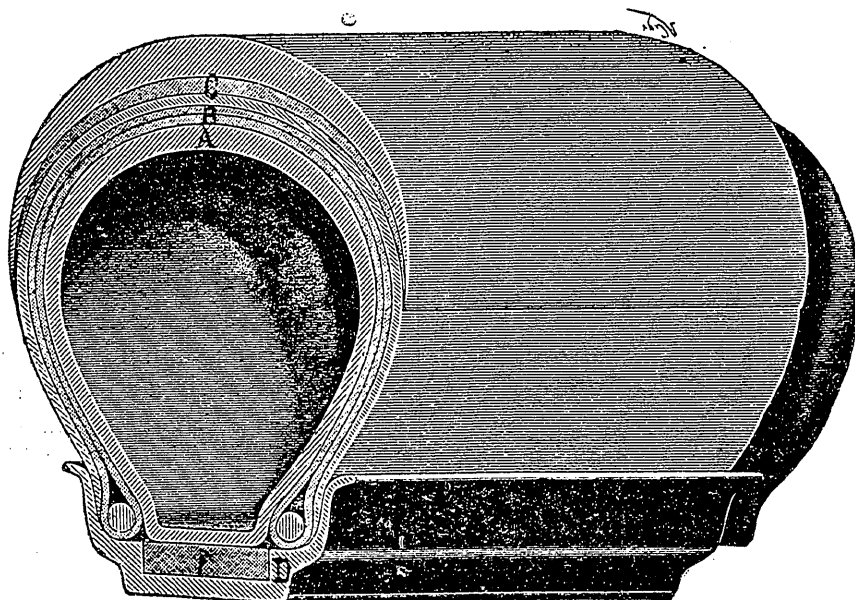


Figure 1.

operación hay que tener la seguridad de que la cámara no forma ningún pliegue entre los bordes de la envolvente y el aro, pues podría desgarrarse.

Para quitarlo se hace la operación inversa; se deshincha la cámara, se saca la banda de caucho, se comprimen los bordes de la envolvente exterior, se estira hasta ponerlos por encima del hierro en canal en un pequeño arco, y luego, corriendo los dedos, sale el resto fácilmente.

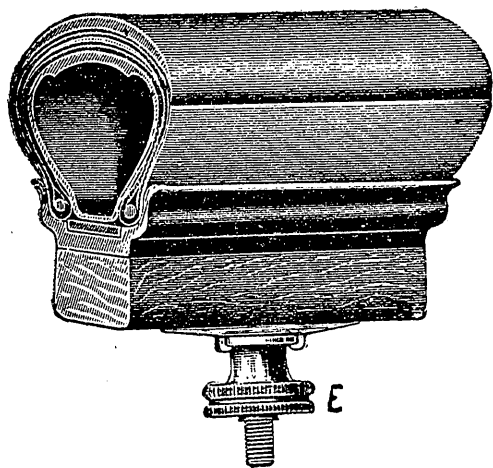


Figura 2.

Las modificaciones introducidas por algunos fabricantes para obtener patentes que les autoricen á construir el neumático, consisten en disposiciones especiales en la manera de hacer la unión del neumático con el resto de llanta ó en la clase de materiales empleados en las distintas envolventes que forman aquél.

Los neumáticos Michelin están en el primer caso y en el segundo los de Calvet, que sólo difieren en llevar una serie de escamas de hierro en la envolvente exterior, disposición que complica el neumático sin reportar ventaja alguna.

Por lo demás un neumático será tanto mejor cuanto más seguridades dé de no pincharse, y por lo tanto no deshincharse.

Estudiando los efectos del neumático se ve que un coche que los lleve, marchando á cualquier velocidad, no

produce otro ruido que el de las herraduras de las caballerías; las personas que van en él no experimentan las continuas sacudidas producidas por los baches y desigualdades del suelo, y por último, el ganado va más libre y se fatiga menos.

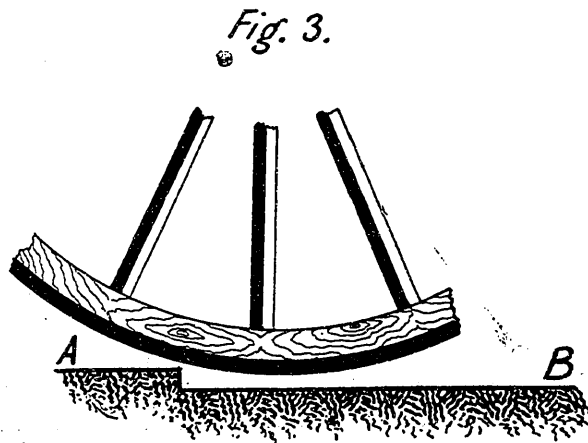
Las dos primeras condiciones pueden comprobarse inmediatamente; la tercera también se comprende, pero exige averiguar en qué proporción disminuye el esfuerzo de tracción.

Las experiencias verificadas por Thomson en Regents-Park (1847) y las llevadas á cabo por Michelin en París (1895 á 96), sobre estar hechas con cincuenta años de separación y acusar los resultados dinamómetros distintos, concuerdan con tal precisión que hace admirar la perfección con que Thomson inventó el neumático, á pesar del relativo atraso industrial de aquellos tiempos.

Estas dos series de ensayos, hechos en toda clase de pavimentos, pendientes, velocidades y estados atmosféricos, demostraron: que el neumático disminuye por término medio una tercera parte el esfuerzo de tracción necesario para arrastrar un peso dado.

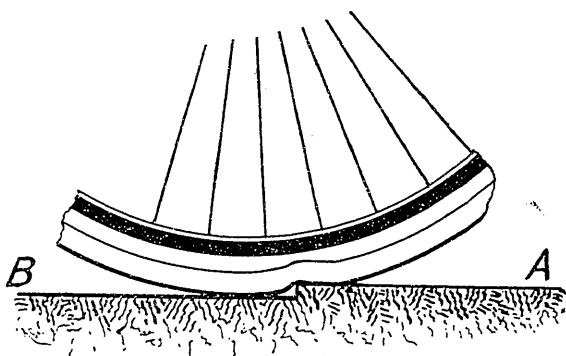
Para explicarnos estas importantísimas cualidades del neumático, supongamos que una rueda recorre la trayectoria AB (figuras 3.^a y 4.^a) con aro de hierro y con neumático sucesivamente y á velocidades variables.

Siendo la llanta de hierro, al pasar por el punto A llega un momento en que faltando la solución de continuidad al



punto de apoyo, la rueda y con ella el coche se desploman chocando contra el trozo $a'B$ con una fuerza viva que depende de la altura aa' . La sacudida transmitida por intermedio de la suspensión á la caja del coche, dependerá asimismo de la altura sabida y de la elasticidad de los resortes suspensoros.

Fig. 4.



Si lleva neumático, al llegar la rueda á ocupar las posiciones próximas á la desigualdad sabida, el peso del coche no descansa ya sobre la misma zona del neumático, sino sobre una menor cada vez, por lo que el aumento de presión por unidad de superficie hace que se deforme el neumático, buscando ganar en ancho la superficie que ha perdido en longitud, y toma la forma que indica la figura 4.ª Al caer contra el trozo $a'B$, la altura de caída no es ya aa , sino aa' , disminuida en una cierta cantidad, que depende de lo que se haya deformado el neumático, y, además, el choque es amortiguado por la elasticidad del aire á presión que obra como resorte antagónico. El choque queda *localizado* en el neumático, que se deforma y sirve de resorte suspensor, no solo de la caja, como las suspensiones ordinarias, sino del coche en conjunto. Es decir, que el neumático hace de aro de la llanta y de suspensión automática y continua, puesto que la rueda, en su movimiento cicloidal, cambia constantemente de punto de contacto con el suelo, y, por lo tanto, al resorte suspensor le sucede lo mismo.

Si suponemos que la rueda marcha en sentido contrario, para subir el escalón aa tiene que sufrir con el obstáculo un choque tal que la componente vertical de su reacción sea suficiente á levantar el coche y salvar la altura aa' . La rueda choca, rebota, permanece en el aire sin apoyo, y cae, y vuelve á chocar con estrépito.

Si la rueda lleva neumático y la desigualdad es la misma, el primer choque se amortigua con la deformación del neumático, la reacción ayuda á levantar el coche, su flexibilidad hace que se amolde al escalón, no da salto, y, en resumen, hacen que no se enteren del obstáculo salvado, no ya las personas que ocupan el vehículo, sino ni las piedras, permítaseme la expresión.

Esta propiedad del neumático de suprimir los choques absorbiéndolos él, hace que sean tanto más notados sus efectos en un itinerario dado, cuanto peor sea el estado del camino. Si el suelo estuviera tan liso como las zonas metálicas del camino del Grao de Valencia, los neumáticos estarían de más. En cambio en pavimentos tan rústicos como algunos acunados y adoquinados, las ruedas, con sus quejidos continuos, piden que las proteja el neumático para adaptarse á las rugosidades del suelo.

En resumen: mientras los coches con aro de hierro marchan á saltos, *despeñándose* por baches y obstáculos, los que llevan neumáticos parecen salvarlos sobre carriles.

Esta supresión de trepidación que caracteriza el neumático, lleva consigo el que los coches se construyan más ligeros y tengan mayor duración, porque los esfuerzos á que están sometidos se reducen á resistir su peso y el de la sobrecarga.

No se pierda de vista que las propiedades dichas no son aplicables en manera alguna á los aros de caucho macizo que llevan algunos coches de lujo en Madrid. Las ruedas de esta clase no tienen otra ventaja que suprimir el ruido, pues el caucho carece de elasticidad suficiente para adaptarse á las desigualdades del terreno. La diferencia entre las ruedas con neumáticos y con caucho macizo se aprecia inmediatamente comparando las ruedas para bicicleta de uno y otro sistema.

En los neumáticos, siendo la cámara un resorte cuya elasticidad varía con la presión que tenga el aire que encierra, puede darse á la llanta la flexibilidad que sea más conveniente en cada caso, según la sobrecarga que ha de llevar el coche y según el estado del suelo por donde éste ha de rodar.

Para saber á qué presión debe estar el aire de un neumático en un coche de peso dado, supongamos que los neumáticos están á la presión atmosférica y que empezamos á inyectar aire con la bomba de mano. La presión que demos ha de ser tal que su fuerza elástica resista los choques á que ha de estar sometido. Si le damos poca presión, el choque más insignificante haría que el hierro en canal toque en el suelo, lo cual destruirá rápidamente el neumático, y, además, nos llevará al caso de que el aro fuera de hierro. Si la presión es excesiva, el inconveniente será más aceptable, pero nos aproximamos al caso de la rueda de caucho macizo, y el neumático, en lugar de adaptarse á las rugosidades del terreno, botará en ellas como si fuera una pelota. De las experiencias hechas con coches de peso y sobrecargas distintas resulta que el neumático debe hincharse hasta que estando vacío el vehículo no se deforme; y que con una sobre carga de cuatro personas ó sean 300 kilogramos, no disminuya más de un m. m. la altura de su sección. Esta regla, que debe cumplirse con rigor, acusa dos límites en los que están comprendidas todas las presiones, que son: tres y cinco kilogramos. Pero, como se comprende, la presión que se dé al aire de la cámara no depende sólo del peso que ha de obrar antagónicamente á la fuerza elástica del neumático, depende también del estado del terreno por donde tenga que marchar. Así, cuando éste sea muy duro, convendrá poner el neumático á menos presión; cuanto más barro y polvo tenga un camino, más necesario será que la presión aumente. Las elasticidades del suelo y del neumático puede decirse han de ser complementarias.

El silencio, la ligereza y duración de los coches y la economía de $\frac{1}{3}$ en el esfuerzo de tracción, tienen un complemento que corona las cualidades admirables de las ruedas con neumáticos, y es, la conservación de los caminos.

No hay que buscar nuevas razones para demostrar que un pavimento liso, cuya circulación fuese absolutamente de coches con neumáticos, no necesitaría otra conservación que reponer el desgaste que ocasionara el apoyo de los cascos de las caballerías al ejercer la tracción. Esta evidentísima cualidad del neumático tiene una im-

portancia radical para el Ingeniero de Caminos, y creemos merece ser estudiada con detenimiento, aunque sea repitiendo conceptos ya emitidos.

Una observación conocidísima, puede servir de innegable demostración: Si una rueda pasa sobre un trozo de cristal ó de porcelana, y el aro es de hierro, el cristal ó la porcelana quedan aplastados, *se hacen polvo*; pero si la rueda lleva neumáticos, podrán recogerse aquéllos en el mismo estado en que estaban antes de pasar. La causa de uno y otro resultado ya sabemos cuál es; al encontrar la rueda de hierro el obstáculo, tiene que subir el espesor del vidrio; entonces, todo el peso del coche lo soporta la lámina de hierro ó porcelana, concentrado en una pequeña superficie, que no pudiéndolo resistir, se aplasta.

El neumático, por el contrario, al encontrar el vidrio opone al choque su elasticidad, cede, se deforma lo que es preciso, reparte la presión sobre mayor superficie y recobra su posición primitiva en cuanto pasa el obstáculo; dispuesto siempre á salvar otros análogos ó mayores cuando vuelva á estar en contacto con el suelo.

Esta sencilla observación hace pensar los efectos que en la conservación de los pavimentos en general, y especialmente en los firmes de piedra partida, tendría el uso absoluto del neumático en toda clase de vehículos.

Con ello desaparecería ese *martilleo* constante de la llanta de hierro que hace vibrar los cristales de las casas con la trepidación producida, trepidación tan molesta que obliga á amortiguarla poniendo arena en las calles cuando en las viviendas hay enfermos.

Es decir, que las calles, para los efectos del ruido, llevando neumáticos todos los vehículos, tendrían algo del recogido silencio que se nota en las ciudades de España los días de Jueves y Viernes Santos.

Claro que para conseguir esta radical transformación necesita el neumático dar un avance decisivo; ¿pero exige el caso alguna nueva invención?; ¿no ha hecho el ciclismo pasar al neumático de la bicicleta al coche de lujo?; ¿por qué no ha de pasar del coche á la carreta? Tal vez alguien dude si sería prácticamente realizable que los carros llevarasen neumáticos. Es posible que la delicadeza de órganos, como la válvula de la cámara de aire, infundan respeto para ser manejados por un carretero. Por último, el coste de los neumáticos y su duración son otras objeciones que pueden hacerse, al discutir el asunto.

Pero nosotros no vemos inconveniente en nada de esto, porque hoy se construyen neumáticos para automóviles y máquinas de guerra que soportan pesos mucho mayores que los que arrastra un carro ordinario; y en cuanto á su coste y duración, la economía que en el esfuerzo de tracción llevan consigo y la mayor duración del vehículo, compensan el valor de algunos juegos de aros neumáticos.

Estas consideraciones, dignas de un estudio experimental más acabado y preciso que el presente, son de realización práctica difícil, porque las razones dichas no las admitirán como buenas los carreteros.

Prueba evidente de la desconfianza con que se acogería la innovación es lo que sucede con los dueños de los coches de lujo, que prefieren hasta hoy las ruedas con aros de caucho macizo, según me dicen los constructores de coches, porque la moda exige que las ruedas sean lo más ligeras de líneas posible; y los neumáticos les resultan muy pesados á la vista. Tienen razón, efectivamente, aquellos señores; un coche con neumático se distingue en

sus ruedas de todos los demás, hace algo extraño; ¿pero no sucedió lo mismo cuando aparecieron las bicicletas con neumáticos? ¿No resultaban extrañas por lo abultado de su llanta?

¿En cambio qué efecto hace hoy ver una bicicleta con llantas de hierro ó caucho macizo?

Pues bien; esto mismo sucederá con el tiempo con el neumático para coches; lo que pasa es que el público es miedoso y se asusta al pasar de un salto desde el aro de hierro al neumático; necesita convencerse poco á poco, é indudablemente estamos en la época de transición, en la llanta de caucho macizo.

¿Durará mucho?

Difícil es contestar, pero se ocurre un medio para acelerar el desarrollo del neumático, medio tal vez impracticable, pero equitativo, puesto que con él no se desgastarían los pavimentos, y es:

Reducir ó suprimir la contribución á todo vehículo que lleve sus ruedas con aros neumáticos.

ENRIQUE SANCHÍS TARAZONA.

CAMINOS VECINALES

(Conclusión) (1)

De aquí lo racional de contar con esta segunda fuente de recursos para las vías vecinales, aunque reduciendo lo menos posible el auxilio que puedan proporcionar al Estado construyendo vías de más importancia aquellas corporaciones cuyo presupuesto lo permita. Dado lo preferente de estas atenciones podría obligarse, por ejemplo, á que los presupuestos provinciales dedicarán á ellas una parte alícuota de su presupuesto, dedicándose por entero á caminos vecinales si no excediera de cierta cantidad y repartiéndola prudencialmente entre ambas atenciones si esta parte alícuota excedía de la cantidad fijada. Obtenida del presupuesto la cantidad expresada, podría dividirse en dos partes, una que representara los sueldos del personal encargado del servicio y la otra, si no fuera suficiente para cumplir directamente todas las atenciones, que sirviera para el pago de intereses y amortización de un empréstito, contratado exclusivamente para este objeto, con el que pudieran atenderse todas las necesidades y para el que serviría de garantía la cantidad anual fijada en los presupuestos en la forma dicha.

De igual modo los Ayuntamientos en que el impuesto considerado no diera los ingresos suficientes para desarrollar la parte que al distrito municipal correspondiera de la red de caminos, podrían acudir al crédito, puesto que el ingreso sería fácilmente calculable y sin ninguna eventualidad, y los gastos podrían aproximadamente conocerse, pues si tenemos en cuenta que el coste medio kilométrico de la red de caminos vecinales francesa ha sido de unos 8.000 francos, podremos evaluar en 5.000 pesetas por kilómetro el coste en España, puesto que ha de considerarse que muchos de los caminos solo requerirán una reparación más ó menos costosa y que de los caminos franceses muchos de ellos son de mayor anchura entre aristas que la de cinco metros que hemos fijado para los de nuestra

(1) Véase el número 12.