

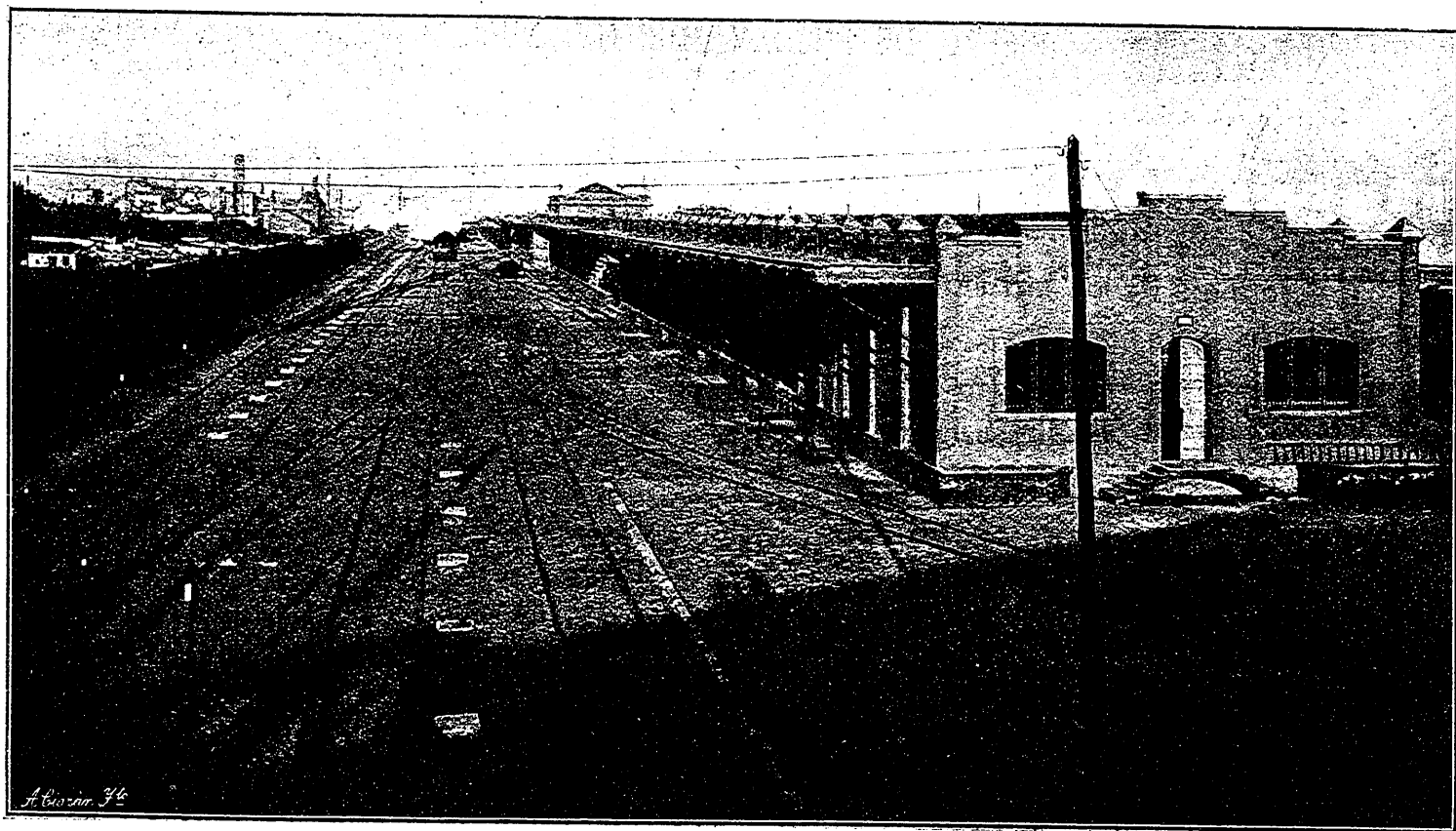
$\frac{1}{13} \frac{I}{N}$ para que en el propio caso quede cortado el paso de la vía de circulación general hacia el plano inclinado.

$\frac{7}{8} \frac{I}{N}$ para evitar la maniobra simultánea de las agujas dobles correspondientes.

$\frac{13}{14} \frac{N}{N}$ para conjugar entre sí las agujas 72 y 133 que enlazan la vía de circulación general con la contigua del haz de recepción.

Los discos 5 del puesto 4 y 1 del puesto 5 debieran estar en-

taban rodeados de ladrillos y calentados por un fuego que ardía sobre una parrilla colocada debajo. Los resultados fueron notables. En efecto, á igualdad de trabajo, el consumo de hulla fué de 4.080 kilogramos por veinticuatro horas sin el calentamiento del cilindro y 2.720 kilogramos con el cilindro calentado, incluido el carbón necesario para esta operación. Este experimento condujo á Trevithick á la invención de la caldera tubular, con recalentador, que se parece de un modo asombroso á las disposiciones modernas: la caldera propiamente dicha constaba de tubos de agua verticales rodeando una parrilla circular, que formaban á modo de un grueso tubo vertical, en el interior del cual



Vista general de la factoría del Bogatell.

clavados, para evitar la simultaneidad de las maniobras de lanzamiento, en ambos sentidos; pero como se practican éstas por los mismos agentes y la misma máquina, no cabe de hecho tal simultaneidad, aunque se hallaran abiertos los dos discos citados, pudiendo, por lo tanto, prescindirse sin peligro alguno de las complicaciones inherentes al enclavamiento á distancia que habría de establecerse entre ambos discos.

Para terminar con lo que á estos puestos se refiere, conviene observar que en cada uno de ellos quedan tres palancas de reserva para las señales ó aparatos que en lo sucesivo convenga establecer.

Barcelona 20 de Enero de 1907.

EMPLEO DEL VAPOR RECALENTADO EN LAS LOCOMOTORAS

Uno de los primeros ensayos del empleo del vapor recalentado que se recuerda, es el efectuado en 1828 por Ricardo Trevithick en la mina Birnie Downs (Cornuallia) sobre una máquina elevadora, con condensador, trabajando á una velocidad de ocho emboladas por minuto, con una presión en la caldera de 32 kilogramos por centímetro cuadrado; los cilindros y los tubos es-

estaban colocados otros tubos, por los que circulaba el vapor producido en la caldera al pasar á la máquina. En vista, sin duda, de la dificultad que presentaba el graduar la temperatura del vapor obtenido con este aparato, no se generalizó su uso, y durante los diez ó quince años siguientes quedó abandonada esta cuestión. Sin embargo, en 1832 presentó J. Howard, de Bermondsey, un recalentador que daba una economía de un 30 por 100, y hacia el año 1835, el Dr. Haycroft, de Greenwich, preconizó el uso del vapor recalentado, con el que obtuvo experimentalmente una economía análoga.

Desde 1850 á 1865 empezó de nuevo á interesar esta cuestión, y el vapor recalentado moderadamente se empleó en gran escala hacia el fin de este período. En 1857 publicó Hirn los resultados de los experimentos que había hecho en Colmar; estos ensayos, los más completos ejecutados hasta entonces, demostraban que en una máquina de simple expansión, trabajando con una presión en la caldera de 4 kilogramos por centímetro cuadrado, se podía obtener una economía de un 20 á un 47 por 100 recalentando el vapor de 55° á 105° C. En 1859, Juan Penn leyó delante de la *Institution of Mechanical Engineers* una Memoria describiendo las aplicaciones del vapor recalentado á la navegación de vapor; el recalentador consistía en un cierto número de tubos de unos 50 milímetros de diámetro, colocados en el tubo de salida de los gases calientes, inmediatamente encima de la caldera, por los que circulaba el vapor al pasar á la máquina. La superficie de caldeo de este aparato representaba

TRAMOS DE CEMENTO ARMADO SOBRE EL CAUCE DEL BOGATELL

CÁLCULOS DE RESISTENCIA

Módulo de elasticidad del hierro = 25
Módulo de elasticidad del hormigón

TRABAJOS MÁXIMOS ADMITIDOS.

Momentos: { Para el hierro = 7,00 Kg.^s por m.²
Para el hormigón = 28 Kg.^s por cm.²
Esfuerzos cortantes: { Para el hierro = 5,00 Kg.^s por m.²
Para el hormigón = 5,00 Kg.^s por cm.²

Carga permanente = 1135 Kg.^s por m.l. de viga.

SOBRECARGAS SEGUN LA R.O. DE 25 DE MAYO DE 1902.

Momentos = 4407 Kg.^s por m.l. de viga.

ESFUERZOS CORTANTES	Longitud del tramo cargado: 10 mts.	= 5100 Kg. ^s por m.l. de viga
	9	= 5520
	8	= 5940
	7	= 6360
	6	= 6780
	5	= 7200

CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS A QUE ESTÁ SOMETIDA LA VIGA

MOMENTO MÁXIMO EN EL CENTRO

Debido a la carga permanente = $\frac{1}{8} 1135 \times 10^2 = 14187,5$ Kg.m.^s
Idem a la sobrecarga = $\frac{1}{8} 4407 \times 10^2 = 55087,5$ "
Total = 69275 " "

REACCIÓN EN EL APOYO

Debida a la carga permanente = $1135 \times 10 = 5675$ Kg.^s
Idem a la sobrecarga = $5100 \times 10 = 25500$ "
Total = 31175 " "

ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO A UN METRO DEL APOYO

Debido a la carga permanente = $5675 - 1135 = 4540$ Kg.^s
Idem a la sobrecarga = $9 \times 4,5 \times 5520 = 22350$ "
Total = 26896 " "

ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO A 2,00 METROS DEL APOYO

Debido a la carga permanente = $4540 - 1135 = 3405$ Kg.^s
Idem a la sobrecarga = $8 \times 4,5 \times 5940 = 19008$ "
Total = 22413 " "

ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO A 3,00 METROS DEL APOYO

Debido a la carga permanente = $3405 - 1135 = 2270$ Kg.^s
Idem a la sobrecarga = $7 \times 3,5 \times 6360 = 15502$ "
Total = 17852 " "

ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO A 4,00 METROS DEL APOYO

Debido a la carga permanente = $2270 - 1135 = 1135$ Kg.^s
Idem a la sobrecarga = $6 \times 3 \times 6780 = 12204$ "
Total = 13339 " "

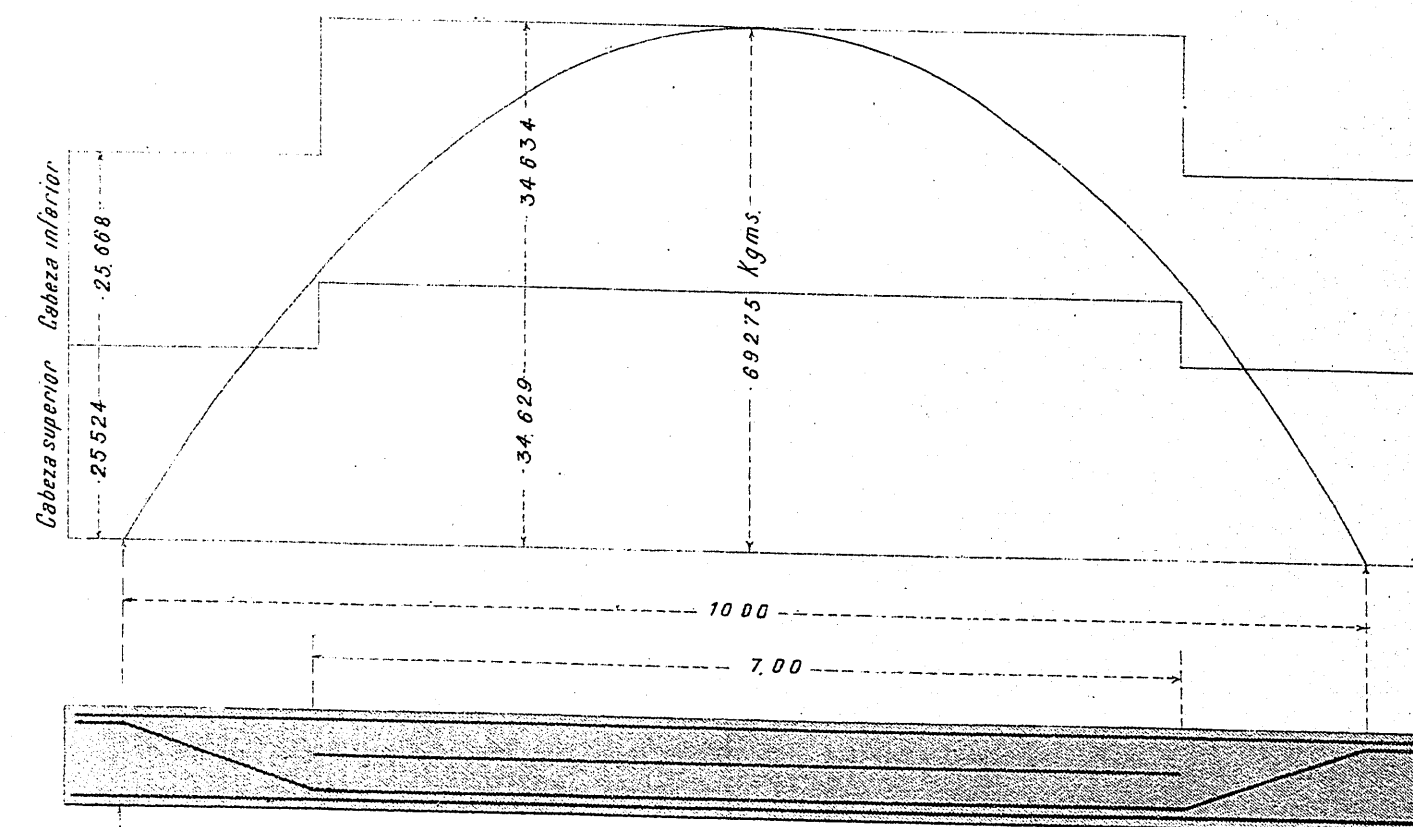
ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO A 5,00 METROS DEL APOYO

Debido a la carga permanente = $1135 - 1135 = 000$ Kg.^s
Idem a la sobrecarga = $5 \times 2,5 \times 7200 = 9000$ "
Total = 9000 " "

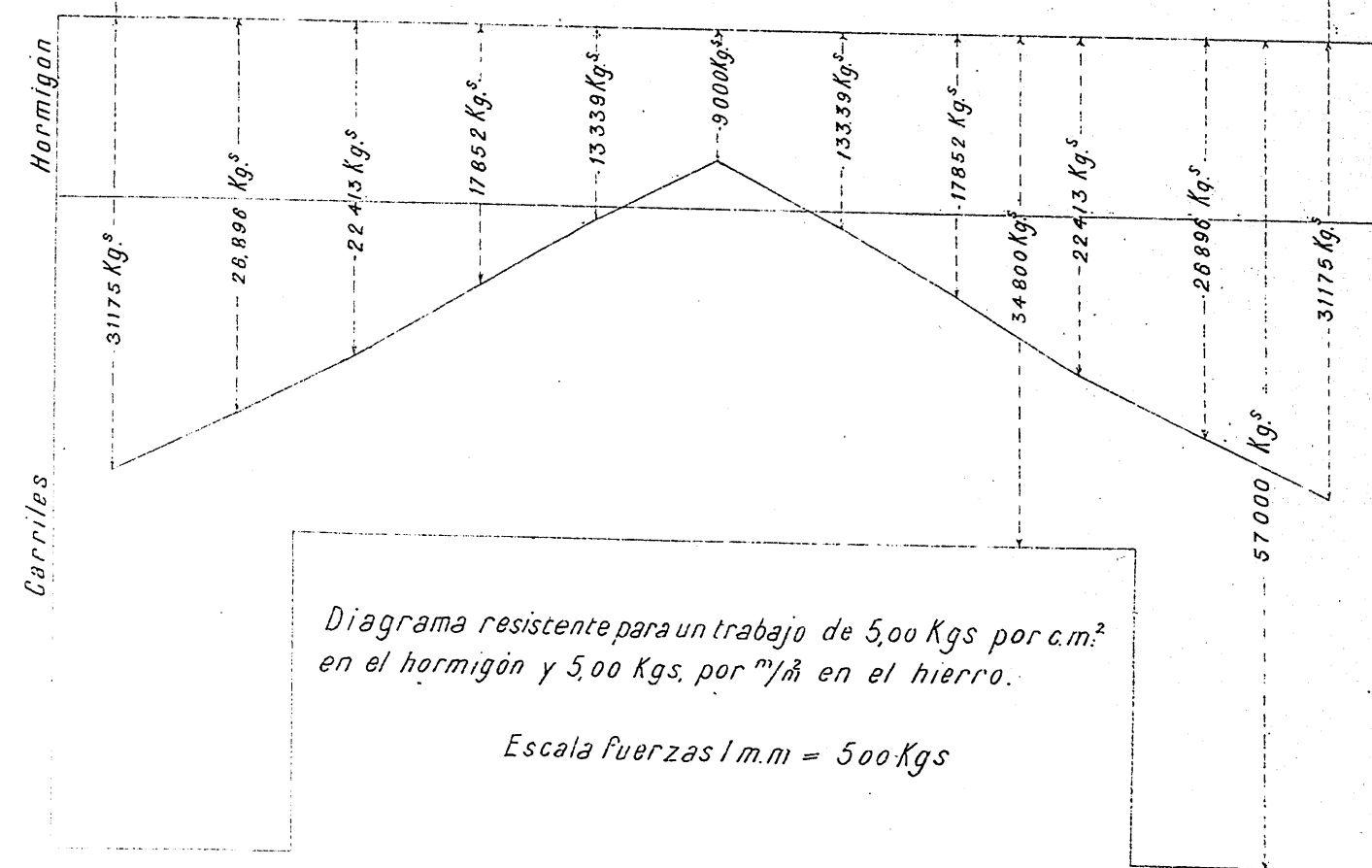
FERROCARRILES DE M.Z.A. (Red Catalana)

Numero

MOMENTOS FLEXORES

Diagrama resistente para un trabajo máximo del hormigón de 26,53 Kg.^s por cm.²Escala de { longitudes = 1 por 600
momentos 1 m/m = 1000 Kgms

Esfuerzos cortantes

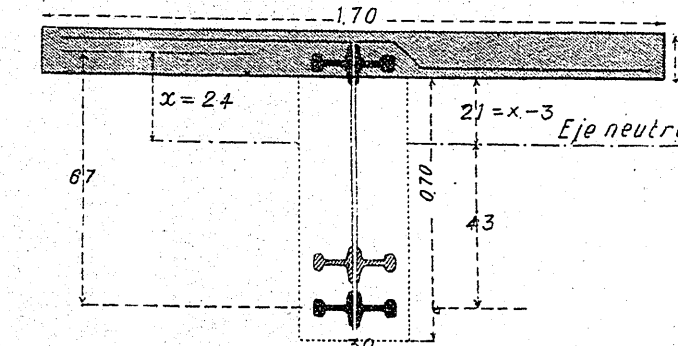
Diagrama resistente para un trabajo de 5,00 Kgs por cm.² en el hormigón y 5,00 Kgs. por m/m en el hierro.

Escala fuerzas 1 m.m = 500 Kgs

Sección resistente del hormigón = $1,70 \times 12 = 2040$ cm.²Sección de un carril = 45 cm.²

RESISTENCIA DE UNA VIGA A LA FLEXION

EN LOS ESTREMOS DE LA VIGA.

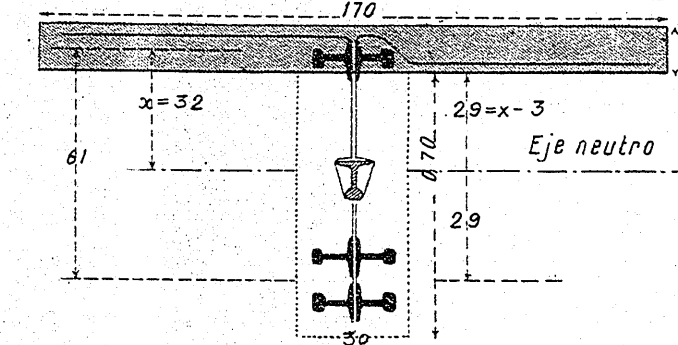


Determinación del eje neutro:

$$2040x + 90 \times 25(x-3) = 90 \times 25(67-x)$$

De donde $x = 24$ cms.

EN EL CENTRO DEL TRAMO



Determinación del eje neutro

$$2040x + 90 \times 25(x-3) = 180 \times 25(61-x)$$

De donde $x = 32$ cms.

Trabajo máximo del material

$$I(2040 \times 32 + 90 \times 25 \times 29 + 180 \times 25 \times 29) = 100 \times 69275$$

De donde $t = 26,53$ resulta pues:

$$\text{Trabajo máximo del hormigón} = 26,53 \text{ Kg.s por cms.}^2$$

$$\text{Trabajo máximo del hierro} = \frac{26,53 \times 25}{10} = 6,63 \text{ Kg.s por m/m}^2$$

MOMENTOS RESISTENTES DEL MATERIAL PARA UN TRABAJO DEL HORMIGÓN DE 26,53 Kg.^s

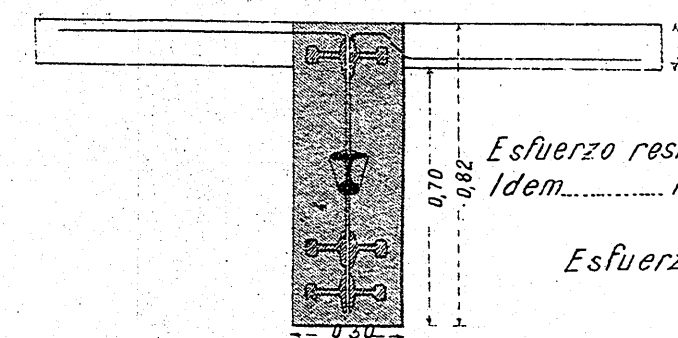
Cabeza superior: { en el centro del tramo = $26,33(2040 \times 0,32 + 90 \times 25 \times 0,29) = 34629$ Kgms
en los extremos del tramo = $26,53(2040 \times 0,24 + 90 \times 25 \times 0,21) = 25524$ Kgms

Cabeza inferior: { en el centro del tramo = $26,53 \times 180 \times 25 \times 0,29 = 34634$ Kgms
en los extremos del tramo = $26,53 \times 90 \times 25 \times 0,43 = 25668$ Kgms

RESISTENCIA DE UNA VIGA A LOS ESFUERZOS CORTANTES

Sección resistente del hormigón = $0,3 \times 0,82 = 2460$ cms.²

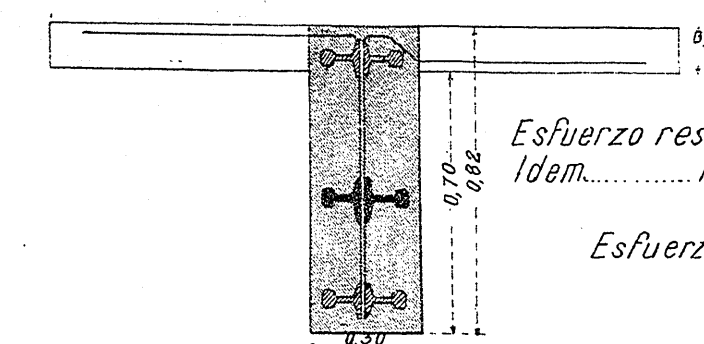
EN EL CENTRO DE LA VIGA.



Esfuerzo resistente del hormigón = $2460 \times 5 = 12300$ Kg.^s
Idem id. del carril = $4500 \times 5 = 22500$ "

Esfuerzo resistente total = 34800 "

EN LOS ESTREMOS DE LA VIGA



Esfuerzo resistente del hormigón = $2460 \times 5 = 12300$ Kgs
Idem id. de los carriles = $9000 \times 5 = 45000$ "

Esfuerzo resistente total = 57000

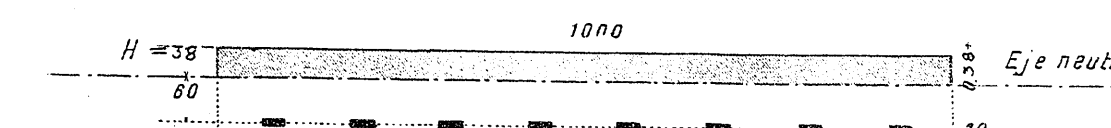
FORJADO

Carga = 600 Kgs por m.²

MOMENTOS MAXIMOS EN LAS SECCIONES DE EMPOTRAMIENTO

En el empotramiento de la parte volada = $\frac{1}{2} 0,7^2 \times 600 = 147$ KgmsEn el idem de la parte central = $\frac{1}{2} 600 \times 1,4^2 = 98$ Kgms

8 Plejes de 30 x 2 m/m por m.l.

Sección resistente del hierro = 0,000480 m.² por m.l. de forjado

Determinación del eje neutro

$$\frac{H^2}{2} = 0,000480 \times 25(0,10 - H)$$

De donde $H = 0,038$ mts.

Trabajo máximo del material

$$T(3,8 \times 100 \times 0,019 + 4,8 \times 25 \times 0,062) = 147 \text{ Kgms. } T = 10,02$$

Trabajo del hormigón = 10,02 Kg.s por cm.²Trabajo del hierro = $10,02 \times 25 = 2,5$ Kg.s por m/m.²

ZAPATA DE APOYO

Reacción en el apoyo = 31175 Kg.^s

Dimensiones de la zapata = 90 x 50 cms

Presión unitaria $\frac{31175}{4500} = 6,92$ Kg.s por cm.²

próximamente el 15 por 100 de la superficie de caldeo de la caldera, y con una presión en la caldera de 1,4 kilogramos por centímetro cuadrado se obtuvo una economía de combustible de un 20 por 100 aproximadamente, sobre una máquina con condensador, empleando el vapor recalentado á 55° centígrados. En 1860, en una Memoria leída ante la citada Sociedad, John Ryder describió el recalentador Parson & Pilgrim, que consistía en dos tubos en forma de herradura, colocados en la parte interior de la caldera, por encima de la parrilla, y el recalentador Partridge, que consistía en un cilindro lleno de tubos rodeados de vapor, por los que circulaban los gases calientes. Hacía constar que ambos sistemas daban buenos resultados, lo que parece bastante dudoso para el primero; de todas maneras, las calderas que entonces estaban provistas de recalentadores sumaban una potencia total de 5.000 caballos. La superficie de recalentamiento que se empleaba era de 23 á 25 centímetros cuadrados por caballo nominal, es decir, sobre poco más ó menos la misma que en el caso descrito por Penn; por otra parte, las economías obtenidas fueron próximamente idénticas en ambos casos.

Otros diversos sistemas, tales como los de Crossland, de Wethered, etc., se emplearon en esta época en mayor ó menor número de generadores, y prolongados experimentos efectuados por Isherwood, de la marina americana, confirmaron los buenos resultados obtenidos en el extranjero.

A pesar de las numerosas pruebas reunidas en favor del vapor recalentado, y de su aplicación en gran escala, que permitía considerarlo ya como fuera de su período experimental, fué poco á poco abandonándose por el empleo de presiones cada vez más fuertes y del sistema compound que empezó á aplicarse hacia el año 1865. En la época en que las presiones en las calderas eran de 1,4 á 2,8 kilogramos por centímetro cuadrado, los recalentadores colocados en el tubo de salida de humos, y dando un recalentamiento de 55 á 70° C., podían usarse sin que la temperatura en los cilindros pasara del límite á que se descomponen las grasas animales, empleadas entonces como lubricantes, y que hubieran atacado las deslizaderas de las cajas de distribución y las superficies interiores de los cilindros. Pero con el aumento de las presiones no fué posible aplicar el mismo recalentamiento. La falta de humedad en el vapor recalentado necesitaba un buen engrasado; por otra parte, los guarnecidos empleados sobre los vastagos de las cajas de distribución y de los émbolos no eran á propósito para resistir el vapor á alta temperatura, y daban lugar á accidentes serios cuando la temperatura pasaba de 180° C. Se producían también averías en los tubos del recalentador á consecuencia de los depósitos de sales que se formaban con el condensador de inyección, entonces universalmente usado. Gracias al empleo de presiones más elevadas en la caldera y á la supresión de las pérdidas en los cilindros, por el sistema compound, se podía obtener la misma economía que con el vapor recalentado, evitando al propio tiempo los inconvenientes de éste; así, sus aplicaciones fueron cada vez más raras, y en 1870 sólo se empleaba en calderas nuevas por el grupo de Ingenieros alsacianos, que no lo abandonó jamás. La adopción de los aceites de hidrocarburo para el engrasado, las cajas de distribución equilibradas y las guarniciones perfeccionadas permitieron utilizar temperaturas mucho más elevadas, y en 1890 volvió á fijarse la atención en este asunto á consecuencia de los resultados obtenidos en Alemania por varios Ingenieros, tales como Gehre, Schwoerer, Uhler y otros. Muchos de estos resultados fueron publicados; todos acusaban un adelanto en servicio práctico; así, en Inglaterra no se tardó mucho en adoptar los aparatos de estos ingenieros é imaginar otros derivados del mismo principio. Desde entonces los progresos de la aplicación del vapor recalentado fueron bastante regulares, pero lentos; el recalentamiento era generalmente moderado, de 30 á 55° C.; no se empleaba ordinariamente ningún tipo especial de máquina ó de caldera, y sólo se aplicaba, salvo una excepción notable, á las máquinas fijas y marinas, más bien que á las locomotoras. Esta excepción se refiere al empleo del vapor fuertemente recal-

tado, realizado después de catorce años de experimentos por Mr. Guillermo Schmidt, de Cassel, que logró, hacia el año 1894, construir una caldera y un motor, en que el vapor recalentado á 370° C. era utilizado bajo presiones relativamente pequeñas. Los resultados obtenidos fueron publicados por Mrs. Schneider y de Grahl en 1894; eran excesivamente favorables desde el punto de vista económico, sobre todo en las máquinas pequeñas. Así, en 1898 las estadísticas indicaban que 200 fábricas empleaban el sistema Schmidt. Pero salvo estas excepciones, no puede decirse que el uso del vapor fuertemente recalentado se haya generalizado. En vista de las actuales aplicaciones del vapor recalentado á las locomotoras, es interesante conocer, en sus líneas generales, la introducción del recalentado en las máquinas fijas y marinas. El recalentamiento moderado, empleando temperaturas que excedían de 80° C., además de la vaporización, científicamente estudiado primero por Hirn, introducido en gran escala en las primeras máquinas marinas inglesas por Penn y otros, después abandonado, conservado en las máquinas fijas en Alsacia por los discípulos de Hirn, se ha usado mucho desde hace diez á quince años en las máquinas fijas, cuyas presiones van aumentando. El vapor fuertemente recalentado, preconizado por Schmidt, ha sido económico y satisfactorio en todas partes donde se ha empleado, pero no es, hasta ahora, de uso general.

Se cree que el vapor recalentado se aplicó por primera vez á las locomotoras en el «Chicago Burlington et Quinc y. Railway» en 1870; la placa tubular de delante se introdujo algo en la caldera, y el recalentador consistía en un cilindro separado, cuyos tubos formaban, en cierto modo, la prolongación de los tubos de la caldera, y adonde se conducía el vapor por el tubo de toma para pasar en seguida á los cilindros por tubos que partían del fondo de la caja. Semejante aparato no podía producir más que un recalentamiento moderado del vapor; no obstante, dió cierta economía; pero ésta no fué suficiente para compensar el aumento de coste y los gastos de entretenimiento del aparato; así es que fué pronto abandonado. El desarrollo actual de la aplicación del vapor recalentado á las locomotoras es debido á los Sres. Garbe y Muller, de los caminos de hierro del Estado prusiano, quienes en 1898 instalaron recalentadores en dos máquinas, Hannover, núm. 74 y Cassel, núm. 131, construidas, la primera por la Compañía Vulcan, de Stettin, y la segunda por Henschel y Compañía; los planos del recalentador fueron hechos por Schmidt. En una Memoria leída por Mr. Garbe en 1902 ante la Sociedad de Ingenieros alemanes, el autor expuso las varias razones que le habían conducido á considerar las ventajas del vapor recalentado, y discutió de una manera completa las ventajas que se sacaban de su empleo y los resultados obtenidos hasta entonces. Esta Memoria es muy interesante, pues describe la primera aplicación moderna del vapor recalentado á las locomotoras, y demuestra que el ensayo fué satisfactorio. Á estas máquinas siguieron otras, para las que estudió Schmidt el tipo actualmente conocido bajo el nombre de recalentador en la caja de humos; en 1899 se puso en servicio una máquina provista de este aparato. Á ésta siguieron otras tres en 1900, á las cuales vinieron á añadirse 24 en 1902, de las que 13 eran locomotoras de mercancías de cuatro ejes acoplados. Al finalizar el año 1904, los ferrocarriles del Estado prusiano tenían en servicio 127 máquinas de vapor recalentado, todas, salvo las dos primeras y la última, provistas de recalentador en la caja de humos. Otros ferrocarriles europeos han construido después de 1902 locomotoras con recalentador Schmidt, empleándose en número próximamente igual los tipos llamados en la caja de humos y de tubos de humo. En total hay en servicio unas 170 de éstas máquinas. Á otras máquinas se las ha provisto del recalentador Pielock, bastante diferente del tipo Schmidt, que data de 1902 y que hasta ahora ha sido aplicado á unas 30 máquinas, de las que 13 pertenecen al Estado prusiano; de modo que, en total, unas 200 locomotoras alemanas por lo menos utilizan actualmente el vapor recalentado. Este sistema ha sido introducido en América por Mr. Roger Atkinson, entonces Ingeniero jefe de tracción en

el «Canadian Pacific Railway», quien en 1901 aplicó un recalentador en la caja de humos Schmidt á una locomotora de mercancías de simple expansión de diez ruedas con dos cilindros de 457×610 milímetros, y ruedas motoras de 1,575 de diámetro. Esta máquina dió resultados sumamente satisfactorios, y fué seguida dos años después de dos máquinas de mercancías compound de diez ruedas que fueron provistas del recalentador Schmidt, colocado en los tubos de humo. Todas estas máquinas acusaron una economía apreciable sobre las máquinas similares del tipo ordinario; así es que en 1904 se construyeron 41 máquinas de simple expansión, de las que á 20 se las proveyó del recalentador Schmidt, y 21 del recalentador Schenectady. Este mismo año se aplicó también este último tipo á una máquina *Atlantic*, de simple expansión, del «New York Central», y á una máquina de viajeros de diez ruedas del «Canadian Pacific». En 1905, el «Canadian Pacific Railway» construyó 55 máquinas de mercancías de diez ruedas, de simple expansión, y seis máquinas de viajeros, tipo *Pacific*, que fueron provistas de recalentadores (Schmidt, Schenectady y otros.) Otros muchos caminos de hierro ensayan este sistema, que empieza á generalizarse en la práctica, usándose ahora lo suficiente para revelar sus defectos en el servicio regular y salir del período experimental, que hace siempre sospechar que el cuidado especial con que se atiende á una máquina particular da resultados que no se obtendrían de una manera general en servicio normal.

Tipos de recalentadores.

Los tipos de recalentadores empleados hasta ahora son debidos principalmente á Mr. Guillermo Schmidt, quien ha ideado dos disposiciones diferentes utilizándose en una y otra parte de los tubos de humo para el recalentado. El tipo más generalmente usado se conoce bajo el nombre de recalentador en la caja de humos Schmidt: su principal particularidad consiste en un grueso tubo que comunica el hogar con la placa tubular de delante y por el que se escapan gran parte de los gases calientes á elevada temperatura á una caja anular colocada en la caja de humos y en la que se alojan los tubos del recalentado. Al salir del tubo de toma, el vapor pasa al extremo posterior de una cámara de vapor colocada en la parte alta de la caja de humos y del lado derecho; esta cámara está dividida en dos compartimientos, anterior y posterior, por medio de un tabique transversal. De la parte posterior de esta cámara, el vapor pasa por los pequeños tubos del recalentador á la parte posterior de otra cámara semejante colocada en el lado izquierdo; después pasa á la parte anterior de esta cámara, y de ahí por otros tubos del recalentador á la parte anterior de la cámara del lado derecho; y luego de ahí á los cilindros. Los tubos del recalentador están dispuestos de manera que rodean los gases que salen del tubo grueso; los gases suben por cada lado y desembocan en seguida en la caja de humos propiamente dicha. En todos los recalentadores de este tipo hay una válvula que permite detener la salida de los gases á través del recalentador cuando el regulador está cerrado, porque en ese momento el vapor no circula por los tubos del recalentador y los gases calientes los estropearían. Este tipo de recalentador ha sido muy usado en Alemania, pero sólo se ha aplicado á una máquina en América (la 548 del «Canadian Pacific Railway»), y aunque los resultados obtenidos hayan sido en extremo satisfactorios, es dudoso que se generalice mucho en América. Trae consigo una complicación considerable en la caja de humos y gran número de juntas en tubos de vapor que, aunque hasta ahora no hayan dado lugar á accidentes, ofrecen sin duda inconvenientes, y como en el otro tipo de recalentador imaginado por Schmidt y utilizando los tubos de humo estas dificultades no existen, parece probable que este último sea el adoptado generalmente.

En este tipo, cierto número de tubos de gran diámetro, á veces más de veinte, sustituyen á los tubos ordinarios, de 51 á 57 milímetros, en la parte superior de la placa tubular. Estos tubos

tienen 130 milímetros de diámetro, que se reducen á 100 en la placa tubular del hogar, y cada uno de ellos contiene dos rizos de tubos recalentadores de 30 milímetros, unidos á la parte de atrás por codos de acero. El vapor, al salir del tubo de toma, pasa á una cámara colocada en el interior de la caja de humos y dividida por una mampara en dos compartimientos, uno para el vapor saturado y otro para el vapor recalentado. Esta cámara tiene en su parte inferior orificios que abren á ambos compartimientos. Los rizos de tubos recalentadores se esparcen sobre bridas fijas á esta cara, y el vapor pasa del compartimiento del vapor saturado, por los tubos del recalentador, al compartimiento del vapor recalentado y de ahí á los cilindros. En el tipo modificado, la cara agujereada de la cámara se encuentra en la parte de delante, en lugar de estar debajo; los tubos recalentadores, en lugar de ser simples rizos, se disponen en dobles rizos, de manera que se duplica la superficie de caldeo para cada rizo. La proporción del recalentado obtenida con este tipo depende del número de rizos de los tubos del recalentador, y Mr. Schmidt opina que los 22 tubos gruesos y los 248 tubos de 51 milímetros que reemplazan los 378 tubos de una caldera similar sin recalentador, convienen sustituirlos por 30 tubos gruesos, reduciendo el número de tubos de 51 milímetros á unos 190. Estima también que la disposición con doble rizo da resultados superiores al sistema de rizo único y produce mayor recalentado.

En uno y otro sistema, un elemento cualquiera del haz tubular del recalentador es accesible, sin que haya necesidad de tocar á los otros. De un modo general, este recalentador, constituido por los tubos de humo, es un buen aparato mecánico y ha dado hasta ahora los mejores resultados. Puede adaptarse muy bien á las locomotoras corrientes, pues basta retrasar un poco la placa tubular de delante, sin ningún otro cambio, y á causa de su sencillez se empleará probablemente mucho en el porvenir.

El recalentador Schenectady es una variante del tipo Schmidt en la caja de humos, del que difiere sobre todo por la disposición de las cámaras de vapor y por el empleo, en vez de los tubos en rizo, de tubos interiores y exteriores, para conducir el vapor al extremo posterior de los tubos recalentadores. En lugar de que los tubos del recalentador se enlacen con la cámara de vapor por medio de bridas sujetas con pernos, los tubos forman unas hileras verticales de tubos recalentadores que desembocan en cámaras parciales divididas en compartimientos de vapor saturado y de vapor recalentado. Estas cámaras parciales se unen á su vez, por medio de pernos, á la cámara principal, disponiéndose los orificios convenientemente para la comunicación con los dos compartimientos de ésta. Esta disposición es muy sencilla y ventajosa, y como cada cámara parcial puede quitarse sin tocar á las otras, se facilitan mucho las reparaciones. El empleo de los tubos interiores y exteriores reduce mucho el número de juntas; no obstante, no puede decirse hasta ahora de un modo definitivo que esta disposición sea tan eficaz como la de los tubos en rizo. No existe tampoco razón alguna para que las cámaras parciales de vapor no puedan emplearse con los tubos en rizo; así, en 30 máquinas que están actualmente en construcción para el «Canadian Pacific Railway», la disposición de los tubos en rizo es idéntica á la empleada en el recalentador Schmidt, del segundo tipo, pero los tubos están unidos á cámaras parciales del tipo Schenectady.

Todos los recalentadores hasta ahora descritos son de un tipo, en el cual se destina un cierto número de tubos al recalentado. Hasta ahora no existe más que un solo tipo de recalentador, en que una parte de la longitud de los tubos se dedica á este objeto, que es el recalentador Pielock.

Los tubos atraviesan un recalentador colocado hacia la mitad de la caldera y por el que pasa el vapor al dirigirse al regulador. El vapor entra en el recalentador por un tubo vertical que parte de la cúpula, de manera que esté lo más seco que sea posible, y circula entre los tubos siguiendo unos mamparos verticales dispuestos en el recalentador, de modo que queda en con-

tacto con dichos tubos una distancia considerable antes de llegar al regulador. El recalentador está siempre lleno de vapor á la presión de la caldera, y, por lo tanto, no tiene tendencia á escapar, y como además la temperatura de los gases calientes se ha rebajado por el contacto con los tubos de humo, antes de llegar al recalentador, de aquí que no sea necesaria ninguna disposición de válvulas. Los tubos se agrandan ligeramente á su paso por las placas tubulares del recalentador. En previsión para el caso de una fuga ó de condensaciones que pudieran producirse durante el estacionamiento de la máquina, se ha adaptado al recalentador una llave purgadora. Este tipo ofrece algunas ventajas desde el punto de vista teórico; se puede obtener una proporción cualquiera de recalentado modificando la distancia á que el recalentador está colocado de la placa tubular de atrás y la longitud del recalentador; las válvulas son innecesarias; el rendimiento de la caldera no se altera con la colocación del recalentador; y, por último, los tubos son todos del diámetro corriente. Por otra parte, su empleo puede dar lugar á ciertas dificultades prácticas, tales como: la sacudida de los tubos en las placas tubulares del recalentador, que puede dar origen á fugas difíciles de descubrir; el aumento de las pérdidas en los tubos, en la placa tubular del hogar, debido á que la unión de los tubos al recalentador estorba su dilatación; y, por último, la dificultad de retirar los tubos inutilizados por los agujeros de las placas tubulares del recalentador. No puede decirse que estos inconvenientes se hayan confirmado en el servicio, pero pueden presentarse, y si el recalentador Pielock parece, bajo ciertos aspectos, el más recomendable de todos los imaginados hasta ahora, no puede sentarse esto de un modo definitivo hasta que haya demostrado su inmunidad contra las dificultades prácticas. Ningún otro recalentador, además de los descritos, ha sido hasta el presente empleado en las locomotoras.

Resultados.

Los resultados obtenidos con el empleo del vapor recalentado parecen acusar todos una economía apreciable. Después del caso antes citado y que señaló Trevithick, en el que se obtuvo una economía de un 30 por 100, y en que un 7 por 100 del carbón quemado se consumió en el recalentador, todos los demás ensayos ofrecen una notable concordancia en sus resultados.

Desde ese punto de vista, los experimentos que vamos á citar son interesantes:

Hirn, en un informe publicado en 1857, describe los resultados de varios experimentos que había efectuado con una máquina de simple expansión funcionado bajo una presión de 4 kilogramos por centímetro cuadrado; obtuvo una economía de un 20 á un 45 por 100 con vapor recalentado á una temperatura de 210° á 255° C.

Juan Penn, en una conferencia que dió ante la *Institution of Mechanical Engineers* en 1859, habló de una máquina marina con condensador, con un recalentador formado con 42 tubos de 51 milímetros, colocados en la caja de humos, obteniéndose una economía de combustible de un 20 por 100.

Bryan Donking, en un artículo publicado en el *Engineering* en 1891, habla de una máquina horizontal sin condensador, de simple expansión. Con un recalentador de 28° C. obtuvo una economía de un 15 á un 27 por 100 según la admisión. Se observó una temperatura más elevada en las paredes del cilindro.

W. H. Patchell, en una Memoria leída ante la *Institution of Mechanical Engineers* en 1896, habló de una máquina compound tandem, horizontal, con condensación de 300 caballos, en la que se obtuvo con un recalentado de 23 á 31° C. una economía del 19 por 100 de combustible.

Otros ensayos hechos con calderas del tipo *Lancashire* acusan un resultado muy semejante; la vaporización por kilogramo de carbón ofrece un aumento considerable.

Se encuentran muchos ejemplos análogos en las máquinas fijas, siendo de notar que ventajas tan importantes se hayan

conseguido constantemente con máquinas de simple expansión.

Los ensayos de la primera locomotora con recalentador, Hannover, núm. 74, mencionados por Mr. Garbe en una Memoria publicada en 1902, acusaron resultados excelentes en comparación con dos locomotoras similares, pero del sistema compound, números 73 y 79. En un ensayo de nueve días, del 16 al 25 de Octubre de 1901, remolcando trenes de viajeros de 35 ejes por término medio y de 360 toneladas, desde Grünwald á Sommerfeld (168 kilómetros) y regreso, la locomotora con recalentador consumió, por kilómetro de tren, 9,61 kilogramos de carbón y 58,2 kilogramos de agua, con una vaporización de 6,05 kilogramos de agua por kilogramo de carbón. Las locomotoras compound consumieron 10,66 y 10,78 kilogramos de carbón, respectivamente, y 78,5 kilogramos de agua por kilómetro de tren, con una vaporización de 7,37 y 7,30 kilogramos de agua por kilogramo de carbón. Las locomotoras compound consumieron, por lo tanto, 11,5 por 100 de carbón y 30 por 100 de agua más que la del recalentador, pero la caldera de esta última era evidentemente menos eficaz, porque á una vaporización de 7,35 kilogramos de vapor saturado, debían corresponder 6,60 kilogramos de vapor recalentado á 110° C. Otros ensayos hechos con las locomotoras 2.069 y 2.070 dieron resultados igualmente satisfactorios: se obtuvo una economía de carbón de un 15 por 100 aproximadamente con el vapor recalentado á una temperatura de unos 270° C.

En 1901, Mr. von Borries hizo, en líneas de la Dirección real de Hannover, ensayos comparativos con una máquina compound de cuatro cilindros, núm. 11; una compound de dos cilindros, núm. 38, y la primera máquina con recalentador en la caja de humos, núm. 86. Todas estas locomotoras eran máquinas de viajeros 4-4-0, con ruedas motoras de 1,980 metros de diámetro y cilindros de 330 y 520 milímetros (núm. 11), 460 y 680 milímetros (núm. 38) y 480 milímetros (núm. 86) de diámetro. La longitud del recorrido entre Hannover y Stendal es de 150 kilómetros. En estos ensayos, el consumo de carbón y de agua y la vaporización fueron las siguientes:

Número de la máquina.	Consumo de carbón por kilómetro en kilogramos.	Consumo de agua por kilómetro en kilogramos.	Vaporización por kilogramo de carbón.	CONSUMO RELATIVO	
				Carbón.	Agua.
11	10,93	78,9	7,27	98	110
38	10,67	83	7,78	95,5	115
16	11,15	71,8	6,44	100	100

La máquina con recalentador acusa, pues, una economía de un 10 á un 15 por 100 de agua sobre las compound, y una pérdida de un 2 á un 4,5 por 100 de carbón; pero este ensayo ha dado lugar en Alemania á numerosas controversias, y Mr. Garbe ha hecho notar que los trenes eran menos pesados y la línea menos accidentada que en los ensayos efectuados con la locomotora núm. 74, en tanto que el consumo de carbón y de agua ha sido mucho mayor para la máquina núm. 86 que para la número 74. En el *Bulletin du Congrès des chemins de fer* de Septiembre de 1903 puede verse un análisis crítico de estos ensayos.

En 1902, Mr. von Borries hizo nuevos ensayos con dos máquinas compound de cuatro cilindros, números 17 y 18, dos locomotoras de vapor recalentado (tipo Schmidt, colocado en la caja de humos) con simple expansión, números 439 y 440, y una compound de dos cilindros, núm. 42. La superficie de la parrilla era de 2,27 metros cuadrados en todas las máquinas, y la superficie de caldeo de los tres tipos de máquinas de 118,70, 105,40 y 125 metros cuadrados, respectivamente. El timbre en las calderas de los números 17 y 18 era de 14 kilogramos, y en las de las otras locomotoras de 12 kilogramos. Gran número de los recorridos se hicieron entre Stendal y Hannover, á una ve-

Velocidad media de 87 á 91 kilómetros por hora, en una distancia aproximada de 120 kilómetros. El esfuerzo de tracción para el tren se calculó por la siguiente fórmula:

$$E = P \left(1,6 + 0,3 V \times \frac{V + 50}{1.000} \right)$$

y para la locomotora por medio de la siguiente:

$$E = P \left(3,8 + 0,9 V \times \frac{V + 30}{1.000} \right)$$

en la que E representa el esfuerzo de tracción en kilogramos, P el peso en toneladas (métricas), y V la velocidad en kilómetros por hora. La temperatura media del vapor recalentado en las máquinas números 439 y 440 fué de 275° C., y las medias de los resultados más importantes fueron las siguientes:

DESIGNACION	Números 17 y 18.	Números 439 y 440	Número 42.
Número de recorridos.....	20	22	12
Duración del recorrido, en minutos. ...	112,3	108,5	114,7
Duración neta del recorrido, en minutos	107,3	103,5	109,7
Velocidad media en un trayecto de 120 kilómetros.....	88,2	90,8	86,9
Peso del tren en toneladas métricas.	285,8	274	257,6
Consumo de agua (ida y vuelta), en me- tros cúbicos.....	23,24	20,80	22,76
Idem de carbón (ida y vuelta), en kilo- gramos.....	3.022	3.189	2.936
Idem de carbón por kilómetro, en kilo- gramos.....	10,07	10,6	9,07
Idem de agua por kilómetro, en kilo- gramos.....	77,5	69,3	75,9
Vaporización por kilogramo de carbón..	7,67	6,54	7,78
Idem relativa.....	117	100	119
Consumo total de carbón por caballo- hora, en kilogramos.....	0,93	0,97	1,04
Consumo relativo.....	96	100	107
Consumo de carbón, por caballo-hora en la barra de enganche, en kilogramos.	1,64	1,75	2
Consumo de carbón por metro cuadrado de parrilla y por hora, en kilogramos.	372,7	406,9	357,6

En estos ensayos, la locomotora con recalentador, de simple expansión, dió resultados sensiblemente iguales á los de la compound de cuatro cilindros y superiores á los de la locomotora compound de dos cilindros. Hizo un servicio bastante duro, puesto que su velocidad media fué un 2,9 por 100 superior á las alcanzadas por las máquinas 17 y 18.

Por otra parte, el trabajo de la caldera es inferior al de las máquinas sin recalentador, pero como el recalentado fué próximamente de 85° C., si el rendimiento de la caldera hubiera sido el mismo que el de las máquinas números 17 y 18, la vaporización hubiera sido de 7,1 kilogramos de agua por kilogramo de carbón, y la máquina compound de cuatro cilindros, en vez de acusar una economía de carbón del 4 por 100 por caballo, hora de potencia total, hubiera acusado una pérdida del 3 por 100.

Conclusiones generales.

El empleo del vapor recalentado no trae consigo las numerosas dificultades prácticas que generalmente acompañan á todo invento ó perfeccionamiento adoptado con el fin de mejorar los resultados económicos obtenidos con una locomotora. Por el contrario, es probable que á medida que la experiencia de su aplicación se extienda, ciertos gastos que se presentan en las locomotoras actuales disminuyan en vez de aumentar. Parece que no hay más que dos fuentes posibles de gastos suplementarios: el desgaste de las cajas de distribución y cilindros debido á la insuficiencia del engrasado, y los gastos de conservación del propio recalentador. De los informes recogidos hasta ahora resulta que el engrasado de las máquinas con recalentador no

difiere del de las otras máquinas, sino en que es preciso que el engrasado sea efectivo, y que no basta suponer que el aceite llegará al punto designado.

Con este objeto conviene emplear un engrasador de alimentación positiva, que debe estar provisto, á ser posible, de seis orificios de derrame, de modo que los tubos puedan desembocar en cada extremo de la caja de distribución y en el cilindro. Es preciso también estudiar el medio de poder hacer variar entre límites bastante extensos la cantidad de aceite suministrada por minuto, porque las máquinas con recalentador, más aún que las de tipo ordinario, exigen más aceite cuando marchan despacio, con mucha admisión, puesto que el vapor conserva su temperatura durante toda la carrera del émbolo. Esto puede conseguirse, ó bien por un engrasado suplementario, ó disponiendo el engrasador de modo que con pequeña velocidad vierta mayor cantidad de aceite; este último medio parece preferible si no exige muchas complicaciones. Con un buen engrasado no parece que se produzca mayor desgaste en las cajas de distribución y en los émbolos. Verdad es que es preciso emplear una aleación especial para los guarnecidos metálicos, pero en cambio las averías son más raras en las máquinas con recalentador que en las otras.

Las reparaciones del recalentador propiamente dicho son hasta ahora difíciles de determinar. El recalentador en la caja de humos da lugar evidentemente á un aumento de gasto al hacerse la renovación de los tubos, puesto que es preciso desmontarlo por completo para llegar á la placa tubular. Pero respecto á los accidentes á que se dice han dado lugar en el servicio de los caminos de hierro alemanes, no se ha registrado ninguno durante tres años de su empleo en el «Canadian Pacific Railway». Al principio hubo algunas dificultades para establecer la junta entre el tubo grueso y la placa tubular, pero después no se notaron fugas en la caja de humos, y en suma, hasta ahora no ha ocurrido nada que pueda ocasionar aumento en los gastos de conservación.

Los recalentadores de tubos de humo del tipo Schmidt no han dado lugar á ningún accidente en el servicio; pero los pernos destinados á fijar las bridas de los tubos á las cámaras de vapor constituyen una disposición bastante incómoda, siendo muy difícil de obtener al principio la impermeabilidad perfecta de las juntas; pero una vez conseguida, no parece que se presenten fugas.

En resumen: es todavía prematuro acordar nada definitivo respecto á los gastos de conservación; es posible que se produzca un deterioro relativamente rápido de los tubos, pero no parece que haya un gasto inmediato en el primero ó en los dos primeros años de servicio. Por otra parte, como en las máquinas compound, la vaporización es menor á igualdad de trabajo, y por lo tanto mayor el rendimiento; otra ventaja es la sequedad del vapor y la reducción de las condensaciones en el cilindro.

Una ventaja positiva del vapor recalentado, de la que se ha sacado partido en Alemania, pero que no se ha utilizado en América, es la reducción de presión en la caldera sin disminuir el rendimiento. Hay que reconocer que el aumento de presión de 12 á 14 ó 15 kilogramos por centímetro cuadrado que se ha realizado en estos últimos años ha producido beneficios muy discutibles. Si se ha obtenido alguna economía, en cambio se han agravado las pérdidas debidas á fugas, tanto en la caldera como en la máquina, y se han aumentado considerablemente los gastos de entretenimiento de la caldera. Gracias al recalentado, la presión inicial puede ser de menos importancia, y empleando un recalentado suficiente, puede volverse á las presiones de 12 kilogramos por centímetro cuadrado, sin disminución apreciable en el rendimiento, y evitándose los accidentes que se multiplican en la caldera á medida que la presión se eleva. Es probable que sólo la economía que se obtiene por este concepto compense todos los gastos suplementarios producidos por el entretenimiento del recalentador.

De un modo general puede sentarse que los gastos de con-

servación de las máquinas de vapor recalentado no son necesariamente mayores que los de las locomotoras ordinarias de dimensiones similares, puesto que si se producen algunos gastos suplementarios, éstos son compensados con economías hechas por otros conceptos, y el resultado es próximamente el mismo. Si esta proposición es exacta, la oportunidad del empleo del vapor recalentado depende exclusivamente de la relación entre el aumento del gasto de su establecimiento y la economía realizada con su empleo; ahora bien, el gasto de instalación de un recalentador es próximamente de 5.000 francos, siendo más probable que disminuya que no que aumente. Una máquina de mercancías de 90 toneladas que recorre al año 48.000 kilómetros, quema próximamente 2.500 toneladas de carbón, que importan, á razón de 10 francos la tonelada, 25.000 francos, y una economía del 10 por 100 representará por lo tanto el 50 por 100 del suplemento de gastos; de modo que puede afirmarse que con un recalentador se puede economizar por lo menos esta cantidad. La aplicación del vapor recalentado á las locomotoras, algo más costosa en su primer establecimiento que el sistema compound, puede dar una economía de combustible por lo menos igual, no ofrece dificultades ni complicaciones de construcción, no trae consigo aumento en los gastos de conservación, no reduce en manera alguna la potencia de la locomotora para el arrastre de mercancías; en fin, creemos que promete ser uno de los progresos económicos más grandes realizados desde hace muchos años.—H.

SISTEMA DE VÍA

CON CARRILES DE ACERO DE 40 KILOGRAMOS POR METRO LINEAL

APROBADO POR LA COMPAÑÍA DE M. Z. A.

POR

D. FRANCISCO BARÓN

Ingeniero de Caminos y de vía y obras de la Compañía de ferrocarriles de M. Z. A.

Antecedentes.—En el año 1873 se comenzó en la Red Antigua de la Compañía de M. Z. A. á realizar la colocación de carriles de acero en sustitución de los de hierro, hasta entonces únicamente empleados, adoptando un tipo de 28 kg. por m. l y 6 ms. de longitud, colocado sobre 8 traviesas con junta apoyada; el que se modificó al poco tiempo, siendo sustituido á su vez, á partir de 1876, por un nuevo tipo de 30 kg. por m. l y 6 ms. de longitud, colocado sobre 7 traviesas y también con junta apoyada.

En el año de 1893, con motivo de la construcción de la línea de Valladolid á Ariza, se adoptó el tipo de carril empleado en la Compañía del Norte y en la Red Catalana de M. Z. A., cuyo peso es de 32.500 kg. por m. l, con barras de 12 m. de longitud, colocadas sobre 14 traviesas con junta al aire y bridas mixtas (planas y de escuadra); y luego fué también modificado este sistema en 1901 con objeto de reforzarlo, aumentando á 16 el número de traviesas y empleando únicamente bridas de escuadra.

En aquel mismo año de 1901, y aunque la práctica del servicio dejaba demostrado que el sistema de carril de 32,5 kg. reunía condiciones de resistencia y duración suficientes para la naturaleza y necesidades de la explotación de las líneas, se consideró conveniente aumentar la solidez de la vía en determinados trayectos, donde, bien por la mayor intensidad de la circulación ó por las fuertes pendientes de su trazado, se acusaban mayores desgastes, y se procedió al estudio del sistema de vía con carriles de acero de 40 kg. por m. l y 12 m. de longitud, que se describe á continuación y que se representa en los dibujos respectivos.

Este sistema ha sido adoptado con uniformidad para las vías

nuevas y renovación de las existentes, tanto en la Red Antigua como en la Red Catalana de la Compañía de M. Z. A.

Sección del carril.—Antes de fijar el perfil que se representa en la figura, se estudiaron detenidamente los tipos más modernos de carriles empleados por las Compañías europeas y americanas, y como resultado de este estudio se adquirió el convencimiento de que las bases por todos conceptos más racionales para definir la forma de los carriles son las indicadas por los Ingenieros americanos; razón por la cual se sujetó en esencia á estas bases la determinación de la sección adoptada.

Dentro de las reglas americanas, la altura del carril y el ancho de su base deben ser iguales. En el tipo proyectado estas dos dimensiones no han podido hacerse exactamente iguales, pero difieren sólo en 4 mm. y su relación es de $\frac{126}{130} = 0,97$, la cual será igual á la unidad cuando la cabeza del carril se halle desgastada en aquéllos 4 milímetros.

El alma del carril, á la cual se ha dado un espesor de 15 milímetros, podría haber sido de 14 ó de 13 mm. sin inconveniente; pero se ha adoptado aquella dimensión para tener en cuenta los efectos de pérdida de materia por oxidación que son importantes en algunos puntos de la Red Catalana.

Longitud de los carriles.—La tendencia moderna de aumentar la longitud de los carriles hasta 15 y 18 metros es sin duda muy conveniente para lograr disminución en el número de juntas; pero hay que observar que para el uso de tales longitudes se hace necesario el empleo de material y útiles especiales, que en nuestras líneas vendrían á introducir bastante complicación. Por este motivo se ha reconocido la imposibilidad práctica de llegar á aquellas dimensiones, y á fin de adoptar un número redondo se ha conservado como definitiva la longitud normal de 12 metros.

Para los carriles cortos se ha fijado la longitud de 11m,90, aumentando con ello la de 11m,88 hasta aquí adoptada en la Red Antigua, por ser demasiado grande la diferencia de 0m,12 que resulta con el carril normal. La longitud de 11m,90 ofrece la facilidad de que la relación del número de carriles normales y cortos en una curva se halla dada con suficiente aproximación por la sencilla expresión de $\frac{R}{200}$, muy fácil de recordar.

Resistencia del carril.—La sección adoptada posee un momento de inercia igual á 1.145,3 cm³, y el módulo de inercia mínimo que corresponde á la fibra superior de la cabeza es de 167,2 cm⁴.

La máxima separación de las traviesas entre ejes será de 0m,84 según se indicará más adelante, y por lo tanto, si se aplica á este dato y al peso de 7 toneladas; máxima carga de una rueda, la fórmula de Winkler (1), tendremos para el momento máximo de flexión un valor de

$$M = 0,1888 P \times a = 1110 \text{ kg.} \times \text{m.}$$

De este momento se deduce para el trabajo ó fatiga del material

$$R = \frac{M}{p} = \frac{1110}{167,2} = 6,64 \text{ kg. por mm}^2,$$

inferior, como se ve, al límite de 10 kg. que se admite usualmente en el empleo de la fórmula de Winkler.

El estudio hecho para conocer la disminución de resistencia del carril por consecuencia del desgaste de su cabeza da á conocer que el indicado límite de 10 kg. por mm² será alcanzado próximamente cuando dicho desgaste llegue á ser igual á 15 milímetros.

(1) Esta conocida fórmula, que, como todas las de su mismo género, no tiene más alcance que el de dar una indicación de las condiciones de resistencia de los carriles, se halla deducida por su autor partiendo del supuesto de considerar el carril como una viga continua sostenida en un número indefinido de apoyos fijos, situados todos á un mismo nivel, y separados entre sí por distancias iguales.