

rompeolas flotantes? ¿Para los *cajones* de palastro (que no merecen otro nombre) en los embarcaderos de la misma especie? ¿O quizás para los barcos puertas á los cuales, como no han de navegar, se les dá una forma tal que les asegure una estabilidad más que suficiente?

Pero vamos más allá aun; el Ingeniero de Caminos estudia la Mecánica bastante, no solo para entender los cálculos sencillos, aunque trabajosos, que lleva consigo el proyecto de un buque, sino también las obras clásicas de Euler, Jorge Juan, Poterat y Rankine; y la demostración es concluyente: en la Escuela de Ingenieros navales se considera como *suficiente* la Mecánica racional estudiada en la de Caminos; contamos entre los más distinguidos Ingenieros y entre los profesores de aquel Cuerpo, algunos que han sido compañeros y otros discípulos nuestros, y no sabemos les hayan exigido otra Mecánica que la de los programas que se critican.

Igual afirmación hacemos respecto de las piezas de madera que se emplean en las obras de puertos; ninguna se emplea que el Ingeniero de Caminos no sepa cortar y armar. Por lo demás, aconsejamos al Sr. X abandone para la discusión el empleo de esas palabras altisonantes y exóticas, como *reviradas*, *centros de carena*, *evolutas metacéntricas*; no somos, por desgracia, niños para que nos asuste el coco.

Hemos llegado al fin de nuestra ingrata y árida tarea, no emprendida con el propósito de dar por buenos y perfectos los programas. Defectos tienen que reconocemos; los unos intencionales, hijos de las circunstancias y condiciones en que se nos ha puesto; los otros que nos han pasado desapercibidos: hemos recibido consejos y críticas bien fundadas, apreciadas en lo que valen, al par que elogios inmerecidos, que agradecemos; unos y otras expresados de una manera digna, sin herir, pero sin adular. Cuando el Sr. X salga del terreno en que se ha colocado, cuando abandone el insulto y el sarcasmo, y cuando deje de llamarnos idiotas, omniscientes, presuntuosos y embusteros, entonces volveremos á ser lo que siempre hemos sido, y en ese terreno discutiremos cortesmente, dando al Sr. X cuantas explicaciones y datos pida para el esclarecimiento de sus dudas. En cuanto á la amenaza con que termina su crítica, no la tememos, y la esperamos tranquilos; y si acaso llegase á suceder que arbitraria y violentamente fuésemos lanzados de un puesto no debido al favor ni á la

intriga, volveremos á nuestra casa, afligidos si, por haber malgastado inútilmente para nuestras personas y en provecho ajeno, el trabajo de una vida laboriosa y honrada, pero pagados sobradamente con el testimonio de nuestra conciencia.

PEDRO P. DE LA SALA.

FERRO-CARRILES ECONÓMICOS.

NOTA SOBRE EL SISTEMA DE PLANOS INCLINADOS, INVENTADO POR EL INGENIERO ITALIANO SEÑOR AGUDIO.

Continuación (1).

Dado á conocer el sistema de tracción, diremos algunas palabras de los experimentos á que se le ha sometido en Dusino (Italia), y de los resultados observados en dichos experimentos.

Aprovechóse para ellos un trozo de la línea de Turín á Génova, cerca de Villanova, abandonado por la mala calidad del terreno. Tiene este trozo 2.200 metros de longitud. Su inclinación no pasa de 27 milésimas. El trazado horizontal está en gran parte en curva de 550 metros de radio. En un punto el radio descien- de hasta 250 metros.

Si el ensayo se hubiera podido hacer en una línea construida *ad hoc*, la inclinación hubiera sido sin duda mucho mayor, y menor el radio de las curvas. Pero debe notarse que los experimentos no son por eso menos concluyentes, al menos en cuanto á la inclinación, puesto que el aumento de esta, lejos de ser desfavorable para el nuevo sistema, en su comparación con el de la tracción directa por cables y el de locomotoras, habrá de hacer más patentes sus ventajas sobre estos últimos, cuyos inconvenientes crecen con grandísima rapidez, á medida que son mayores las inclinaciones.

Como el cable de adherencia está fijo, no necesita poleas. La única resistencia que presenta es la creada al enrollarse y desarrollarse en los tambores. Para darle su posición curvilínea, se emplearon pequeños postes, fijados sobre las traviesas, en la forma que indica la figura 4.^a Estos postes están fuera del eje de la vía, hacia el interior de la curva, para que puedan dar paso á los tambores. Cuando el locomotor llega cerca de uno de los postes, los

(1) Véase el número anterior.

tambores separan de él el cable, trayéndolo al eje de la curva sobre el cual se proyectan aquellos.

El cable motor está sostenido en toda su longitud por medio de poleas verticales, y además mantenido en las curvas con poleas inclinadas. La inclinación de estas debería ser la de la resultante de dos fuerzas: R, resultante de las tensiones de las dos partes del cable *a b* (véase la figura 5.), y P, peso del cable correspondiente al intervalo entre dos poleas. Esta condición no puede llenarse exactamente, porque R varía con la posición del tren. Se dió por lo tanto á las poleas la inclinación correspondiente á la resultante de P y del valor medio de R, sin que en la práctica haya presentado inconveniente alguno esta disposición. La observación que hicimos sobre la posición de los postes del cable fijo en las curvas, respecto del eje de la vía, es enteramente aplicable á estas poleas (1). La figura 6.* indica la disposición general de un trozo de curva.

En lugar de máquinas fijas hízose uso para este ensayo de dos locomotoras de las usadas en el trozo de la línea de Génova, sección de Pontedécimo á Busalla, colocando una en la parte superior y otra en la inferior del plano.

Según los cálculos del Ingeniero Agudio, en la memoria que ha publicado sobre su invento, las resistencias que en la vía de ensayo debía presentar un tren de 120 toneladas, sin contar el locomotor, marchando á la velocidad de 16 kilómetros por hora, y suponiendo toda la longitud en curva en 350 metros, son las siguientes:

Gravedad, $120.000 \times 0,027$	3240 kilógs.
Resistencia del tren remolcado 120 $\times 0,006$	720
Total	3960

Total de las resistencias pasivas referidas á la circunferencia de las ruedas motrices de cada una de las locomotoras que se emplearon funcionando como máquinas fijas. . .	1516
ó para las dos.	3032

Resulta pues:

Trabajo útil.	$3960^k \times 4,^{m}44 = 17.598$	} kilo-gramos.
Trabajo de las resistencias propias del sistema.	$1516^k \times 4,^{m}44 = 13\ 462$	

(1) El Ingeniero Agudio ha hecho una ingeniosa aplicación del sistema Atwood para sostener las poleas, con excelente resultado. Esta mejora no es característica del sistema, y puede ser adoptada en cualquier plano inclinado.

Trabajo disponible en los árboles de las máquinas motrices. 31.060

Efecto útil del sistema $\frac{17.508}{31.060} = 5,67$ por 100.

El Ingeniero Jefe italiano, señor Alby, que presencié estos experimentos por encargo del gobierno, admite para el efecto útil la cifra de 55 por 100, que difiere poco de la anterior. La relación es bastante satisfactoria, teniendo en cuenta que el material de ensayo tenía muchos defectos de ejecución, así como la vía (1).

Otro experimento se hizo por los delegados de una compañía inglesa, remolcando 142 toneladas, sin contar el locomotor, á la velocidad de 11,50 kilómetros por hora. Por último, los Ingenieros del Estado practicaron un ensayo, haciendo la subida del plano con los dos locomotores acoplados, tal como se empleaban en el servicio ordinario de la misma línea de Génova, y arrastrando 135 toneladas á la velocidad de 8,4 kilómetros por hora. Este ensayo, que repetido en diferentes días y circunstancias habría podido ser utilísimo para la comparación entre la tracción con locomotoras y el sistema Agudio en la rampa de 27 milésimas, no podía, aislado, enseñar gran cosa, teniendo en cuenta que el tiempo, el día en que se verificó, era excepcionalmente favorable, y por lo tanto muy grande la relación de la adherencia, y que la velocidad con que trabajaron las locomotoras no es la que correspondía á su máximo efecto útil, circunstancias que influyen en sentido contrario en los resultados obtenidos.

Admitiendo sus resultados, se observa que las dos máquinas empleadas como fijas habrían remolcado á la velocidad de 8,4 kilómetros

$$\frac{162 \times 11,5}{8,4} = 186,30, \text{ ó } 166,30$$

sin contar el locomotor. Resulta, pues, una ventaja de 31 toneladas, ó sea un 20 por 100 en favor de la tracción verificada por el sistema Agudio.

Pero aun admitiendo que este experimento hubiera sido más repetido y variado y sus resultados dignos de completa confianza, debe observarse que la comparación de los pesos remolcados no basta para formar juicio. El sistema de máquinas fijas está gravado con el pre-

(1) Según se dice en el informe del Ingeniero Mella, de que hablamos más adelante, el efecto útil en los experimentos de Duzino no bajó nunca de 55 por 100, y en ocasiones pasó de 60 por 100.

cio de coste de la conservacion de los cables, de las poleas de la via y del locomotor. El de locomotoras, por su parte, tiene el gasto de las llantas, y el mayor coste de la via, que ha de ser más resistente, si se emplean máquinas de gran peso, como es preciso hacerlo en las rampas muy inclinadas.

No mencionaremos otros elementos de gasto que habrian de tenerse en cuenta en la comparacion, porque algunos, como el deterioro de la via por la accion de los frenos en las bajadas, no pueden ser muy diferentes en los dos sistemas de traccion, y porque para todos es muy difícil la evaluacion, sin una larga experiencia.

El ensayo de abandonar el cable, desengalgando las poleas; descender, volverlo á tomar, etc., se ha repetido muchas veces en Dusino, siempre con buenos resultados. Otro ensayo se hizo, por último, en prevision del caso de una rotura en el engranaje del piñon de la polea descendente. A este caso equivale el desengalque de esta polea. Cuando el peso del tren sea tal que baste el trabajo de un solo motor, y que no se fatigue demasiado la rama de cable que funciona sola en este caso, puede continuarse la ascension. En los experimentos se observó que se producía algun resbalamiento del cable motor sobre las gargantas de la polea motora, resbalamientos que indicaba claramente el desprendimiento de vapor debido á la destilacion de la brea, con que estaba enlucido el cáñamo que tapizaba el fondo de las gargantas.

Consignaremos, para concluir, que á pesar de la imperfeccion de la via de ensayo, todo el sistema funcionó siempre con la mayor regularidad, corriendo el cable en las partes donde la via estaba en buen estado y las poleas sólidamente sujetas á las traviesas, con una velocidad hasta de 40 kilómetros por hora, sin perturbacion alguna ni rozamientos excesivos.

Tal ha sido el resultado de los experimentos de Dusino, que han confirmado las apreciaciones hechas acerca del sistema.

Estos resultados son decisivos, y si en la rampa de 27 milésimas, y aun en las superiores hasta 35 ó 40 milésimas, es como creemos preferible á cualquier sistema especial la explotacion con locomotoras por el método ordinario, para rampas superiores nos parece indudable la preferencia de la traccion con el aparato y disposicion del Ingeniero Agudio. Ya hemos visto que este lleva ventajas notables á los sistemas de traccion con máquinas fijas

usadas hasta el dia. Tambien es superior, á nuestro parecer, á los otros medios especiales ideados muy recientemente, como el empleo del aire comprimido, el sistema pneumático y otros muchos, entre los cuales solo creemos digno de atencion y susceptible de ciertas aplicaciones en casos dados, el sistema de carril central ó locomotora Fell, citado en la memoria, y al cual consagramos una nota especial (a) (1).

Antes de concluir la presente, para la cual nos ha servido de mucho el excelente informe del distinguido Ingeniero francés Mr. Couche, redactado por encargo del gobierno francés, extraclaremos algunas consideraciones de otro informe que sobre este mismo sistema ha presentado al gobierno italiano el Ingeniero señor Mella; documento que ha llegado á nuestras manos despues de escrito lo que precede.

Segun resulta de este informe, el Ingeniero Agudio ha introducido en su sistema algunas mejoras de consideracion, que consisten: 1.º En arrollar el cable fijo á los tambores y los móviles á las poleas, cruzándolos entre ellos para aumentar la adherencia con el mayor arco de contacto. 2.º En aprovechar la adherencia propia del locomotor, acoplado las ruedas de este por medio de un mecanismo sencillo con los tambores motores. 3.º En colocar sobre el mismo locomotor tensores del cable fijo.

El Sr. Mella, despues de describir estas mejoras y de hacer extensas y acertadas observaciones sobre la influencia que la longitud de la rampa y su inclinacion deben tener sobre la relacion del efecto útil del sistema Agudio, concreta el estudio á un plano de 5 kilómetros de longitud con una inclinacion de 100 milésimas para salvar una diferencia de nivel de 500 metros, calculando las resistencias que habrá de vencer el motor en el supuesto de un tren de 100 toneladas con un locomotor de 20. Total 120 toneladas.

El esfuerzo total á que ha de resistir el cable fijo resulta igual á 13.520 kilogramos, debiendo por lo tanto darse á este cable una seccion de 1.690 milímetros cuadrados (8 kilogramos por milímetro), y un peso total de 14 kilogramos próximamente por metro lineal. Estas ci-

(a) Publicada en los num. 12, 13, 14 y 15 de la Revista.

(1) Puede verse, para conocer estos sistemas especiales, además de los escritos publicados por sus autores, la obra titulada *Ferrovia delle Alpi Elettriche*.—Progetto di legge per concedere al governo la facoltà di prender parte ad un consorzio internazionale per promuovere l'esecuzione di una ferro-via attraverso il San Gotardo, e Documenti.

fras pueden reducirse algo si se aprovecha la adherencia propia del peso del locomotor.

La velocidad del cable de traccion se fija en 56 kilómetros por hora, aunque podria ser algo mayor sin inconveniente alguno. La velocidad del tren se supone igual á un tercio de la del cable, ó sea 12 kilómetros. A este cable de acero, adoptando un límite de tension (1) de 15 kilogramos por milímetro cuadrado ($\frac{1}{6}$ del esfuerzo de rotura) se le dá un peso total de 5 kilogramos por metro, correspondiente á una seccion de 567 milímetros cuadrados (2).

El esfuerzo que habrán de desarrollar los dos motores resulta de 8.255 kilogramos. Multiplicado por 10 (velocidad en metros por segundo del cable), se obtiene el trabajo de 82.550 kilográmetros, que equivale á 1.100 caballos de vapor.

El esfuerzo de traccion del tren, sin contar el locomotor, es de 100 toneladas, por 100 kilogramos (gravedad) + 61 (resistencia del tren) = 10.600 kilogramos, y siendo la velocidad 3,^m53 por segundo, el efecto útil está representado por 35.298 kilográmetros, lo que dá $\frac{35.298}{82.550} = 43$ por 100 del trabajo de los motores.

Esta relacion podria elevarse hasta el 48 por 100, en opinion del Ingeniero Mella, adoptando las mejoras introducidas por el inventor, y dando á los tambores mayor diámetro que el de 3,^m50 adoptado en el locomotor de Dusino.

El efecto útil aumentará tambien evidentemente á medida que se disminuya la inclinacion. Así, suponiendo la inclinacion de 80 milésimas y permaneciendo constantes los demás elementos del plano, se podria obtener el 50 por 100 con un cable móvil de 2,50 kilogramos de peso y dos motores, cada uno de 590 caballos.

Segun el Sr. Mella, el aumento de la relacion del efecto útil puede graduarse, como se vé en la tabla siguiente:

(1) Esta tension podrá ser algo mayor sin inconveniente, lo cual permitirá reducir algo más todavía el peso del cable. El Ingeniero Mella supone el esfuerzo de rotura igual á 90 kilogramos por milímetro. Los alambres de acero empleados para formar el cable del plano inclinado de la Croix-Rousse, tienen una resistencia media, resultado de gran número de experimentos, de 128 kilogramos por milímetro cuadrado. (Véase la obra de los Sres. Molinos y Pronier sobre dicho plano.)

(2) El diámetro del cable empleado en los planos inclinados de Lieja, que tienen una longitud y una inclinacion muchísimo menores, es de 50 milímetros, lo que dá una seccion de 1.962 milímetros cuadrados, 5,55 veces mayor que la que resulta necesaria en el plano proyectado por Mella.

INCLINACION DE LA RAMPA.	EFFECTO ÚTIL.
100 milésimas.	48 por 100.
90.	49
80.	50
(1) 70.	51
60.	58
50.	59
40.	60

Como conclusiones de su estudio, el Ingeniero citado manifiesta que, á pesar de que el coeficiente del efecto útil decrece con el aumento de la inclinacion, se conserva en condiciones admisibles hasta la de 80 y aun de 100 milésimas, y que, en cuanto á la economía en la produccion de la fuerza motriz, el sistema Agudio es superior á todos los sistemas de traccion por medio de motores fijos, y está en mejores condiciones que los de locomotoras con adherencia artificial.

Admitiendo estas conclusiones, con las cuales estamos completamente de acuerdo, terminaremos manifestando que por lo que nos dice la teoría confirmada con los ensayos hechos hasta hoy, nos parece el sistema Agudio de utilísima aplicacion en muchos casos para reducir los gastos de establecimiento de nuestras líneas de segundo orden, allí donde haya que salvar una gran diferencia de nivel en poco espacio, y sea posible establecer un trazado cuyas curvas no tengan rádiqs menores de 200 á 250 metros.

(Se concluirá.)

BASES PARA LA REFORMA DEL CUERPO DE INGENIEROS CIVILES EN PORTUGAL.

Por el Ministerio de Obras públicas, Comercio é Industria de Portugal se ha expedido el siguiente decreto:

Tomando en consideracion las razones de los Ministros y Secretarios de Estado de todas las dependencias, y usando de la autorizacion concedida á mi gobierno por la ley de 9 de Setiembre último, he tenido por conveniente decretar lo siguiente:

(1) El salto que se nota desde la inclinacion de 60 milésimas á la de 70, es debido á que en las inclinaciones menores pueden admitirse trenes de mayor peso.