

# REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 8, primero derecha.

## SIFÓN DE ALBELDA (Obra de cemento armado sistema Ribera)

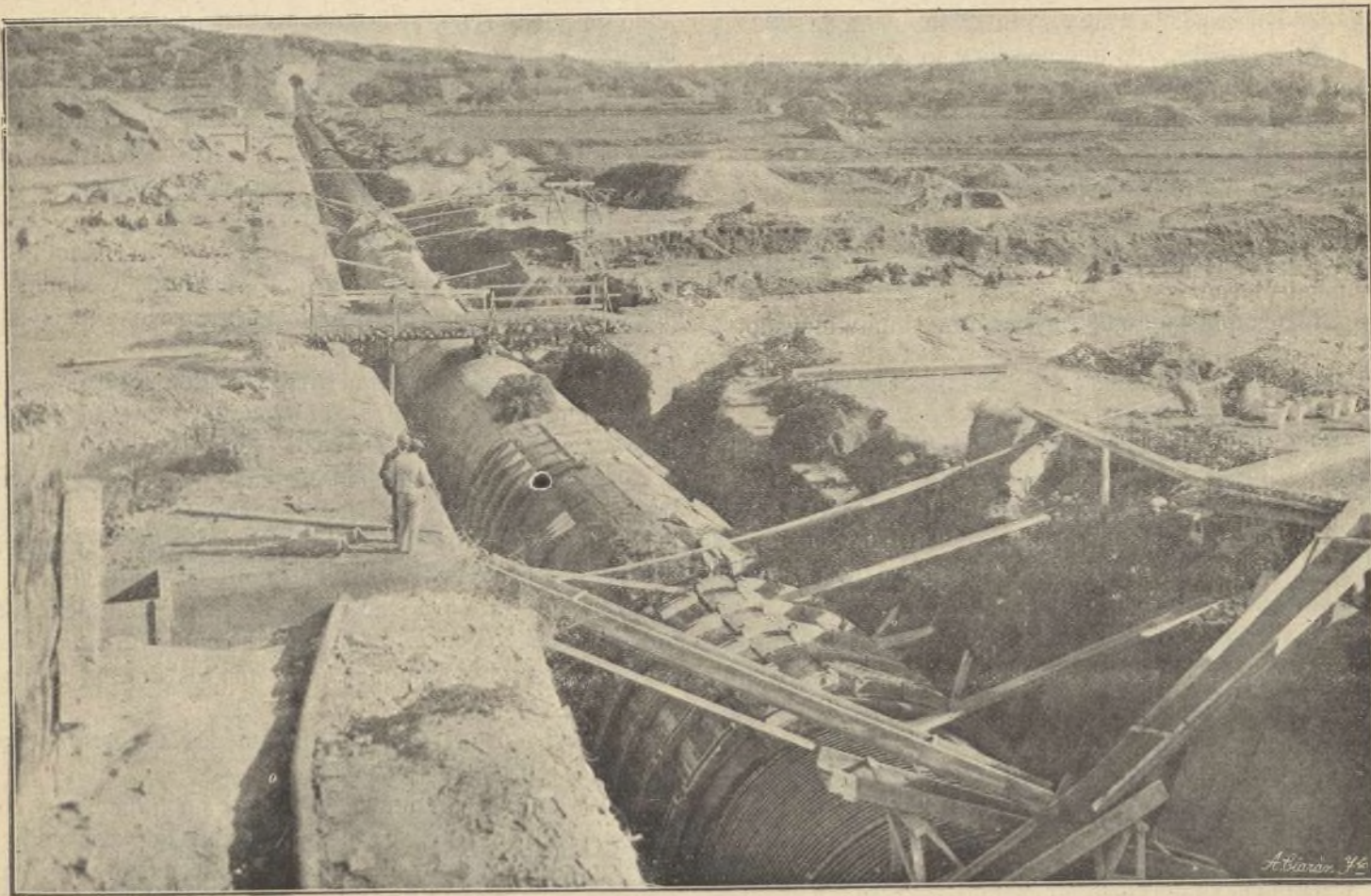
### La mayor tubería forzada que existe en el mundo.

El proyecto, redactado por el ilustrado Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos D. Mariano Luiña, fué aprobado á fines de 1907, y las obras, que se ejecutan bajo su dirección,

existe en el mundo; en una carta de Mr. Etcheverry, Profesor de la Universidad de California en Berkelez (Estados Unidos), dice lo siguiente:

«..... et vous, Mr. Luiña, méritez beaucoup de félicitations pour entreprendre des ouvrages (Sosa et Albelda) si importants et si remarquables. Dans les Etats Unis nous n'avons rien d'aussi important.»

La longitud del tubo es de 725 metros y su presión de 30 metros. La longitud total de la obra es de 760 metros.



empezaron en Marzo de 1908, y quedarán terminadas en este mes.

El presupuesto es de 760.000 pesetas.

El tubo tiene 4 metros de diámetro interior (0,20 metros más que los del Sosa, contruídos también bajo su dirección inmediata), y es actualmente la mayor tubería forzada que

El tubo tiene 0,20 metros de espesor constante, de los cuales 0,185 metros envuelven la armadura metálica y el resto de 0,015 forma el enlucido interior. El hormigón del tubo lleva 500 kilogramos de cemento *Asland*, por metro. El enlucido interior lleva volúmenes iguales de cemento *Asland* y arena.



La armadura se compone de directrices en T, enlazadas por varillas longitudinales ó generatrices, variando las secciones con arreglo á las presiones.

Las cabezas de entradas y salidas del Sifón son de hormigón con 200 kilogramos de *Asland* por metro cúbico.

También están ejecutados con dicho cemento los tubos de bajada para visitar el colector y la galería de desagüe.

## CARRETERAS

### Comparación entre el adoquinado y el firme de piedra partida desde el punto de vista del precio de coste anual.— (Conclusión.)

*Segundo caso.* Consideremos un caso en el que los precios de construcción y de conservación sean bastante elevados.

Supongamos que el precio del metro cúbico sea de 20 francos todo comprendido; teniendo la capa de primer establecimiento un espesor de 0,20 se tendrán 4 francos; por consecuencia

$$Cr = 4 \text{ francos} \times 0,04 = 0,16 \text{ francos.}$$

Admitamos que hay un desgaste de un centímetro por año, lo que corresponde á una circulación media de 200 coladeras próximamente, y lo que necesita un período para los recargos de ocho años próximamente.

El gasto anual será de

$$\frac{1}{20} \text{ de 4 francos, ó } E = 0,20 \text{ francos,}$$

que es próximamente el gasto de las carreteras frecuentadas de Seine-et-Marne.

Admitamos que  $e = 0,09$  francos que es muy elevado

$$P = 0,16 \text{ francos} + 0,20 \text{ francos} + 0,09 \text{ francos} = 0,45 \text{ francos.}$$

Tracemos sobre nuestro gráfico la línea  $DE$  que representa 0,45 francos, y se verá entonces que si el adoquinado á 15 francos (línea II) dura treinta años, el adoquinado costará 0,87 francos, ó sea cerca del doble del firme de piedra partida, y que aun cuando dure sesenta años, costará 0,66 francos en lugar de 0,45 francos.

Se habla mucho del pequeño adoquinado y se dice que no podrá costar más que de 8 á 10 francos el metro cuadrado; pero ya se ve que la línea  $DE$  corta á la línea III relativa al adoquinado á 10 francos cuando  $N = 55$  años.

Por lo tanto, es necesario que el pequeño adoquinado dure cincuenta y cinco años y que no cueste más que 10 francos, para ser equivalente al firme de piedra partida en cuanto al precio de conservación anual.

Si el pequeño adoquinado no costase más que 5 francos el metro cuadrado, sería preciso que durase quince años para no ser más oneroso que el otro firme.

*Tercer caso.* Consideremos un caso extremo.

El metro cúbico de los materiales cuesta 25 francos.

El primer establecimiento para una capa de 0,20 cuesta, 5 francos.

$$\text{Tenemos por lo tanto: } Cr = 5 \times 0,04 = 0,20 \text{ francos.}$$

Admitamos un desgaste de 3 centímetros por año que corresponde á un período de recargos de tres años.

	Francos
Se gastará por año: $E = \frac{3}{20} \times 5 = \dots\dots\dots$	0,75
y tomando $e = \dots\dots\dots$	0,05
se llega á un total de $\dots\dots\dots$	1

Este es un gasto considerable que no es excedido más que por las carreteras las más frecuentadas de París y del departamento del Sena. Pero si se traza la línea  $GH$  que representa un franco, se ve que corta la línea II (adoquinado á 15 francos) en un punto que corresponde á una duración de veintidós años.

Por lo tanto, es necesario que el adoquinado á 15 francos dure veintidós años para no ser más caro de conservar que el firme de piedra partida en el caso excepcional que consideramos. Si el adoquinado no costase más que 10 francos, el metro cuadrado sería preciso que durase doce años para que resultara equivalente.

Para llegar á estos resultados, ha sido preciso hacer algunas hipótesis; pero podrían hacerse otras distintas, y los resultados obtenidos, aunque diferentes de los primeros, no cambiarían en nada las conclusiones que se pueden sacar.

Todo lo que acabamos de decir prueba lo que por otra parte ya sabíamos hace mucho tiempo, y es que el adoquinado no puede resultar económico más que cuando la circulación es extremadamente pesada é intensa.

Hace más de veinte años que los Ingenieros del Sena procedieron á la conversión de los firmes de piedra partida en adoquinado, y procedieron en este caso con razón, porque el firme de piedra partida resultaba insuficiente para soportar la enorme y pesada circulación de los alrededores inmediatos á París, resultando por este motivo aquel firme á precios considerables. Además el adoquinado es más limpio y más sano que el otro firme, y conviene más á las carreteras de los alrededores.

Á petición de los automovilistas se ha pretendido hace algunos años llevar á efecto el adoquinado de todas las vías; pero á pesar de esto, en Seine-et-Marne y en muchos otros departamentos, se ha venido haciendo precisamente lo contrario, muchas conversiones de adoquinados en firmes de piedra partida, y en interés del automovilismo, habiendo procedido en estos casos con acierto, porque los viejos adoquinados que hubiera sido preciso rehacer completamente, hubieran costado como primer establecimiento y como conservación anual mucho más caros que los firmes de piedra partida.

Es preciso proporcionar la fuerza de la herramienta al trabajo que hay que ejecutar.

Hoy se quiere de nuevo volver al adoquinado, y como hemos dicho al principio, sus partidarios han propagado entre el público errores de apreciación considerables en la cuestión de su precio de coste anual.

Hay, pues, que rectificar, porque es necesario ver las cosas tal y como ellas son. ¿Pero se debe renunciar á los ensayos de adoquinado de toda especie que se intentan actualmente? Evidentemente, no.

Ciertamente que los firmes de piedra partida no resisten bien á las circulaciones automóviles intensas y que por lo tanto hay que mejorarlos, ya por medio del alquitrán ó cual-



quier otro producto, ya reemplazándolos por otra clase de firme.

El pequeño adoquinado es evidentemente una solución, pero es todavía una solución muy cara. En efecto, lo repetiremos, para que resulte tan económico como un firme de piedra partida de un precio ya elevado (*Segundo caso*) es preciso que dure más de cincuenta años, si cuesta 10 francos el metro cuadrado, y más de veinticinco años si cuesta 8 francos. Pero las experiencias hechas demuestran que no se puede esperar tan larga duración, y además que si resiste bien á la circulación automóvil no ocurre lo mismo con los vehículos pesados.

No queremos sacar de aquí la conclusión de que el pequeño adoquinado, y, en general, de que todo adoquinado no deba emplearse allí donde la circulación automóvil lo reclama, pero sí queremos afirmar que no hay que hacerse ilusiones; con los precios actuales de los materiales es evidente que el adoquinado costará siempre mucho más caro que el firme de piedra partida, salvo circunstancias completamente excepcionales.

¿Qué es lo que se puede hacer en vista de esto para mejorar nuestras carreteras? La respuesta es bien sencilla: ó bien un adoquinado muy barato, ó bien un firme de piedra partida que no pueda ser desagregado por los automóviles de gran velocidad.

Todavía existen muchos vehículos con tracción animal que circulan por nuestras carreteras, y para ellos es evidente que la piedra machacada es el mejor firme; además este firme conviene igualmente á los coches automóviles cuando no es desagregado por ellos; por lo tanto, lo que hay que buscar es un sistema de firme que no se desagregue por el paso de los automóviles. Este será el ideal de la carretera futura, y es en este sentido que es preciso orientarse, debiendo añadirse que las investigaciones hechas hasta el día dan lugar á esperar que se llegará á la solución completa en un porvenir no lejano.—O.

## EL PRIMER CONGRESO DE CARRETERAS

(CONTINUACIÓN)

### Conservación de carreteras de firmes de piedra partida.

La parte más esencial de una carretera, por lo que al tránsito se refiere, es el afirmado y de cuya conservación trataré á continuación.

En la conservación del afirmado, y aparte de condiciones locales, influyen la calidad de los materiales, su machaqueo y el modo de emplearlos. Es de tal importancia la elección de buenos materiales, que el aumento de los gastos de conservación de carreteras ocasionado en estos últimos años ha provenido principalmente de la sustitución de la piedra blanda por piedra dura, habiendo poblaciones, como París y Burdeos, en las que se llega á pagar el metro cúbico de ofita á 25 francos; en Guipúzcoa y Vizcaya se ha sustituido en muchos sitios la caliza por ofita, cuyo coste llega á ser hasta doble del de la caliza, próximamente unas 15 pesetas. Con la elección de mejores materiales, los gastos de aprovisionamiento ascienden, disminuyendo los de salida.

Las calidades de piedras duras más usadas y que dan

buenos resultados, son el pórfido, basalto, fonolita, granito, gneis, escorias de altos hornos, ofita y trap, si bien la mayor parte de estas rocas son de diversas cualidades, estando en muchísimos casos mezcladas, por cuyo motivo es indispensable que se reconozcan en la cantera y antes del machaqueo los cantos de mampostería extraídos con tal objeto, para evitar la presentación de malos materiales y perjuicios á los contratistas.

*Machaqueo.*—Gran importancia se le ha dado en todo tiempo á la igualdad de los cantos en el machaqueo de la piedra, y no hay duda de que si fueran todos del mismo volumen, los cantos de los bacheos y recargos quedarían más estables, evitando de tal modo el desgaste que por su instabilidad se produce, más en atención á la carestía, que representaría una gran limitación en el machaqueo; en esta provincia rige la condición de que el machaqueo se considerará bien hecho cuando cribando la piedra en dos zarandas de mallas rectangulares de 2 y 5 centímetros de lado respectivamente, cada uno de los volúmenes que pasen por la de 2 ó queden en la de 5 sean menores que la octava parte del total. De esta condición se desprende, que es grande la diferencia de volumen que puede existir entre los cantos del afirmado. En Francia se exige que todas las piedras pasen por anillos de 6 centímetros y que no haya más de 1,5 menor de 3 centímetros. Por existir estas diferencias, es muy conveniente, ya se emplee la piedra en bacheos, ya en recargos recogerlas con rastras ú horquillas cuyos dientes tengan separaciones convenientes para colocar las piedras más gruesas en el fondo del bache ó recargo.

En todos los casos debe de evitarse las canteras en que se labre piedra para obras, porque siempre los contratistas tienden á aprovechar los restos de la labra, que se componen principalmente de cantos planos y alargados completamente inaptos para ser empleados en la conservación.

Cuando las canteras que se pueden utilizar en la conservación de carreteras son pocas, es muy conveniente comprar ó arrendar alguna para evitar el monopolio que más ó menos pronto suelen establecer los propietarios. Es también conveniente hacer esto con las canteras en que por no tener buenas condiciones de explotación se va encareciendo la saca, pues se observa que cada contratista se limita á efectuar las labores necesarias para presentar sus lotes, sin ocuparse de que la explotación se haga en buenas condiciones, ni de conservar los caminos de acceso á la carretera. Cuando la Administración es dueña de las canteras, pueden imponer condiciones para su buena explotación ó preparar las canteras y caminos antes de la subasta.

*Recebo.*—El material empleado para recebo debe ser en general, como ya dije al tratar de la construcción de carreteras, de la misma calidad de la piedra empleada para el firme, ó más duro.

En esta provincia se aprovecha para recebo esa octava parte de piedra menuda de la que he hablado anteriormente. Los contratistas, en atención á que no pueden emplearla para otros fines, prefieren no separar este detritus, lo que se hace muy fácilmente por los camineros al extender el material en la carretera. Se comprende también que el volumen, que al medir la piedra este recebo representa, es insignificante, pues ocupa principalmente los huecos de las otras piedras.

Cuando por condiciones especiales al hacer recargos se pueda emplear económicamente recebo mucho más duro que la piedra usada en la conservación, principalmente si la ca-



lidad de esta piedra es blanda, no hay duda de que el resultado será excelente, pues la capa de recebo algo abundante sería una capa protectora del firme, que produciría análogos efectos de los que produce la gravilla, que conviene mezclar con el alquitranado cuando éste se emplea en la superficie de los afirmados; con el asfalto, para evitar su rápido desgaste. También se hace algo análogo respecto á los pavimentos de madera, en los que conviene extender, después de construídos y periódicamente durante la conservación, una capa de 3 á 4 centímetros de gravilla muy dura, la que incrustándose en los tarugos, sufre la rodadura y los protege grandemente.

Se admite anteriormente que este recebo duro pueda económicamente emplearse, y esto sucede cuando se encuentran canteras de tal grijo ó existen fábricas en las que, empleando machacadoras mecánicas, quedan detritus de machaqueo inútiles para otros fines.

*Disposición de los acopios en la carretera.*—Si fuera posible, sería conveniente al tránsito no apilar la piedra en los paseos hasta el momento de su empleo, por la incomodidad que presenta; mas como no lo es, conviene que, á no ser que el acopio sea de gran importancia, el volumen de los montones no pase de medio metro, que no se coloquen montones en la parte interior de las curvas para permitir que los vehículos, principalmente automóviles, se ciñan en su marcha á ellas con más facilidad; y, por último, debe evitarse el que la piedra acopiada un año quede para ser empleada al siguiente ó siguientes.

En armonía con este criterio, conviene retirar todos los guardarruedas que en algunas carreteras existen entre el firme y el paseo y trasladarlos al borde del mismo si hubiera terraplenes peligrosos; evitar durante la noche la colocación de carretas, materiales de construcción, etc., sobre el firme ó paseos y, en definitiva, tener la carretera exenta, á ser posible, de todo obstáculo. Cuando se acopia un recargo se dispondrán los montones á ambos lados de la carretera para disminuir el coste de extensión en el firme.

*Métodos de conservación.*—Ya sabemos que se puede conservar la carretera por bacheos ó por recargos, si bien este procedimiento exige la conservación por bacheos, en el intervalo comprendido entre dos recargos.

*Bacheos.*—Cuando no se dispone de rodillos para apisonar y se fía la trabazón de materiales casi exclusivamente á la compresión producida por el tránsito, pues á lo sumo se apisona con piones de mano, se debe conservar siempre por bacheos; pues de lo contrario se forman en las carreteras rodadas longitudinales muy profundas y peligrosas, quedando en los intervalos de ellas las piedras completamente sueltas.

Los bacheos deben distribuirse de modo que cuando los caballos ó bueyes que arrastran el coche ó carreta tengan sus patas sobre piedra, las ruedas vayan sobre afirmado antiguo, con el fin de que el esfuerzo necesario de los motores sea lo más pequeño posible, y que cuando las ruedas se apoyen en piedra, los motores vayan por firme antiguo á fin de que la tracción mayor que exige el vehículo sea fácil. Conveniente es también que vaya sólo una rueda sobre piedra, con el fin de que el aumento de tracción sea menor, y que sólo uno de los motores tenga que pasar sobre piedra para que los otros tengan facilidad de hacer el esfuerzo necesario de tracción, y á fin de evitar que, por ir todo sobre piedra y en malas condiciones, tiendan á desviarse de su dirección ordinaria. Por último, conviene distribuir los ba-

ches de modo que el vehículo, después de haber pasado uno, pueda volver á adquirir su velocidad normal antes de llegar al segundo.

De lo expuesto se desprende que el bache no debe de tener longitudes mayores de 2 metros, ni anchuras de más de uno á uno y medio; que no debe de haber bacheos uno enfrente de otro, como suele hacerse á veces en las rodadas, y como regla general puede establecerse también que todo bacheo que comprenda todo el ancho de la carretera, es defectuoso.

Cuando los bacheos se apisonan con rodillos de bueyes, conviene disponerlos en sentido longitudinal algo más próximos de lo que por las reglas anteriores se desprende, á fin de disminuir los gastos de apisonamiento.

*Cacheo de un bache.*—Hay costumbre de limitar el bache por líneas rectas, picar el perímetro, etc., y en lugar de esto deberá determinarse el bache, según la depresión, y se picará precisamente según el perímetro del mismo, con el fin de no destruir afirmado que se halla en buenas condiciones para sustituirlo con piedra movediza.

La operación del picado es bastante cara y casi siempre puede evitarse, con tal que se distribuyan con cuidado los materiales gruesos en el centro y los menudos en los bordes. La experiencia prueba que este procedimiento da buenos resultados. Cuando la carretera tiene mucha pendiente debe de picarse siempre.

Cuando no se intenta apisonar absolutamente nada el bacheo, es indispensable que los cantos sean casi iguales para aumentar su estabilidad y que no se emplee ninguna clase de recebo. Cuando se apisona con pisón de mano ó con rodillo, se dispondrán, como ya se ha dicho, los cantos mayores en el centro, los menores en la superficie y en los bordes; se apisonará después perfectamente, y, por último, se extiende encima algo de recebo, volviendo á apisonar. La primera vez se apisona con el fin de emplear la menor cantidad posible de recebo.

En muchos casos existen baches, y más generalmente rodadas, que desaparecen con el picado del borde exterior de los mismos, lo que produce además algunos materiales de piedra partida, y que es muy conveniente tener presente en ocasiones en que no se dispone de acopios en la carretera, pues los acopios extraídos con el picado pueden emplearse para desvanecimiento de otros baches.

La época más conveniente para bachear es la de lluvias, debiendo recomendarse regar los baches en los días secos y al anochecer para que la acción del agua sea más eficaz.

Los bacheos necesarios entre dos recargos son de mucha menor importancia, principalmente si el intervalo entre los recargos no es excesivamente grande. Estos bacheos se hacen lo mismo que se ha dicho anteriormente.

*Recargos.*—Al tratar de bacheos el Sr. Pardo dice lo siguiente para justificar que se puede por bacheos evitar la disminución del espesor del firme de una carretera: «La experiencia demuestra que algún tiempo después de concluido un bacheo, se presentan nuevas depresiones que desaparecen poco á poco por las acciones combidadas del tránsito y la extracción de detritus, y que se pueden aprovechar para nuevos bacheos, repitiéndolos hasta cinco y seis veces en la temporada de invierno.» El Sr. Debauve, tratando de este mismo particular, dice: «El sistema de bacheos permite, en rigor, no sólo mantener la unión del afirmado, sino también restituir cada año el espesor perdido por el desgaste.» Si se mantiene la unión del afirmado no hay baches, y, por tanto,



hay un círculo vicioso en la explicación del Sr. Debauve, y por lo que se refiere á lo dicho por el Sr. Pardo, esas depresiones, que se forman en la proximidad de un bacheo, no desaparecen sino que aumentan, alargándose y suavizándose por tanto, algo la unión del bacheo con el firme antiguo. Cuando el bacheo tiene por objeto hacer desaparecer los baches en el intervalo de dos recargos, estos efectos disminuyen mucho.

De lo expuesto se desprende que el procedimiento de conservación por bacheos, produce alteración más ó menos grande en la superficie de la carretera, porque realmente no restablece la unión del afirmado, pues sustituye á un bache poco profundo un saliente poco elevado y resistente, al lado del cual el afirmado antiguo adquiere más ó menos tarde la apariencia de un bache que es necesario después bachear, etc.

Estas desigualdades no incomodan gran cosa en carreteras de poco tránsito y con vehículos á pequeña velocidad; pero á grandes velocidades, producen al viajero efectos desagradables.

Además de lo expuesto, la conservación exclusiva por bacheos tiene otros inconvenientes, como son: el exigir bastante inteligencia por parte de los peones camineros, la dificultad de bachear en carreteras cuyo desgaste es muy igual, lo que ocurre en esta provincia á lo menos con 80 por 100 del total de las mismas, y el menor aprovechamiento de los materiales, porque las piedras se rompen fácilmente.

Estas son las causas que impulsan á que se desarrolle lo más posible la conservación por el procedimiento de recargos.

No dejan de tener los recargos también sus inconvenientes, alguno de ellos, y tal vez el más importante, originado por no haber conservado el firme de las carreteras con el espesor de su construcción.

Para hacer un recargo se necesita mayor cubo de materiales que para bachear, y como, por lo dicho anteriormente, las carreteras tienen el firme con espesores pequeños, es preciso en las partes no recargadas continuar empleando por bacheos el máximo de materiales, por cuyo motivo aumenta grandemente el presupuesto, creando dificultades para la Administración.

Si no se distribuyen convenientemente los recargos, aumenta algo el coste del material por la mucha mayor cantidad que se necesita. Á esto hay que añadir el gasto de cilindrado y de riego, si bien esto produce disminución en el coste del material.

Para conservar las carreteras de una provincia por recargos, es necesario darse cuenta exacta del espesor del firme en todos los trozos de las mismas; tener idea de la circulación que en los diversos trozos existe, así como de la calidad de los materiales que pueden emplearse, condiciones climatológicas, y, en una palabra, tener presente todo lo que puede influir en el mayor ó menor desgaste de las carreteras de que se trate. Estos datos sirven para determinar las secciones de igual desgaste, así como para distribuir los materiales empleados en la conservación por bacheos de los trozos más recargados en armonía con los datos citados.

El desgaste de una carretera en general es desigual; pero entre dos empalmes, entre dos pueblos, entre un pueblo ó fábrica y una estación de ferrocarril, etc., este desgaste suele ser uniforme y, por tanto, dichos trozos constituyen secciones ideales de recargo.

Estos trozos, en general, no suelen ser largos; mas si

esto ocurriera, habrían de recargarse en dos ó tres años sucesivos con el fin de evitar el aumento del coste de materiales por la gran demanda de los mismos. Las secciones de carretera, que han de recargarse, deben estar limitadas por puntos bien definidos, como son: encuentros de carreteras, postes kilométricos ó de cualquier otra distancia, etc., con el fin de evitar que el extremo de un recargo caiga sobre otro hecho anteriormente.

*Espesor del recargo é intervalo entre dos recargos.*—El espesor de los afirmados no debe descender de un límite que puede, según las circunstancias, variar entre 5 y 10 centímetros. Por otra parte, la capa de materiales de cada recargo no puede descender por debajo de un límite, que se puede fijar en 6 centímetros y que disminuye con el cilindrado de la cuarta á la quinta parte.

Teniendo esto presente no se puede dejar de conservar por bacheos, como se ha dicho, hasta que se recarguen, los trozos de carretera en que el espesor sea mínimo.

El recargo puede ser muy espeso, tan delgado como sea posible, ó tener un espesor intermedio. Si el espesor del recargo es grande, el intervalo entre los recargos aumenta y, por tanto, los recargos son menos frecuentes. Este sistema es el más económico, porque el gasto del cilindrado está lejos de crecer proporcionalmente al espesor del recargo, y el empleo de un metro cúbico de materiales es, por consecuencia, menos caro cuando el espesor del recargo aumenta. Tiene también la ventaja de molestar lo menos posible la circulación. El inconveniente que presentan estos recargos muy espesos proviene de que, en los últimos años, el afirmado está muy desigual por los muchos baches que se han hecho.

Se deducen con facilidad, en vista de lo dicho anteriormente, las consecuencias de un recargo muy delgado y las del recargo de espesor intermedio.

*Operación del recargo.*—Se recomienda por algunos Ingenieros el picado del firme antes de recargar, ó, por lo menos, el picado de los bordes exteriores del recargo; sin embargo, en vista de la carestía de esta operación y teniendo presente que el recargo, hace, aun sin picar, perfectamente clavo con el firme antiguo, considero innecesario el picado; solamente habrá de cuidarse de disponer la piedra menuda en los bordes del recargo, con el fin de que el resalto sea pequeño. Antes de recargar, el firme debe estar muy igual, pues de lo contrario se forman baches después del recargo donde antes existieron, á causa del mayor asiento del firme.

La extensión de los materiales se hará, á ser posible, en todo el ancho de la zona recargada y no por mitades de carretera, porque se unen mal las dos zonas y se forman muchos detritus en la unión. Si durante las operaciones del recargo no lloviese, deberá regarse, según el eje de la carretera, pues el agua por el bombeo llegará hasta los bordes. El apisonamiento de los recargos deberá efectuarse con rodillos de vapor por ser más perfecto y más económico que con rodillos de tracción animal. Algunos Ingenieros tasan en una peseta por metro cúbico esta diferencia de coste de apisonamiento.

El recebo que se emplee será de la clase y condiciones ya expresadas.

Es muy general en el extranjero hacer el cilindrado por contrata, no porque sea más barato, sino á fin de descargar al personal de carreteras de la gran responsabilidad que el uso de los rodillos de vapor trae consigo y del mucho trabajo que el empleo de los mismos representa, principalmente en



el invierno, que es cuando el personal de carreteras está más ocupado. La Administración, por otra parte, tiene dificultades para reparar los rodillos y no tiene medios de sustituir unos por otros cuando alguno se descompone.

Un rodillo de vapor de 16 toneladas cilíndrica, aproximadamente, cada día de diez á doce horas de trabajo y con recargos de espesor de 8 centímetros, unos 40 metros cúbicos de piedra dura ó unos 60 metros cúbicos de piedra caliza. La velocidad del rodillo de vapor apisonando debe ser de unos 3 kilómetros por hora.

En los trozos recargados sería conveniente cilindrar cada año, aprovechando el paso del rodillo del vapor, porque éste aprieta las piedras unas contra otras, expurga el afirmado de las tierras que existen en los intersticios, reduce el levantamiento producido por los fríos persistentes, y, en consecuencia, la dislocación y movilidad relativa que se observan á cada deshielo.

Se reseñarán brevemente, para terminar, los buenos efectos de la conservación de carreteras por el método de cargos cilindrados:

La circulación queda desembarazada del impedimento considerable que los empleos parciales representan. La resistencia á la atracción es durante el empleo de los materiales menor por recargos que por bacheos.

El afirmado queda mejor unido, más igual y más resistente; de donde resulta un menor esfuerzo de tracción para los motores, un movimiento más agradable para excursionistas y viajeros y una nueva economía para el público.

El perfil transversal del afirmado es más regular y se conserva mejor, la evacuación del agua se hace mejor y el barrido es más fácil.

Hay menos barro y polvo, de donde proviene una nueva ventaja para el público y economía en la mano de obra en el entretenimiento propiamente dicho.

Se evita el desgaste considerable debido á la rotura en pura pérdida, de las piedras diseminadas, así como de las que por el poco espesor del bache se rompen al apisonar.

Hay una adherencia más completa entre los empleos recientes y el firme antiguo.

El afirmado es menos sensible á las intemperies y á los deshielos.

Los materiales se emplean metódicamente, por una labor de conjunto que puede estar bien organizada, en lugar de la labor de bacheos, que queda casi exclusivamente á la iniciativa de los camineros.

La mano de obra permanente de los peones camineros disminuye, y, por tanto, puede disminuir el número de éstos. Bilbao 26 de Febrero de 1909.

VÍCTOR O. DE ALLENDE.

(Se continuará.)

## PUERTO DE BARCELONA

### Dársena del Morrot.

Aprobado dicho proyecto por Real orden de 2 de Julio de 1904, se subastaron las obras con fecha 22 de Noviembre del propio año, comenzándose los trabajos á su debido tiempo, por la explanación de la parte Sur, con objeto de ganar terrenos al mar y establecer en ellos los indispensables talleres.

Con la simple iniciación de estas obras preliminares, y al

levantarse los perfiles del replanteo, se echó de ver bien pronto la inexactitud de muchos de los datos consignados en el estudio primitivo, referentes á la configuración del terreno, suponiendo la existencia de playas más ó menos extensas donde éstas habían desaparecido, y la necesidad imprescindible de obras adicionales importantes para subsanar estas deficiencias. Trazado este proyecto sobre un plano algo antiguo de la costa levantado por la Comisión Hidrográfica, nada tiene de extraño que por la acción del tiempo y variadísimos efectos de los temporales y de las corrientes de toda índole en un litoral como el nuestro de tan mudable régimen, se haya alterado la configuración de sus playas, socavándose unas y aterrándose otras, á veces, en plazos muy breves, variando más tarde en sentido contrario con el rumbo de las marejadas, y sin adquirir nunca carácter de estabilidad y fijeza.

Lo cierto es que por efecto de estas variaciones, el gran plazazo antes existente entre el arranque del segundo espigón y la fábrica de Nuestra Señora del Carmen, que sirvió de base al estudio aprobado y se consignó en los planos del mismo, ha desaparecido en mucha parte de su extremidad Norte, en la que hoy llegan las olas al emplazamiento fijado para el muro terminal de la nueva estación, obligando á la prolongación de las escolleras de defensa paralelas á la costa en una extensión de 200 metros, y al vertido de un nuevo y considerable cubo de terraplenes inferiores y superiores al nivel del mar. El conjunto de estas obras adicionales, que más tarde detallaremos, representa un aumento forzoso en el presupuesto de gastos de 687.778,86 pesetas, cifra que, por su crecida importancia, exigiría ya por sí sola la formación de un presupuesto reformado, si otras muchas concausas no contribuyeran á justificar su necesidad ó conveniencia.

Las obras del segundo espigón, formadas por un dique de abrigo y un muelle adosado, y en general todas las de la nueva dársena, se proyectaron, según se hace constar en la Memoria correspondiente á dicho estudio, bajo el supuesto de que las obras de prolongación de la escollera de Levante estarían ya lo suficientemente avanzadas para prestar un buen abrigo á las de Morrot, sin que éstas hubieran de reunir, por lo tanto, grandes condiciones de robustez y resistencia. Desgraciadamente la experiencia ha venido á demostrar la inseguridad de estas previsiones, por cuanto, debido á multitud de causas que no es del caso analizar aquí, tales como los cambios de traza y de perfil, períodos de prueba de nuevos elementos de construcción, proyectos de muelles adosados, y sobre todo la poca actividad desarrollada hasta ahora por el adjudicatario de las obras, éstas se encuentran hoy día en estado de evidente retraso, sin que haya comenzado aún la construcción del espaldón, y avanzado muy poco la de los bloques de guarda destinados á quebrantar y detener por completo la propagación de las marejadas.

En tales condiciones, que tardarán bastante tiempo en mejorarse; basta tener á la vista los planos aprobados de la dársena de Morrot, para comprender que las obras de su contradique de defensa se han de construir en plena mar, sin abrigo de ninguna especie, al menos contra los temporales del segundo y tercer cuadrantes que suelen ser los más temibles, y sin la posibilidad de retrasar su construcción, por los plazos perentorios y fijos estipulados con la Compañía de los ferrocarriles de Madrid á Zaragoza y á Alicante, y sancionados por la Superioridad, bajo la carga de ciertas y onerosas penalidades.

Es, pues, indiscutible que la sección proyectada para aquél, en los supuestos indicados, ha de resultar insuficiente en absoluto ante la realidad de los hechos, y así lo ha demostrado ya la práctica, por cuanto las escolleras vertidas en el año anterior, con sujeción estricta al perfil aprobado, y en el arranque de la expresada obra, fueron barridas en breves horas por el primer temporal que sobrevino, por cierto de corta intensidad, y sin que quedara de las mismas ni el más pequeño rastro. Debe reforzarse, en consecuencia, la citada sección, aumentando desde luego la banqueta de su paramento exterior hasta los 6 me-



tros de anchura prefijados por la propia Superioridad, acrecentando algo más el cubo total y unitario de los bloques de revestimiento, con lo que á la vez se simplificarán los modelos para su construcción, y revistiendo, por último, los taludes de su paramento interior proyectado de escollera menuda al *descubierto*, y que han de ser batidos durante largo tiempo por las marejadas de Levante, con un manto protector de escollera gruesa, análoga á la constitutiva del contradique actual, obra con la que ha de conservar aquélla grandes caracteres de analogía, y cuya eficacia ha sancionado por completo una experiencia de *veintisiete* años.

Pero esto no basta; la coronación de dicho dique se ha proyectado mediante un sencillito muro de mampostería de *tres* metros de altura sobre el nivel del mar y de escaso espesor, es decir, de un muro completamente análogo al de los muelles interiores del puerto y destinado como éstos á contener los terraplenes del muelle adosado, en toda la longitud del espigón y de las escolleras de la costa. Á poco que se reflexione, compréndese bien las dificultades é insuficiencia de estas obras. En primer término, y ante la imposibilidad de verter previamente los terraplenes superiores, que la más leve marejada barrería con gran facilidad, dicho muro habría de construirse aisladamente, lo que no sería en verdad cosa sencilla, con una base de asiento bañada continuamente por la resaca, y sin poder garantizar tampoco la estabilidad del conjunto ante el empuje de las marejadas más débiles. En una palabra, surgirán los inconvenientes naturales de querer realizar la construcción de un verdadero y débil muro de muelle interior en la coronación de un rompeolas.

Pero aun dado caso de que esto pudiera lograrse, y que el muro y su terraplén se terminaran por completo y en satisfactorias condiciones, con los temporales de gran intensidad, el efecto del oleaje que en toda esta zona suele alcanzar alturas de *ocho* y más metros en simple estado oscilatorio, sería el de lanzar sobre el muelle, no ya su reventazón, sino verdaderos paquetes líquidos que lo barrerían en toda su extensión, inundando y destruyendo las instalaciones que sobre aquél se realizarían, ó arrastrando ó deteriorando las mercancías depositadas en el mismo. Hechos análogos se han comprobado ya en nuestro propio puerto, por el desabrigo en que antes se hallaban los muelles de Barcelona y primer tercio del de San Blas contra los temporales del Sur; y si esto ha sucedido en muelles interiores y con marejadas no tan temibles ni tan frecuentes como las de Levante y del Sudoeste, á que han de quedar expuestos el nuevo contradique y las escolleras de la costa, se comprenderá lo justificado del recelo y la necesidad de corregir tales deficiencias. Es, pues, forzoso proyectar un verdadero espaldón de abrigo sólidamente empotrado en las escolleras del basamento por algunas hiladas de bloques de hormigón de forma apropiada y robusta para rechazar y resistir el oleaje, y de una altura mínima de 6 metros (incluso el parapeto) sobre el nivel del mar, análoga á la del actual contradique, y suficiente, como ha demostrado la experiencia, para evitar el efecto de los rocciones sobre los muelles habilitados á su abrigo. El conjunto de todas estas obras suplementarias representa otro gasto adicional de crecida cantidad, cuyo detalle especificaremos mas tarde, al tratar del importe de las variaciones adoptadas.

Otra cuestión de suma transcendencia, y cuya resolución precisa y adecuada ha de influir asimismo de un modo poderoso en la necesidad y justificación de esta reforma, es la relativa á la creación de dársenas y muelles profundos para el fondeo y atracado que directo de los modernos trasatlánticos.

Conforme á lo indicado en esta Memoria, al ocuparnos de la modificación del muelle de Levante, y como resultado de nuestra asistencia al X Congreso Internacional de Navegación celebrado en Milán á fines de Septiembre de 1905, pudimos convencernos, al seguir el interés de las discusiones habidas en el mismo, y muy singularmente las relativas al calado con que deben dotarse las dársenas y muelles de nueva construcción, de la ne-

cesidad y conveniencia de adoptar para los puertos españoles, y en especial para los de primera importancia, los mismos procedimientos puestos ya en práctica en los más notables de Europa, á fin de equiparar sus condiciones con los incansables progresos de la construcción naval en nuestros días, único medio de evitar su paralización y su atrofia; pues el hecho de disponer ó no de fondeaderos donde puedan abrigarse y hacer sus operaciones de alijo estos enormes buques, puede determinar que las corrientes comerciales se encaucen en cierto sentido y lleguen á formarse mercados centrales que, recibiendo los grandes cargamentos, los distribuyan más tarde entre los puertos secundarios.

Si queremos evitar que Barcelona siga siendo tributaria de Génova, agrandado ya, dentro de aquel criterio, por los notables trabajos del Ingeniero Ingles, ha de aprovechar las circunstancias que favorablemente se le ofrezcan para entrar en este nuevo derrotero, pero no deshaciendo lo creado, sino utilizando siempre los medios y fondeaderos naturales dentro de un criterio prudencial y justo, sin exageraciones de ninguna índole. Al efecto, y en las apreciaciones antes dichas, fijamos como límite racional para la misma profundidad de los muelles de gran calado la sonda de 11,20 metros, formada por la adición de una sola hilada al tipo ordinario de muros de 9,60 metros de altura, con que se han venido construyendo los más recientes muelles, proyectando y calculando esta nueva sección del modo más satisfactorio posible en los terrenos práctico y teórico.

Ningún punto más adecuado en el puerto para la creación de estas zonas de atraque que la dársena del Morrot, no sólo por la gran sonda natural de su fondeadero, su vasta amplitud de 500 metros y el gran desarrollo perimetral de sus muelles, sino por su posición especial, la más avanzada de todas hacia el exterior; su carácter de verdadera ampliación de lo actual, reservada para las necesidades futuras, por la casi imposibilidad de construir nuevas dársenas en su prolongación, y, finalmente, por disponer en sus propias zonas de depósito, de una importante estación de ferrocarril que podrá facilitar en alto grado la distribución de las corrientes principales del tráfico. No hemos vacilado, por lo tanto, en proponer la habilitación de esta dársena, donde aún está todo por crear, para la recepción y alijo de los grandes buques modernos, aumentando la sonda de su fondeadero central hasta los 12 metros, que se dan á los exteriores del puerto de Génova, y llevando hasta la cota de 11,20 metros el calado de sus muelles de atraque, si bien limitando esta variación al de costa y el adosado al segundo espigón, por considerar, en primer término, que el desarrollo lineal de estos dos muelles, que componen en junto una extensión de 900 metros, es más que suficiente para atender á las necesidades del género indicado, durante larguísimo período; y en segundo lugar, porque hallándose el muelle restante, ó sea el del paramento Sur del primer espigón, en posición desabrigo, y exigiendo una construcción especial para evitar ó atenuar en el mismo la propagación de las resacas, dichos sistemas, cuyo coste suele aumentar en proporción cada vez más rápida con el incremento de calado, llegaría á acrecentar la importancia de este presupuesto en elevados límites. Con la disposición adoptada, el aumento real y positivo de gasto resultante no rebasará de 191.141,03 pesetas, cantidad verdaderamente reducida ante la cuantía y transcendencia del beneficio realizado.

Prescindiendo de otras pequeñas modificaciones prescritas por la Superioridad en su informe aprobatorio del primer proyecto, y á las que naturalmente se ha dado cumplimiento al redactar el nuevo estudio, réstanos hablar de la última reforma cuya introducción juzgamos necesaria, ya indicada con anterioridad, al hablar de la conveniencia de oponerse á la propagación de las resacas sobre el paramento Sur del primer espigón, único sometido á la acción directa ó transmitida de las marejadas.

Es indudable que de conservar aquél completamente unido en la forma normal, la acción de las resacas reflejadas ó transmitidas por este paramento continuo, bastaría para llevar la in-



tranquilidad de las aguas á toda la dársena del Morrot, y tal vez á los fondeaderos interiores por una serie de reflexiones sucesivas. Un fenómeno igual ocurrió en el puerto de Génova para la dársena limítrofe de los diques secos de carena; y sólo cesó al reemplazar el antiguo paramento del muelle de la Grazie por otro á *claraboya*, formado por una serie de pilas sosteniendo un piso abovedado, y rampas intermedias de escolleras, donde rompen las olas impidiendo su propagación. El mismo sistema se ha propuesto recientemente para la construcción de nuevos muelles, reemplazando empero los pisos en bóveda por tramos rectos independientes.

Reconocida, pues, la necesidad indiscutible de cambiar el paramento continuo de aquel muelle por otro de redientes, precisaba fijar en primer término cuál sistema, de los muchos que pueden adoptarse, resultaba más adecuado, teniendo en cuenta, como condiciones del problema, la de obtener, dentro del aumento de gasto, toda la mayor economía, y la de conservar inalterable la posibilidad del atraque directo de los buques. Después de algunos estudios y comparaciones, nos decidimos por el tipo de Génova, por ser el más sencillo de los adoptados y por su comprobada y satisfactoria eficacia. Ciertamente es que dicha construcción resultó en el citado puerto á un precio bastante elevado; pero esto fué debido al empleo del aire comprimido en las fundaciones de los apoyos y á lo muy espaciado de los mismos; y como ya se ha dicho antes que el muelle en cuestión debe conservar su altura normal de 9,60 metros, al menos en la mayor parte de su longitud que estará fundado con bloques sin necesidad de emplear el aire comprimido, y como además hemos aproximado los ejes de las pilas reduciendo las luces de los huecos á límites corrientes y aceptables sin el menor inconveniente para el objetivo apetecido claro está que aminorando los dos factores del gasto de mayor transcendencia, podremos conseguir, y hemos alcanzado en efecto, una notable economía sobre el coste del tipo elegido. Restan por determinar, en consecuencia, los sistemas más convenientes para la construcción de las pilas, y para la de los pisos ó tramos intermedios. La separación de los apoyos la hemos fijado en 12 metros de eje á eje y su espesor en 5 metros para el zócalo, 4 para el cuerpo intermedio y 3,50 para el superior, con lo que las luces de los huecos quedan reducidas á 8,50 metros.

Para la construcción de estas pilas se han hecho muchos y diversos estudios, bien empleando el aire comprimido, bien cajones de hormigón moldeado, análogos á los monolíticos del dique del Este, que se condujeran flotando á sus emplazamientos, para rellenarlos después, bien construyendo bloques huecos especiales que debidamente combinados permitieran su relleno y trabazón con hormigón vertido, bien con tubos de hormigón hincados en el terreno y rellenos después, empleando agotamientos. Pero todos estos cálculos y soluciones daban margen á la formación de numerosos precios contradictorios, y tan elevados, además, que el aplicarlos á la obra hubieran motivado para la misma enormes presupuestos adicionales.

En vista de esto, procedimos á examinar en qué condiciones podían hacerse las pilas adoptando el procedimiento ordinario de concertar bloques, aun cuando hubiera de aumentar el espesor de aquéllas. Á ello nos determinó también la experiencia adquirida con el buen éxito de los muros de los careneros del dique deponente, cuyas condiciones, sin embargo, son harto más desfavorables que las que han de tener las pilas, por cuanto aquéllas se hallan completamente aisladas, sin el menor enlace en su coronación, y sin estar siquiera unidos al muelle de costa, constituyendo, por lo tanto, prismas independientes por sus cuatro caras, no obstante lo cual han resistido y siguen resistiendo enormes cargas sin el más pequeño deterioro, mientras que las segundas quedarán enlazadas en su parte superior con el piso general del muelle y envueltos en la mitad de sus mayores paramentos por el tendido de los terraplenes intermedios. Consideramos, pues, que no hay inconveniente alguno en emplear este medio de construcción, que no obliga á salir de las di-

mensiones generalmente empleadas en esta clase de obras, y permite adoptar las mismas clases de fábrica que fueron objeto de licitación.

Creemos, no obstante, que el asiento de bloques habrá de hacerse con mayores dificultades que un muro de construcción corriente, porque en realidad hay bastante diferencia entre establecer una línea de gran longitud sin cambios ni resaltos de ninguna especie, asentando cada bloque por medio de las correderas y afianzándole en el anterior, á construir pilas completamente aisladas con sólo 15 metros de línea, concertando unos con otros bloques diferentes que han de resultar bien ajustados por tres diversos paramentos. Juzgamos, pues, muy atendible la reclamación que sobre este punto formula el contratista, habiendo procedido de común acuerdo á la formación de un precio contradictorio, cuya justificación fué incluida en el anejo correspondiente.

El precio correspondiente al arreglo de la base de cimentación se aplica para los muelles ordinarios por metro lineal de explanación, y así se consignó en el proyecto primitivo; pero claro es que este precio no puede aplicarse al nuevo muelle por la forma especial del mismo, y por ser mayor la longitud de las pilas que el claro entre ellas; y para evitar la formación de otro nuevo precio, hemos apelado al procedimiento lógico de calcular la superficie en metros cuadrados de las bases de cimentación, dividiéndolas después por 4,50, que es el ancho correspondiente en el proyecto primitivo al muro ordinario por metro lineal y con arreglo al cual se fijó el precio unitario. De este modo obtendremos un cierto número de metros lineales, al que aplicado dicho precio nos dará á conocer el importe exacto de la obra.

Determinada la formación de estos apoyos, y cuidando de que el tamaño de los bloques resulte proporcionado á los que figuran en el proyecto primitivo, con objeto de evitar que por exceso ó falta de fuerza los aparatos de la contrata llegaran á trabajar en condiciones poco económicas ó fueran totalmente inútiles, dando margen á otras reclamaciones, se ha estudiado la cimentación teniendo en cuenta que las primeras hiladas de bloques han de asentarse, como en los demás muelles del puerto, sobre las arenas del fondo; cuidando, en consecuencia, que las presiones sobre el mismo no resulten superiores á las ordinariamente admitidas, que suelen ser hasta de 3 y 3,50 kilogramos por centímetro cuadrado, y á ser factible, reduciéndolas algo para evitar ó aminorar las posibilidades de asentamientos desiguales, más perjudiciales en el caso particular de que se trata. Este resultado creemos haberlo conseguido, como se demuestra en el cálculo que más adelante se acompaña, y por el que aparece que la máxima presión sobre el fondo queda comprendida según la mayor ó menor cota de las pilas, entre 2,035 y 2,211 kilogramos por centímetro cuadrado de la base, cifras, como se ve, bastante inferiores á las admitidas.

Para la construcción del piso pueden adoptarse, asimismo, variables procedimientos. En el muelle de la Grazie de Génova se empleó el sistema de bóvedas, que tuvo buen éxito, por estar cimentados los apoyos sobre fondo de roca; pero en los nuevos trozos de muelle que bajo igual criterio se están ejecutando en el citado puerto, se han reemplazado las bóvedas por tramos independientes de hormigón armado, teniendo en cuenta la posibilidad de asentamientos que pudieran provocar su deterioro ó mal aspecto. Por otra parte, la más elemental prudencia aconsejaría, en caso como el nuestro, de líneas de muelle excesivamente prolongadas la intercalación en varios puntos, de verdaderas pilas estribos dotadas de gran resistencia para evitar la posibilidad de un gran derrumbamiento general, en caso de rotura ó desplome ocasional de uno de los arcos, y esta precaución necesaria representa, además de la carencia del sistema, otro suplemento de gasto.

Por tales razones, hemos rechazado para nuestro muelle el empleo de las bóvedas y elegido el de tramos independientes, que es hoy día el más generalizado y aceptable. Réstanos deter-



minar la clase de material más adecuado para la composición de aquéllos.

Desde luego hemos de descartar el empleo de la madera, que da tan malos resultados en climas como el nuestro, y más teniendo en cuenta la abundancia de teredos en estas aguas. Queda, pues, reducido el problema á la elección entre los pisos de hormigón armado y los entramados metálicos de hierro ó acero. Es evidente que los últimos son más elásticos y se prestan mejor que aquéllos á las desigualdades del asiento; pero en cambio son mucho más caros (de un 30 á un 50 por 100), y ofrecen, además, el inconveniente gravísimo de su costosa conservación á orillas del mar, y en puntos bañados constantemente por las salpicaduras de las aguas. Dicho sistema no debería, pues, emplearse sin recubrir las vigas por completo con otros materiales que, sobre quitarles en gran parte sus ventajas de elasticidad, aumentarían bastante el peso y costo de la construcción. Damos, por consiguiente, la preferencia al hormigón armado, con el que pueden obtenerse pisos de gran solidez, muy duraderos y relativamente económicos. Más adelante especificaremos las condiciones de resistencia fijadas para estos tramos, la justificación de sus dimensiones y los detalles de su composición.

Un solo inconveniente resulta de la elección del material citado, cual es, la necesidad de fijar un nuevo precio contradictorio para su aplicación, por no existir establecidos en el puerto otros análogos ó de condiciones similares. Con objeto, sin embargo, de no dilatar la formación de este presupuesto, y á reserva de lo que sobre este punto concreto resuelva la Superioridad, hemos procedido, de acuerdo con la Sociedad Contratista, á la determinación de este nuevo elemento de gasto.

Otro punto interesante para la construcción del nuevo muelle, es el relativo á la formación de las rampas de escollera establecidas entre las pilas ó redientes de su paramento. El talud de aquéllas lo hemos fijado en 1 y  $\frac{1}{2}$  de base por 1 de altura, algo menor que el natural al aire libre, con objeto de aminorar el empuje de las resacas y no exagerar su tendido, del que depende esencialmente el ancho del andén de costa, que es el elemento más caro de la construcción. El pie de estas escolleras enrasara para el muelle de 9,60 metros de altura, con el paramento ó frente de las pilas, igual que se ha hecho en Génova; pero en el trozo de 11,20 metros de cota, y á fin de no modificar la amplitud del piso, se salva la diferencia de alturas con una hilada de bloques de contención, que será prolongación exacta de la del zócalo inferior de las pilas.

Para la defensa de los taludes, se ha empleado en los muelles de Génova un macizo ó malecón de escolleras en toda la altura del relleno, y detrás de él se han vertido las tierras; pero en el presente caso resultaría costoso este sistema, juzgando preferible el empleo de malecones parciales de menor altura, en la forma que indica el perfil transversal de la obra, disposición más económica y perfectamente constructible.

Con objeto de acortar aún más la amplitud del piso de hormigón, hemos interrumpido el talud de escolleras á cierta distancia de su encuentro con la rasante del terreno, coronando aquél con otro prisma terminal, y una hilada de bloques, que servirá á su vez de asiento á un pequeño muro de contención de tierras, logrando de este modo reducir á sólo 12 metros la anchura del andén de costa, sin menoscabo de la eficacia del sistema.

En la construcción de los malecones de defensa, que no ofrece nada de particular, se ha de procurar, sin embargo, que en la distribución del material las piedras de mayor volumen y peso se reserven para el paramento exterior, para evitar su remoción por la resaca, y, en cambio, las más pequeñas vengán á caer del lado de las tierras, para disminuir en lo posible los huecos del macizo.

Tales son las variaciones fundamentales, unas obligadas y otras de alta conveniencia, que nos han impulsado á proponer esta reforma.

*Descripción de las obras.*—Pasemos ahora á describir del modo más sucinto posible las obras proyectadas.

Dicha dársena formará un rectángulo de 500 metros de amplitud, constituido por un muelle de costa y dos espigones normales á su dirección, el primero de los cuales, ó sea el más interior ó próximo al antepuerto existente, vendrá á formar una ampliación de los actuales muelle y contradique de Poniente, mediante las modificaciones y reformas de que más adelante hablaremos; y el segundo, emplazado en la parte exterior, constará de un muelle protegido en toda su longitud por un rompeolas ó nuevo contradique destinado á resguardar aquél y la propia dársena de los embates del mar, y que extendiéndose por medio de una nueva enfilación paralela á la costa, que formará con la primera un ángulo obtuso, resguardará asimismo, de las marejadas, el proyectado ensanche de la estación de Madrid á Zaragoza y Alicante, prolongándose hasta su encuentro con el edificio de los Altos Hornos y Herrería de Nuestra Señora del Carmen, construidos en los playazos de Casa Antúnez á inmediación del paso á nivel de la citada línea y de la carretera de la costa.

El muelle de tierra, cuya anchura media será de 212,50 metros, constará, en el sentido de su sección transversal, de dos partes distintas, no sólo por su diferencia de nivel, sino también por el objeto á que se destinan. La primera, que formará el muelle propiamente dicho á 3 metros de altura sobre el nivel del mar, abarcará toda la longitud de la dársena y espigones adyacentes con una anchura de 85 metros; y estará cimentada conforme á las indicaciones antedichas, á una cota de 11,20 metros bajo el nivel de la bajamar. La segunda parte ó sección quedará enrasada en toda su amplitud y anchura á 6 metros de altura sobre el mar, ó 3 sobre el muelle anterior, quedando separada del mismo por un muro de mampostería en toda la longitud del recinto, exceptuando en los trozos destinados á rampas y enlaces entre una y otra explanación. El contorno de esta sección, que afecta la forma de un polígono irregular, circunscribe el área de 104 metros cuadrados, que con arreglo al convenio estipulado entre la Junta de Obras del puerto y la Compañía de Ferrocarriles de Madrid á Zaragoza y á Alicante, en 16 de Enero de 1903, ha de cederse á la última para el establecimiento de su nueva estación núm. 3, en reemplazo de la que hoy tiene establecida en el muelle de San Beltrán y ha de desaparecer de aquel emplazamiento, reservado en toda su amplitud para los servicios comerciales.

El muelle formado por el primer espigón tendrá, una vez terminado, una longitud total de 450 metros por un ancho de 150, formándose su paramento Sur por medio de pilas ó redientes sobre los que insistirá un piso de hormigón armado en 12 metros de amplitud. Mas adelante describiremos con mayor detalle la construcción de dicho paramento, por el sello de novedad que lo caracteriza y diferencia de todos los del puerto.

La formación del espigón citado exige, además, la realización de algunas obras suplementarias, tales como la demolición del espaldón del primitivo contradique, la del Morro emplazado en su terminación y la del sencillo Varadero que existe, asimismo en su extremidad para el servicio de pequeños botes. Finalmente, y como nueva obra adicional indispensable, se proyecta el enlace de los paramentos entre los actuales muelles de Poniente y de San Beltrán en 112 metros de longitud, que estuvo interrumpido largos años para el servicio del llamado embarcadero de Esparó, por donde llegaban á las aguas del antepuerto los productos pétreos y terrosos procedentes de las canteras del mismo nombre.

El muelle adosado al segundo espigón, tendrá, una vez terminado, y á partir del muelle de Costa, una longitud de 400 metros por un ancho de 100, sin contar el del espaldón del contradique. Dicho muelle, en todo su contorno, estará cimentado á la sonda de 11,20 metros, inferior al plano de la bajamar, con lo que la línea de atraque utilizable para los buques de gran ca-



lado medirá un total de 900 metros, sin contar los últimos 82 metros del muelle de redientes, que también se cimentarán con igual cota.

Como obra complementaria de notoria entidad, debemos mencionar la indispensable prolongación de la cloaca colectora de la ciudad que antes desaguaba á espaldas y en el arranque del dique de Poniente, y que atravesando los terrenos ganados al mar con la explanación del muelle de Costa, ha de cruzar aquella en modo y forma conveniente para llevar sus productos al exterior del nuevo rompeolas; á cuyo fin, y una vez en posesión de ciertos datos necesarios sobre la distribución de vías y servicio de la nueva estación, no definidos aún en la época de este proyecto, se formará un estudio especial que con el carácter de ampliación de aquel, se someterá oportunamente al examen y aprobación de la Superioridad.

*Contradique ó escollera exterior.*—Su sección obedece á un tipo corriente, sin nada nuevo ni esencial; pero que generalmente ha dado buenos resultados en casos similares para resistir á marejadas que no podrán alcanzar nunca excepcional intensidad. Por eso no insistimos más en la justificación de su resistencia y condiciones, creyendo que por sus caracteres de analogía con el contradique existente, sancionado ya por la práctica de largos años, sobre todo en la amplitud y altura de sus respectivos espaldones, habrá de llenar su objeto satisfactoriamente, sin que sea factible debilitar sus componentes, sin detrimento de la estabilidad, ni acertado exagerar su resistencia, sin caer en lo innecesario y oneroso.

El macizo de escolleras que formará la cimentación de esta obra, habrá de constar de dos cuerpos superpuestos, de sección trapecial y diferentes dimensiones. El cuerpo ó macizo inferior

tendrá su coronación enrasada á 6 metros á partir del nivel de la baja mar, 31 metros de amplitud y descansará directamente sobre el fondo arenoso del mar. Su altura dependerá, en consecuencia, de la sonda ó irregularidades de aquél. El cuerpo superior, cuyo talud interno coincidirá con el análogo del basamento, tendrá tan sólo 25 metros de anchura, dando lugar, por lo tanto, á la formación, en el lado exterior, de una banqueta de 6 metros de amplitud, conforme á lo prescripto por la Superioridad. La altura de este segundo macizo será de 3,20 metros y de 15 metros su anchura en la coronación. Sobre la banqueta antes citada, se apoyarán los bloques de mampostería hormigonada de 27 toneladas de peso, destinados á la defensa del talud exterior del segundo macizo. El talud interior del mismo se hallará protegido también por un manto de escollera de grandes dimensiones, y todo el resto de la construcción se hará con escollera menuda ó de mampuestos enrasando la base superior del cuerpo elevado, á la cota de 2,70 metros á partir de la baja mar.

Sobre esta base se colocarán dos hiladas de bloques de hormigón de las dimensiones ordinarias, ó sea, de 1,60 metros de altura, que servirán á su vez de basamento al espaldón de mampostería hidráulica, que ha de defender á los muelles de tierra y adosado, contra los embates de la mar. Dicho espaldón constará de un macizo de 4,50 metros de altura, y un pretil de un metro; formando en su perfil externo una línea cóncava apropiada para despedir el oleaje, y en el interior un talud uniforme de 1,10. La anchura de este espaldón en su base de asiento, será de 6,60 metros, y de 4,10 metros en su coronación. Éste quedará enrasado, sin contar el pretil á 5 metros sobre el nivel del mar y á 6,00 metros teniendo en cuenta la elevación de aquél.

## Revista de las principales publicaciones técnicas.

### El sagax, piedra artificial de construcción, ligera é incombustible.

Este nuevo material, que describe el *Engineering News* del 3 de Diciembre, es un 12 por 100 más ligero que el barro cocido y puede reemplazar muy principalmente á los ornamentos llamados de terra-cota y á la madera para la confección de *parquets* y recadros de las puertas y ventanas.

Este nuevo producto, fabricado por la Sagax Wood C.<sup>o</sup>, de Daltimore, contiene 60 por 100 de paja molida aglomerada por un cemento magnesífico. Es elástico como la madera y se puede trabajar, pintar y clavar lo mismo que ésta; no pierde apenas de su resistencia cuando es llevado á una alta temperatura sobre una de sus caras. Por razón de su mala conductibilidad, un suelo hecho de bloques huecos de sagax resiste muy bien al fuego.

### Comparación entre el tiro natural y el tiro forzado en las chimeneas.

El *Electrical Engineering* del 26 de Noviembre analiza una comunicación de M. W. King, dirigida á la Institution of Electrical Engineers, en la cual el autor compara el funcionamiento de una chimenea de tiro natural con el de una de tiro forzado producido por un ventilador colocado en derivación.

El autor da sobre cada uno de los dos modos de producir el frío, comparados, reseñas numéricas relativas á la depresión

creada, al rendimiento mecánico de la chimenea, á las temperaturas de los gases que la atraviesan, á la posibilidad de forzar la producción de vapor en las calderas, al rendimiento térmico de ésta, etc., etc.

De este estudio se deduce, que la ventaja está del lado del tiro forzado, pues permite:

- 1.<sup>o</sup> Aumentar el rendimiento térmico de la instalación por el descenso de la temperatura de los gases en la chimenea.
- 2.<sup>o</sup> Quemar en la parrilla combustibles de calidad inferior, por razón de la fuerte depresión producida.
- 3.<sup>o</sup> Forzar muy facilmente la producción de vapor, en caso de necesidad, y, por consecuencia, reducir al mínimo el número de aparatos de reserva; y
- 4.<sup>o</sup> Poder proporcionar siempre, haciendo variar la depresión creada en la chimenea, la producción de vapor al consumo.

### Notas sobre el trabajo de las vigas.

En la *American Machinist* del 10 de Octubre, M. E. H. Fish hace observar que los resultados de los ensayos hechos sobre vigas sometidas á flexión no concuerdan generalmente con los que da el cálculo; así, por ejemplo, una barra cuadrada de 25,4 milímetros de lado, colocada sobre dos soportes distantes 31 centímetros y cargada en su punto medio, resiste á 1.200 kilogramos próximamente, en tanto que esta viga resiste 14 kilogramos por milímetro cuadrado á la tracción y 84 á 98 kilogramos á la compresión.



Después de recordar el establecimiento de las fórmulas ordinarias de la flexión en las barras rectangulares, siguiendo la hipótesis de que las tensiones y compresiones á uno y otro lado de la fibra neutra, son proporcionales á las distancias á esta fibra, el autor reproduce los diagramas de los esfuerzos reales medidos sobre barras de diversos materiales. Estos diagramas ponen de manifiesto las divergencias encontradas, porque en una pieza de acero, por ejemplo, la suma de los momentos sobre el diagrama resulta 1,43 veces lo que da la fórmula ordinaria.

En el caso de una pieza de fundición, la relación se ha encontrado igual á 1,64; en el acero de cañones es de 2,4.

En resumen, el aumento de resistencia puede explicarse únicamente por el hecho de que las fibras intermedias resistan un esfuerzo más elevado que el previsto por la teoría de la repartición lineal.

### Propulsión eléctrica de los grandes navios.

La revista holandesa *De Ingenieur* ha publicado una nota de M. Van Ryn sobre el empleo de la electricidad en la propulsión de los grandes navios y de la cual encontramos el resumen siguiente en los *Anales de la Association des Ingenieurs sortis des Ecoles speciales de Gand*.

Parece que se prepara en los actuales momentos un experimento en el cual la electricidad va á desempeñar un gran papel en la cuestión de la propulsión de los grandes navios.

Lo que ha conducido sin duda á estas nuevas investigaciones es la consideración siguiente: Las turbinas empleadas en las embarcaciones *Cunard Lusitania* y *Mauretania*, marchan á una velocidad de 180 vueltas por minuto, marcha completamente irracional, porque á esta pequeña velocidad, el consumo de vapor es excesivo. Y no hay que pensar en aumentarla, porque si la hélice funcionase á una velocidad mayor, no sería el agua rechazada hacia atrás por el propulsor, sino que sería proyectada en todos sentidos, disminuyendo grandemente el rendimiento.

Estamos, pues, en presencia de un dilema, para cuya solución se ha propuesto recurrir á la electricidad, acoplando generatrices á las turbinas (ya que el empleo de transmisiones intermedias, dada la potencia á transmitir, no son convenientes), haciendo que éstas trabajen á la velocidad más favorable, y disponiendo sobre los árboles de las hélices electromotores puestos en movimiento por la corriente de las generatrices, y dando un número de vueltas no muy superior á 180 por minuto.

Un navío de las dimensiones de últimos barcos *Cunard*, podrá, con una potencia de 100.000 caballos, alcanzar una velocidad de 30 nudos, y necesitará seis generatrices de 20.000 caballos, una de ellas de reserva. En cada uno de los cuatro árboles de la hélice habrán de montarse seis motores de 5.000 caballos, cinco en función y uno de reserva.

La transmisión eléctrica constituirá una revolución en el gobierno de los barcos, porque los cambios de velocidad y de sentido de la marcha podrán hacerse desde el puente. Es preciso haber navegado para darse cuenta de toda la importancia de estos cambios. Momentos hay en que una fracción de segundo puede tener una influencia decisiva, y en tales casos no habrá necesidad de empezar por transmitir las órdenes á la cámara de máquinas con el peligro de ser mal comprendido ó de ver cómo se retrasa la ejecución, sino que la persona misma que ve el peligro podrá maniobrar para evitarlo.

También por medio de la transmisión eléctrica se podrá evitar el peligro de una rotura en los árboles de la hélice cuando los propulsores, por causa de un golpe de mar, queden al aire. El electromotor, cuando la hélice emerja, no aumentará mucho de velocidad, de suerte que se evita el peligro de la rotura del árbol, pero el de la máquina motriz subsiste, y habrá necesidad

de montar una batería en paralelo con la generatriz, ó bien absorber el exceso de potencia por una resistencia temporal.

La primera solución sería muy incómoda en un navío. La segunda será probablemente menos económica, pero podrá dar un buen resultado, aunque la instalación ocupará todavía mucho espacio sobre un navío como el *Lusitania*.

Podría imaginarse una disposición, según la cual, y siguiendo la altura de la popa del navío, una parte más ó menos grande de la resistencia se intercalara automáticamente en el circuito. Que cuando la hélice estuviera completamente sumergida, la resistencia paralela fuera tan grande que no pasara por ella corriente alguna, por decirlo así, y que á medida que la hélice fuera saliendo del agua, la corriente absorbida por la resistencia fuera aumentando hasta el momento en que estuviera por completo aquélla al descubierto, en cuyo momento la corriente absorbida por la resistencia podría ser todavía la mitad de la fuerza total de la generatriz, lo que sería bastante para evitar todo peligro en las máquinas.

Hemos creído interesante reproducir esta nota, porque su estudio nos descubre nuevas perspectivas en el empleo de la transmisión eléctrica. Es, en efecto, irracional hacer funcionar las turbinas de vapor á velocidades de 180 vueltas por minuto; pero hay un punto sobre el cual deben hacerse toda clase de reservas, y es el de suponer que un futuro navío semejante al *Lusitania* podrá, con una fuerza de 100.000 caballos, alcanzar una velocidad de 30 nudos, suposición que no puede provenir más que de un exámen demasiado superficial de la cuestión.

Desde luego creemos que una potencia de 100.000 caballos sería insuficiente para obtener la velocidad indicada; la ley del cubo de las velocidades para el valor de 26 nudos da una potencia de 105.000 nudos; pero admitamos los 100.000 citados.

Esta potencia quedará dividida entre las turbinas de vapor que accionan las dinamos generatrices á gran velocidad y las dinamos receptoras montadas sobre los árboles de las hélices. Es muy difícil advertir que, no obstante la aceleración de los motores, un tal conjunto para 100.000 caballos no tenga un peso superior al de cuatro turbinas de vapor accionando directamente las hélices y desarrollando solamente 68.000 caballos. Admitiremos sin embargo, que el peso sea el mismo en los dos casos.

Pero esto no es todo; es preciso suministrar vapor á estas máquinas, y para pasar de 68.000 caballos á 100.000, ó sea de 1 á 1,5, es necesario aumentar el número de calderas, que es ya en el *Lusitania* de 25 á 38, esto es, un aumento de 13, con una superficie de caldeo de 21.600 m<sup>2</sup>, ó sean 7.200 más que el primitivo que es de 14.400.

Alojar 13 calderas más en el interior de un navío no es cosa tan fácil como parece; pero atengámonos solamente á la cuestión del peso. Las calderas de este género pesan próximamente 250 kilogramos por metro cuadrado de superficie de caldeo; por lo tanto, el conjunto de las 13 calderas pesará  $7.200 \times 250 = 1.800$  toneladas, y cada caldera con el agua y sus accesorios pesará 138 toneladas. Hay que añadir todavía los condensadores de superficie con su agua y sus accesorios, las bombas de circulación, etc., ó sean á 25 kilogramos por caballo,  $32.000 \times 25 = 800$  toneladas, lo que da un suplemento de peso para el aparato motor de 2.600 toneladas.

El consumo de vapor, que es próximamente 1.000 toneladas cada veinticuatro horas para el *Lusitania*, se elevará á 1.000

$$\times \frac{100.000}{68} = 1.470, \text{ ó sea, para los cuatro días de trayecto}$$

efectuado á la velocidad de 30 nudos,  $470 \times 4 = 1.880$  toneladas. Es necesaria una reserva proporcional al consumo; sea ésta de 2.000 toneladas en números redondos; se tendrá entonces como suplemento  $2.600 + 2.000 = 4.600$  toneladas para asegurar al navío una velocidad de 30 millas por hora.

Pero la carga útil de las embarcaciones *Cunard* se compone



simplemente de 2.350 pasajeros que, á razón de 120 kilogramos por persona (con 50 kilogramos de equipaje), dan un peso de 3.000 toneladas y de 1.500 toneladas de mercancías, y en total 4.500 toneladas; por lo tanto, se ve que la adición del peso representado por la potencia suplementaria necesaria para la realización de la velocidad de 30 metros absorbería un tonelaje superior al cargamento productivo del navío, que quedaría así reducido al transporte únicamente del correo, fuente muy pequeña de productos para remunerar el enorme coste de la construcción.

Si se conserva el cargamento útil, es necesario buscar en un incremento del calado, ya considerable, las 4.600 toneladas necesarias, de donde resultará un aumento correspondiente en la sección sumergida y otro para la potencia motriz necesaria. Se ve que el problema es insoluble bajo esta forma, y que es necesario abordar francamente el estudio de un nuevo casco, de dimensiones muy superiores á las de las embarcaciones *Cunard*, si se quiere llegar al navío de 30 metros aun con la introducción de la transmisión eléctrica.

En cuanto á la cuestión de la seguridad y de la rapidez en la maniobra, no está todavía demostrado que se puedan gobernar desde el puente, en caso de urgencia, los motores de vapor que accionan directamente los propulsores. Sería interesante hacer estudios en este orden de ideas.

El 2 de Noviembre último la cuestión en que nos ocupamos ha sido discutida delante de la Institución of Marine Engineers, en Londres, con ocasión de una comunicación de M. W. P. Durnall sobre la propulsión eléctrica de los navíos, presentada precedentemente en la sala de los Congresos de la Exposición anglo-francesa. En esta discusión las opiniones han quedado perfectamente divididas, presentándose los electricistas de acuerdo con las ideas de M. Durnall, y los Ingenieros navales sucesivamente en oposición. Según éstos, toda complicación en la transmisión lleva consigo pérdidas de trabajo, y si con la disposición actual la parte motriz de un navío comprende tres partes, la caldera, la máquina y el propulsor, la propulsión eléctrica, con la adición de una generatriz y de una receptriz de corriente, elevará el número de partes á cinco, en lugar de tres. No se ve así el modo de producir una economía de combustible.

Los argumentos de los electricistas tienen por punto de partida la necesidad para un rendimiento ventajoso de las turbinas de vapor, de tener una velocidad constante y elevada, lo que no se realiza en las aplicaciones actuales. Se obtendrán entonces resultados muy económicos que compensarán ampliamente las pérdidas ocasionadas por los órganos supletorios, bien entendido que aquí se trata de turbinas y que la disposición propuesta no tendrá aplicación con las máquinas alternativas.

Hay aquí evidentemente una cuestión de cifras, y es preciso estar bien impuesto de una parte, sobre los valores de los rendimientos, y de otra sobre las cifras de consumo de las turbinas para establecer la comparación.

La asamblea parece está conforme en admitir que, por el momento actual, no se poseen los elementos necesarios para pronunciarse en uno ú otro sentido con conocimiento de causa, y que la discusión deberá continuar cuando se posean dichos datos.

### **Empleo combinado del aire caliente y del vapor recalentado en las locomotoras.**

El empleo del aire caliente mezclado al vapor en las máquinas sin condensación no es nuevo. Fué ensayado por Warsop

bajo el nombre de aerovapor hace cerca de cuarenta años, y en 1873 el Ingeniero Morandiere dió en una sesión de la Sociedad de Ingenieros civiles lectura de una nota de Beyerón, en la que se decía que, á consecuencia de una experiencia durante un año sobre una locomotora donde la economía de combustible aportada por la adición del aire caliente se había elevado á un 20 por 100, la Compañía del Laucashire Yorkshire había resuelto instalar los aparatos Warsop en seis locomotoras.

En 1880 ya se habló del motor simplex de Davey, fundado en el mismo principio. Hacia 1885, Isherwood, Ingeniero Jefe de la Marina de los Estados Unidos, dió una relación de los experimentos ejecutados por él sobre el motor Strange, igualmente fundado en la mezcla del vapor con el aire caliente; y, finalmente, en 1905 se han publicado en distintas revistas los resultados de los ensayos hechos sobre la máquina de vapor y aire caliente de Field, autor de la caldera tan conocida del mismo nombre.

Todas estas máquinas se derivan más ó menos directamente de un motor llamado «dond Engine», propuesto por Storms allá por el año 1855, y quizás encontremos el origen más lejano aún. De todos modos, no obstante los buenos resultados obtenidos, hasta ahora no parece que estas máquinas hayan entrado de lleno en el uso de la práctica.

Sin embargo, M. Field insiste en sus trabajos, y recientemente ha intentado llevar á las locomotoras la disposición de que venimos hablando.

Consiste el sistema en comprimir, por medio de una bomba movida por la misma máquina, el aire, hasta una presión sensiblemente igual á la de la caldera, después de lo cual es enviado á un aparato recalentador, donde se mezcla al vapor, y de allí á los cilindros. La ventaja resulta, de que el aire mezclado con el vapor impide, en una cierta medida, la condensación interior en los cilindros y sus efectos perjudiciales, además de que el aire calentado por su compresión da al vapor un recalentamiento suplementario y, por consecuencia, una temperatura más elevada.

En la aplicación, los compresores de aire se colocan en tándem delante de los cilindros de vapor, y son accionados por las mismas varillas de éstos prolongadas. La compresión de aire se lleva á 200 libras (14 kilogramos).

El recalentador consiste en una caja plana colocada contra la placa tubular de la caja de humos, dentro de la cual existen unos tubos que son prolongación de los de la caldera. Unas pantallas intercaladas hacen circular el vapor y el aire en todos sentidos.

Los compresores llevan unas envolventes con circulación de agua, alimentados por las cajas del tender.

El sistema Field y Morris ha sido aplicado en un cierto número de pequeñas máquinas, en donde ha dado economías de combustible que se han elevado á un 15 y á un 20 por 100; hace dos años se empleó en una locomotora de mercancías del North British Railway, y más recientemente, en una máquina exprés, tipo *Atlantic*, de la misma Compañía.

Esta última ha sido sometida á ensayos muy completos en un laboratorio.

El *Engineer*, en el cual se encuentran las reseñas que preceden, no dan los resultados de estos ensayos, y se limita á indicar que la economía encontrada por el empleo del aire caliente fué de 18 por 100, añadiendo, que el aparato ha sido igualmente señalado en una locomotora de otra línea no menos importante.

Es probable que no se tarde mucho en tener detalles completos sobre estas aplicaciones y de los resultados que de ellas se obtengan.

