

muy grande, hacer la vigilancia muy difícil y dificultar el empleo de aparatos mecánicos para la descarga. Si el espacio es reducido y el servicio concentrado, los wagones vacíos suceden sin interrupción á los wagones cargados; las máquinas no experimentan jamás intermitencia y el trabajo de las grúas no sufre ni un minuto de interrupción. Si, por el contrario, las vías de descarga están divididas por fracciones de gran longitud, de 150 y 200 metros, como sucede muchas veces, los wagones tienen que recorrer esta distancia ántes de llegar á la grúa, lo que hace que éstas funcionen con intermitencia, y entónces su trabajo resulta más costoso que el trabajo á mano.

(Se continuará.)

E. MARISTANY y GIBERT.

---

## LOS FERRO-CARRILES ECONÓMICOS EN 1885.

---

Láminas 20, 21, 22 y 23.

Los progresos realizados en la navegacion por vapor y la aplicacion del sistema Compound, que ha permitido ahorrar tiempo y dinero en los trasportes marítimos, han llamado la atencion de los Ingenieros que se ocupan del establecimiento de nuevos ferro-carriles, y las mejoras recientemente aplicadas á las locomotoras y al material móvil por M. A. Mallet y otros especialistas, constituyen ventajas notables, tanto para su establecimiento, como para su explotacion.

El arreglado precio de los carriles de acero, su gran resistencia y larga duracion, permiten construir las vías férreas en las mejores condiciones de baratura y solidez; y la aplicacion del sistema Compound de M. A. Mallet al mecanismo de las locomotoras, ha permitido obtener una economía en el combustible que pasa del 20 por 100 y aplicarles otra nueva mejora, perfeccionando aún su mecanismo, de tal manera, que se ha elevado su potencia de tracción y facilitado su paso por curvas de pequeño radio por medio de un bastidor articulado, que hace desaparecer los inconvenientes que presentaba el empleo de las locomotoras de más de seis ruedas acopladas.

Los que se ocupan del establecimiento de nuevas líneas férreas, pueden, pues, disponer hoy de un material fijo y móvil perfecto para la vía de un metro de ancho, límite mínimo, que permite una grande y económica potencia de traccion, que puede elevar la posibilidad del tráfico hasta un millon de toneladas al año entre viajeros y mercancías.

El mismo ancho de vía permite construir locomotoras-ténder-Compound, del mismo sistema de ocho ruedas motrices, con bastidor articulado del peso medio de 28 toneladas, ó sean 25 de peso neto y 31 en servicio,

con superficie total de calefaccion suficiente para que su potencia de traccion le permita arrastrar trenes del peso bruto de 148 toneladas, ó sean unas 110 de peso útil, sobre rampas de 20 milésimas en una vía establecida con carriles de acero de 20 kilos por metro lineal. De modo que el coste kilométrico de transporte de cada tonelada en rampas de 15 milésimas en las circunstancias ménos ventajosas de tráfico, no pasará de dos céntimos.

Con carriles de 25 kilos por metro lineal y locomotoras de la misma clase, de 36 toneladas de peso neto, se obtendrán aún mejores resultados, y por consiguiente, los ferro-carriles económicos pueden hoy establecerse en las mejores condiciones de solidez y potencia de traccion; lo que no era posible conseguir hace seis meses, cuando no había nacido aún el bastidor articulado de M. Mallet, que le ha permitido construir buenas y poderosas locomotoras para la vía de un metro, lo que constituye un resultado de la mayor importancia.

La navegacion por vapor va progresando; pero, como vemos, los constructores de ferro-carriles no cesan de introducir notables mejoras en su especialidad, y la prima pagada por el seguro marítimo les permite luchar en ciertas circunstancias con ventaja para el transporte de mercancías de algun valor, como los vinos, los aceites, la fruta, los metales, etc., etc., con la ayuda que les proporciona el transporte de los numerosos viajeros, que prefieren los ferro-carriles á la vía marítima.

No ha sido M. A. Mallet el primer iniciador del empleo de máquinas poderosas en las vías estrechas. La Compañía del ferro-carril de Festiniog y Mr. Fairlie luchan hace largo tiempo para probar que puede obtenerse una traccion económica en las indicadas vías; pero la máquina Fairlie es complicada y poco práctica, y basándose en ideas parecidas, debía intentarse construir una máquina práctica de mecanismo económico, como la del sistema Compound de M. Mallet, de ocho ruedas motrices para la vía de un metro y de gran potencia de traccion, para la cual los carriles de 20 kilos presentan la resistencia suficiente.

Para reducir los gastos de transporte sobre los ferro carriles, es indispensable reducir el peso muerto: es una trivialidad decirlo; pero mucho más difícil es hacerlo.

Para la locomotora en particular, mientras se tome la adherencia por base, será necesario un peso determinado de máquina para realizar un esfuerzo fijo de traccion; pero es evidente que todo cuanto sobre del mismo peso para la realizacion de dicho efecto es perjudicial, y puede admitirse en principio que la máquina debe ser, por decirlo así, de adherencia total.

El nacimiento de un motor económico, que aumenta de 15 á 20 por 100 el efecto útil del vapor, deja atrás la influencia de la produccion del vapor como limite de potencia.

Tratándose del establecimiento de una vía económica, no puede cargarse cada eje de una manera exagerada, y si deben trasportarse productos de cierta importancia en inclinaciones bastante fuertes, lo cual es una necesidad de la construcción económica, se llega forzosamente á tener que emplear varios ejes acoplados, tres cuando ménos, y algunas veces cuatro.

Para fijar las ideas, supongamos que se quiera remolcar detrás de la máquina 100 toneladas de tren sobre un perfil cuya inclinación máxima sea de 25 milésimas. Se supondrá la adherencia igual á 0,14 del peso, y la resistencia en horizontal á 3 kilos por tonelada. El esfuerzo de tracción siendo  $x$  el peso de la máquina, será  $= 140 x = (100 + x) (25 + 3)$  ó bien:

$$140 x = 2.800 + 28 x, \text{ y } (140 - 28) x = 2.800,$$

lo que equivale á

$$x = \frac{2.800}{140 - 28} = 25 \text{ toneladas.}$$

El esfuerzo de tracción es, pues,  $140 x = 3.500$  kilos, lo que es exactamente el esfuerzo necesario para arrastrar 125 toneladas con una resistencia de 28 kilos por tonelada, pues  $125 \times 28 = 3.500$ .

Si la carga por eje no debe pasar de 8 toneladas poco más ó ménos, tres ejes acoplados serán los necesarios. Pero con la vía estrecha, la caldera no puede quedar á una altura demasiado elevada sobre los carriles, y como no se empleen ruedas muy pequeñas, se hace difícil colocar el hogar encima del eje trasero; además, si existen curvas de pequeño radio, que es otra de las condiciones exigidas para la construcción económica, las ruedas deberán aproximarse demasiado, de manera que, en semejante caso, se llegaría fatalmente á tener un hogar colgado, condición bastante fastidiosa para que, tanto para evitar este inconveniente como para aliviar un poco las ruedas motrices del peso de una caldera poderosa, se prefiera generalmente sacrificar la base de la total adherencia, para colocar por bajo del hogar un eje portador cargado de 4 á 5 toneladas que pueda ceder, siendo este tipo muy comun hoy en las líneas de vía estrecha.

Pero por más aproximados que queden los ejes acoplados, quedan aún para la máquina de Córcega, distantes de 2<sup>ms</sup>.170 para ruedas de 1 metro, cargadas con 8 toneladas por eje; y de ahí nace cierta dificultad para el paso en las curvas, si éstas, en lugar de limitarse á 100 metros de radio, descienden á 75 y 60, lo que es necesario si se quieren aprovechar realmente las ventajas de la vía estrecha.

El peso adherente de una máquina que circula sobre una vía estrecha bien construida con carriles de 20 kilos por metro lineal, no podrá pasar de 24 toneladas ( $3 \times 8$ ) como no tenga cuatro ejes acoplados, y entónces

su marcha se hará muy penosa en las curvas, la distancia entre los ejes extremos no pudiendo ser menor de 3<sup>ms</sup>.200 para ruedas de 1 metro.

Es fácil demostrar por un cálculo semejante al que daremos más adelante, que una máquina de 8 ruedas acopladas de 30 toneladas, presentando una resistencia de 24 kilos por tonelada, haría la tracción un 27 por 100 más costosa que la máquina articulada de 8 ruedas motrices que propone M. Mallet.

Si se tienen, pues, á la vez cargas importantes, rampas algo fuertes y curvas de pequeño radio, débese necesariamente llegar al tipo propuesto poco tiempo después del nacimiento de los ferro-carriles, reproducido cuando el concurso del Sommaring, y propuesto de nuevo hace algunos años por MM Meyer de una parte, y Fairlie por otra. Este último lo ha aplicado en muchas circunstancias.

Digamos de paso que la solución aceptada por algunos Ingenieros de la doble tracción es generalmente inadmisibile; exige doble personal, y se sabe que dos máquinas juntas no pueden arrastrar lo que cada una puede remolcar aisladamente; gastan además mucho más para encenderlas y en las paradas, no ofreciendo, por lo tanto, un empleo económico de la potencia.

La solución debe consistir, pues, en una modificación bastante radical de las máquinas Fairlie, basada en la simplificación de la máquina y en la supresión de una de las calderas, así como de la articulación de uno de los trucks, y en hacer práctica la tubería articulada, tanto por medio de disposiciones más sencillas, como por la reducción de la presión que existe en su interior, porque la aplicación á este tipo perfeccionado del mecanismo económico, basado sobre el empleo del sistema Compound, es precisamente lo que constituye el carácter esencial del sistema propuesto por M. Mallet.

Para poner en evidencia las ventajas económicas de este tipo sobre la máquina más poderosa del tipo ordinario para la vía de un metro, la máquina de los ferro-carriles de Córcega, que fué estudiada con el mayor esmero, por una comisión constituida por el Ministro de Obras públicas de Francia, damos los datos siguientes:

*Nueva máquina del sistema Mallet.*—Peso medio en servicio, 30.000 kilos, permitiendo un esfuerzo de tracción de  $30.000 \times 0,14 = 4.200$  kilos; resistencia 12 kilos por tonelada: esta máquina, siendo considerada como máquina de dos ejes acoplados, el total de la resistencia será de 360 kilos, y su esfuerzo neto  $4.200 - 360 = 3.840$  kilos, los cuales exigen un esfuerzo total de 4.200, ó sean

$$\frac{4.200}{3.840} = 1,1093 \text{ kilogs.}$$

*Máquina de Córcega.*—Peso medio en servicio 26.000 kilos, de los cuales 4.500 pesan sobre el eje portador trasero, quedando, pues, 21.500 kilos sobre las ruedas motrices; su esfuerzo bruto de traccion siendo  $21.500 \times 0,14$  ó sean 3.010; su resistencia 18 kilos por tonelada para tres ejes acoplados (y más en curvas de pequeño rádio); resistencia de los ejes acoplados  $21.500 \times 18 = 387$ , más la resistencia del eje portador,  $4.5 \times 4$  kilos = 18; total 405 kilos: quedan  $3.010 - 405 = 2.605$  por un esfuerzo bruto de 3.010; pero si se tiene en cuenta que el mecanismo Compound asegura una economía que sólo estimaremos á 15 por 100, se multiplicarán 3.010 por 1.15 y se obtendrán 3.461 en lugar de 2.605, ó sea 1.328 por 1 en lugar de 1.093 por 1; diferencia 18 por 100. Puede decirse, pues, que la nueva máquina del sistema Mallet dará 18 por 100 de economía sobre el coste de la traccion.

La máquina de Córcega, poseyendo un esfuerzo neto de 2.605, y la máquina nueva 3.840, la relacion entre una y otra es de 1.474; de modo que se necesitarán 1.474 máquinas del primer tipo para dar el mismo resultado que 1.000 del tipo nuevo. Estas máquinas, que tienen un peso neto de 21.700 kilos, costarán  $21.700 \times p$  ( $p$  siendo el precio del kilo). Las nuevas costarán  $25.000 p$ ,  $p$  siendo igual en los dos casos; se tendrán, pues, por términos de comparacion,  $1.474 \times 21.700$  y  $1.000 \times 25.000 = 32$  y 35, lo que equivale á 128 y 100.

Comparando las dos máquinas y su coste de traccion en las proporciones de los varios elementos relacionados con la explotacion de un ferrocarril con vía de un metro, tendremos

|                                                        | Nueva máquina<br>(sistema Mallet). | Máquina de Córcega.         |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Peso medio en servicio. . . . .                        | 30.000 kilos.                      | 26.000 kilos.               |
| Esfuerzo de traccion al 0,14 de adherencia. . . . .    | 4.200                              | 3.010                       |
| Resistencia total de la máquina á la traccion. . . . . | 360                                | 405                         |
| Esfuerzo neto de traccion. . . . .                     | 3.840                              | 2.605                       |
| <i>Gastos de traccion.</i>                             |                                    |                             |
| Gasto de combustible, pesetas. . . . .                 | 0,35 cénts.                        | $0,35 \times 1,22 = 0,4270$ |
| Personal (maquinista y fogonero). . . . .              | 0,20                               | $0,20 \times 1,41 = 0,2950$ |
| Reparaciones de las máquinas. . . . .                  | 0,20                               | $0,20 \times 1,10 = 0,2200$ |
| Agua, reparaciones de wagones, etc., etc. . . . .      | 0,25                               | 0,2500                      |
| TOTALES, pesetas. . . . .                              | 1,00                               | 1,1920                      |

El empleo de la nueva máquina dá, pues, 19 por 100 de economía.

Hemos reducido la economía sobre los gastos de reparacion á 10 por 100 para tener en cuenta un ligero exceso para el engrasado, que tal vez necesitará esta nueva máquina; sin esta consideracion no hubiéramos tubestado en elevar el aumento para la máquina de Córcega á 15 por 100 por los gastos de reparacion en la hipótesis de las curvas de radio pequeño.

Para 100.000 kilómetros de recorrido anual costando unas 65.000 pesetas, poco más ó menos de gastos de traccion, la economía sería de 12.350 pesetas, debiendo añadirse la reduccion del interés y amortizacion al 8 por 100 sobre cuatro máquinas; costando  $25.000 \times 1$ . Pesetas  $60 = 40.000 \times 4 = 160.000$  pesetas, ó sean 12.800 en cada año, en lugar de  $4 \times 1.474 = 5.896$ , ó sean 6.000, poco más ó menos, 6 máquinas á  $21.700 \times 1,60 = 34.700$  ó sean 208.200 pesetas, que al 8 por 100  $= 16.656$ ; diferencia 3.856, ó sean en totalidad  $12.350 + 3.856 = 16.200$  pesetas. Con 80 toneladas de peso útil por tren, equivale la economía á 0,02 pesetas por tonelada kilométrica, suponiendo dicha carga en las dos direcciones.

Sentados estos precedentes, hora es ya de que nos ocupemos de la descripcion de la locomotora del sistema Mallet.

Esta nueva clase de máquina tiene por particularidad esencial el empleo de dos grupos motores, de dos ejes cada uno, con mecanismo completo; uno de dichos grupos, el trasero, lleva la caldera y los depósitos de agua cuando así conviene; el grupo delantero está unido al otro por una articulacion, dispuesta de una manera especial, que le permite á la vez sostener una parte del peso de la máquina y tomar las oblicuidades necesarias, semejantemente á lo que pasa con el juego delantero sistema Bissel. Para mayor facilidad en la colocacion del hogar, se han empleado para la vía de un metro largueros exteriores á las ruedas en el truck trasero; pero esta disposicion no es necesaria con la vía española de ancho normal, y para ésta los dos trucks serán iguales, á excepcion de los cilindros, émbolos y cajones, para los cuales hay dos modelos. El truck trasero tiene pequeños cilindros de alta presion y el delantero grandes cilindros de mediana presion.

Se ha tratado de obtener así una máquina económica, poderosa y flexible.

Para conseguirlo debía hacerse una máquina Compound, y para una máquina poderosa la dificultad nacida del diámetro que debía darse al cilindro mayor hacia necesaria la adopcion de cuatro cilindros, debiendo, naturalmente, entónces dividirse el mecanismo en dos grupos motores y dar á estos grupos la facultad de perder su paralelismo por la articulacion del bastidor.

La máquina posee la potencia de las de cuatro ejes acoplados, pero

tiene sobre ellas ciertas ventajas: 1.ª La del modo de funcionar económico, que se traduce no sólo por una reduccion del gasto de combustible y del agua, si que tambien además por las menores dimensiones y peso de la caldera, que entónces es de más fácil colocacion. 2.ª Menores resistencias; tanto en el modo de funcionar de los mecanismos como en el paso de las curvas, á potencia igual, el trabajo útil resultará notablemente superior. La máquina, que posee las ventajas de las máquinas articuladas de Meyer y Fairlie, tiene tambien otras de gran importancia:

1.º Un modo de funcionar económico, cuyas ventajas han sido ya indicadas.

2.º. Gran sencillez en la construccion, como que no requiere más que una sola articulacion y una tubería flexible, única.

3.º Esta tubería presenta, gracias al emp'ec del mecanismo Compound, la gran ventaja de contener el vapor de alta presion en la parte de la tubería que queda fija, y el vapor de poca ó ninguna presion en la parte flexible.

La máquina posee un aparato de seguridad que, en el caso de avería en la tubería ó en el mecanismo de uno de los grupos, permite operar inmediatamente con el otro grupo solo. El mismo aparato sirve para asegurar el arranque fácil y rápido del tren; además, como el coeficiente de adherencia adoptado no es elevado, puede obtenerse un esfuerzo momentáneo, que excede de más del 20 por 100 al máximo indicado, lo que puede ser muy útil en ciertos casos especiales.

Los cuatro mecanismos siendo semejantes, á excepcion de algunas piezas, el número de las que necesitan renovarse queda reducido al minimum y los gastos de conservacion no resultan excesivos.

Creemos, pues, puede decirse que el empleo del mecanismo Compound y de los grupos motores independientes y divergentes se justifican suficientemente y se relacionan entre sí de la manera más lógica. Es lo que M. Mallet había recomendado ya en 1877, ántes de que se tratase de las máquinas de M. Webb, que sólo en casos especiales constituyen una solucion parcial del problema planteado.

Falta, para terminar, que consignemos los datos numéricos más importantes, relativos á la construccion de las máquinas del sistema Mallet, que condensamos en el siguiente cuadro, tanto para las que se destinan al tráfico en la vía de ancho normal española, como para las que hayan de prestar servicio en los ferro-carriles económicos de vía de un metro.

*Locomotoras Compound de dos trucks, motores y bastidor articulado  
(sistema Mallet).*

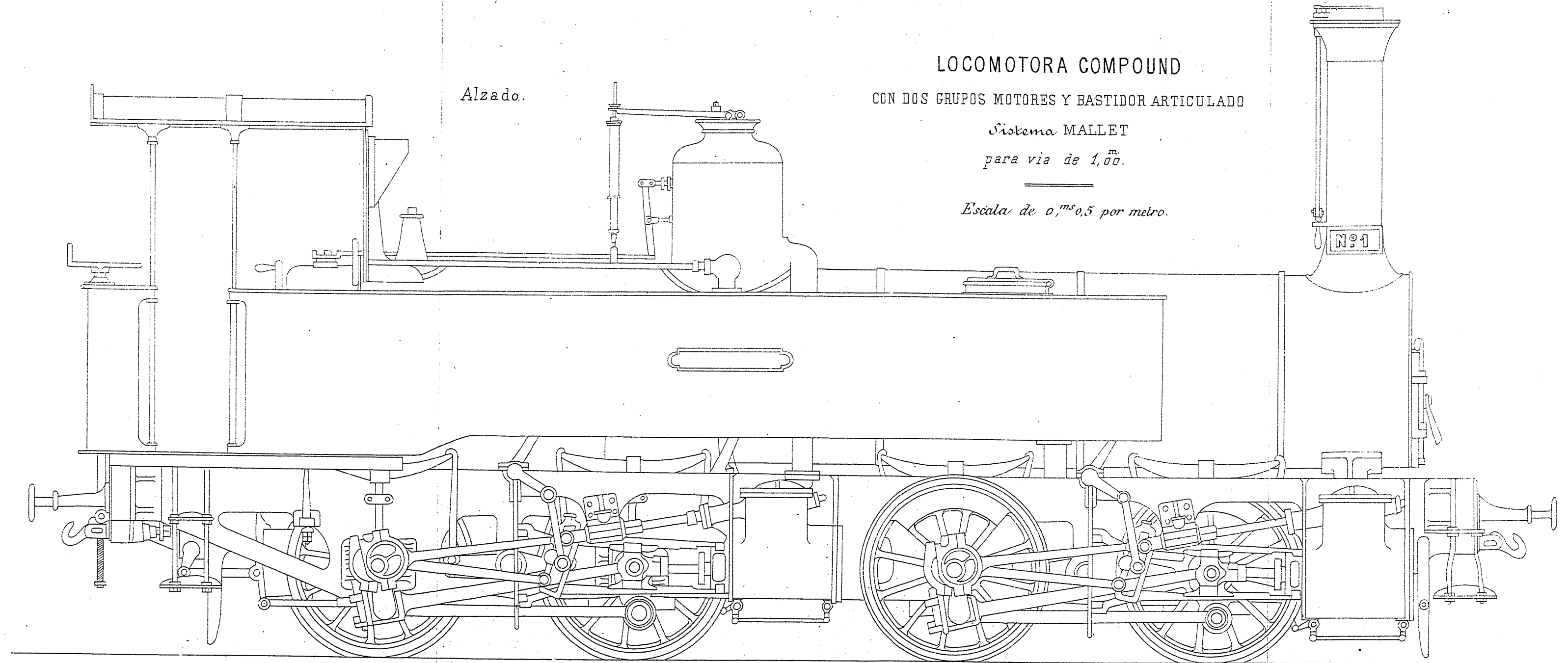
|                                                                                                                                                                 | Vía española.                                                                                                   | Vía de un metro.                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Superficie del hogar. . . . .                                                                                                                                   | 2, m <sup>2</sup> 16                                                                                            | 1, m <sup>2</sup> 17                           |
| Id. de calefaccion directa. . . . .                                                                                                                             | 8,80                                                                                                            | 5,50                                           |
| Idem id. tubular. . . . .                                                                                                                                       | 146                                                                                                             | 65                                             |
| Idem id. total. . . . .                                                                                                                                         | 154,80                                                                                                          | 70,50                                          |
| Número de tubos. . . . .                                                                                                                                        | 190                                                                                                             | 125                                            |
| Diámetro medio de los tubos. . . . .                                                                                                                            | 48 m/m                                                                                                          | 43 m/m                                         |
| Longitud entre las placas tubulares. . . . .                                                                                                                    | 5.100                                                                                                           | 3.750                                          |
| Diámetro medio del cuerpo cilíndrico. . . . .                                                                                                                   | 1.400                                                                                                           | 1.020                                          |
| Altura del eje sobre el carril. . . . .                                                                                                                         | 2.000                                                                                                           | 1.600                                          |
| Volúmen del agua en la caldera. . . . .                                                                                                                         | 4.000                                                                                                           | 2.200                                          |
| Presion efectiva del vapor (timbre de la caldera). . . . .                                                                                                      | 10 kilos.                                                                                                       | 10 kilos.                                      |
| Diámetro de los cilindros. . . . .                                                                                                                              | 0,520 y 0,360                                                                                                   | 0,420 y 0,280                                  |
| Recorrido de los émbolos. . . . .                                                                                                                               | 0,650                                                                                                           | 0,500                                          |
| Diámetro de las ruedas. . . . .                                                                                                                                 | 1.200                                                                                                           | 1.000                                          |
| Distancia entre los ejes de cada truck motor. . . . .                                                                                                           | 1.800                                                                                                           | 1.400                                          |
| Idem id. extremos id. . . . .                                                                                                                                   | 5.880                                                                                                           | 4.600                                          |
| Longitud entre los topes. . . . .                                                                                                                               | 10.500                                                                                                          | 8.450                                          |
| Anchura máxima. . . . .                                                                                                                                         | 3.000                                                                                                           | 2.500                                          |
| Capacidad de los depósitos de agua. . . . .                                                                                                                     | 7.500                                                                                                           | 3.200 á 4.000                                  |
| Peso neto de las máquinas . . . . .                                                                                                                             | 41.000                                                                                                          | 25.000                                         |
| Peso mínimo en servicio. . . . .                                                                                                                                | 46.000                                                                                                          | 27.500                                         |
| Idem máximo id. . . . .                                                                                                                                         | 56.000                                                                                                          | 33.000                                         |
| Esfuerzo máximo de traccion con el mecanismo Compound (1). . . . .                                                                                              | 7.000                                                                                                           | 4.100                                          |
| Relacion entre este esfuerzo y el peso mínimo. . . . .                                                                                                          | $\frac{1}{66}$                                                                                                  | $\frac{1}{67}$                                 |
| Velocidad á la cual puede ejercerse de un modo permanente el esfuerzo máximo. . . . .<br>(La velocidad en condiciones normales puede duplicarse con facilidad.) | 20 kilómetros.                                                                                                  | 18 kilómetros.                                 |
| Potencia de las máquinas y peso de tren que pueden arrastrar sobre rampas de. . . . .                                                                           | 15 m/m. . . . . 330 toneladas.<br>20 m/m. . . . . 250 id.<br>25 m/m. . . . . 195 id.<br>30 m/m. . . . . 155 id. | 195 toneladas.<br>148 id.<br>115 id.<br>94 id. |

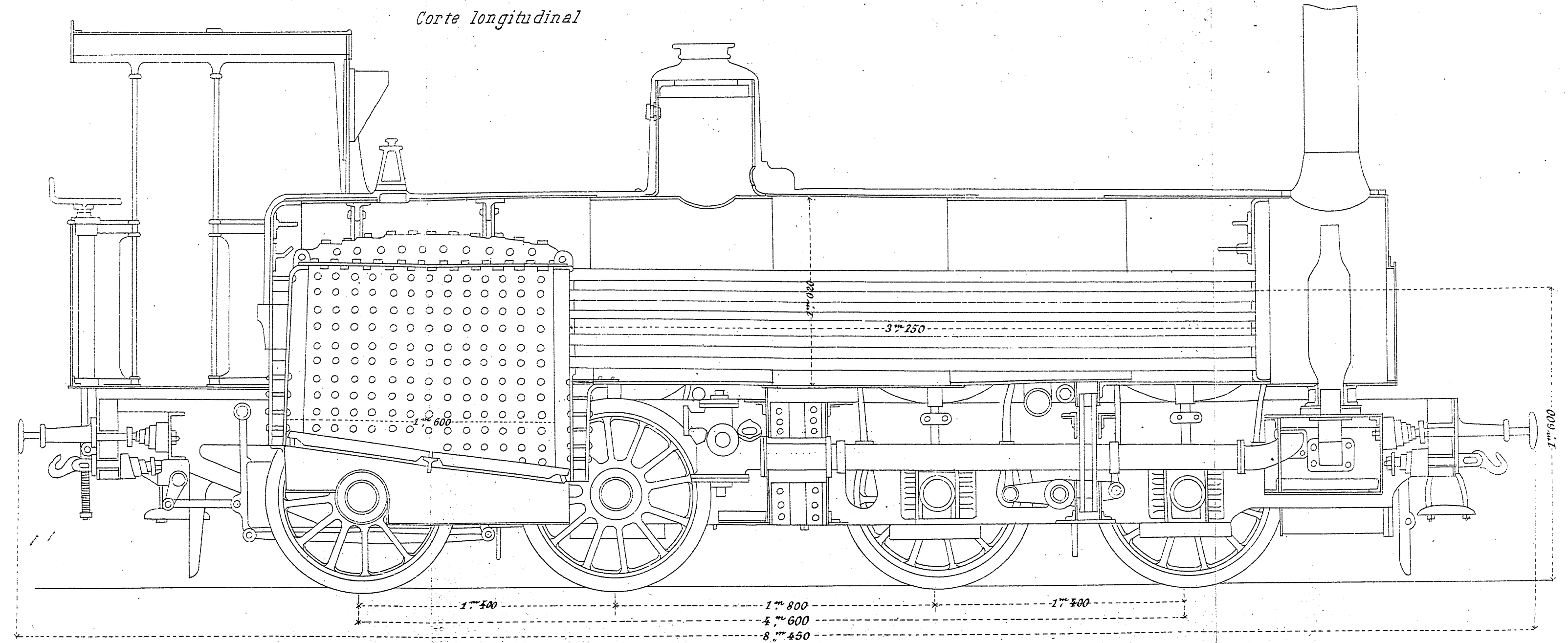
Madrid 3 de Julio de 1885.

EDUARDO CARLIER.

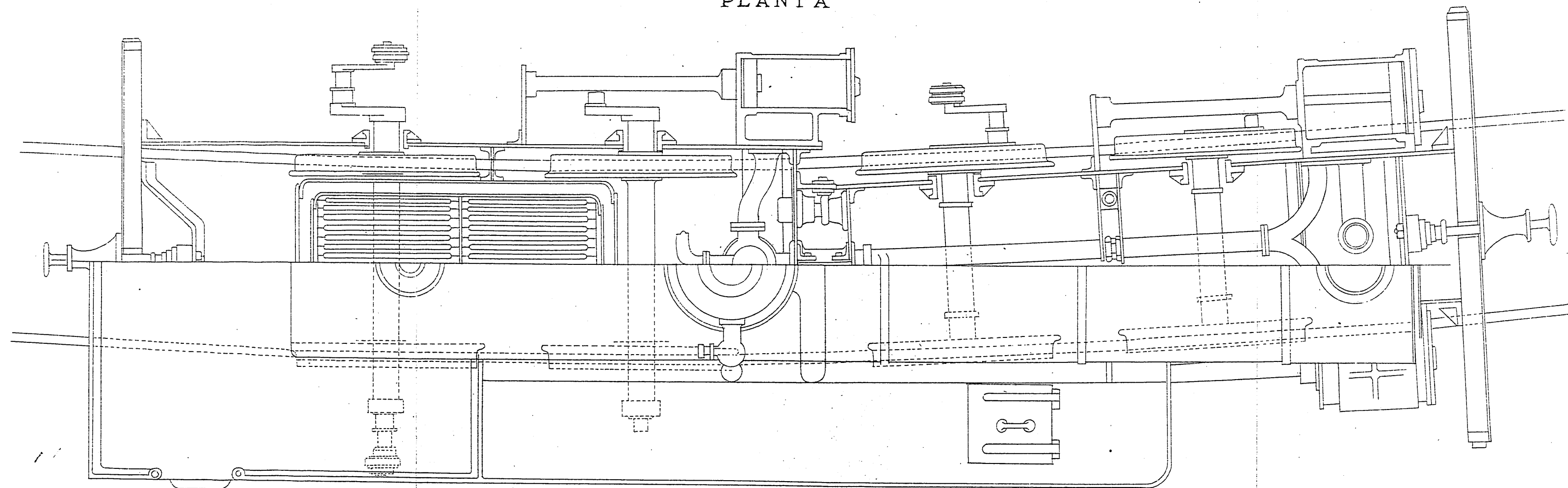
(1) Puede ejercer un esfuerzo de traccion de más de 20 por 400 á estas cifras y un tiempo variable, segun la velocidad. Para la máquina más poderosa se necesitan carriles de 35 kilos por metro lineal; para la otra bastan los de 20 kilos.



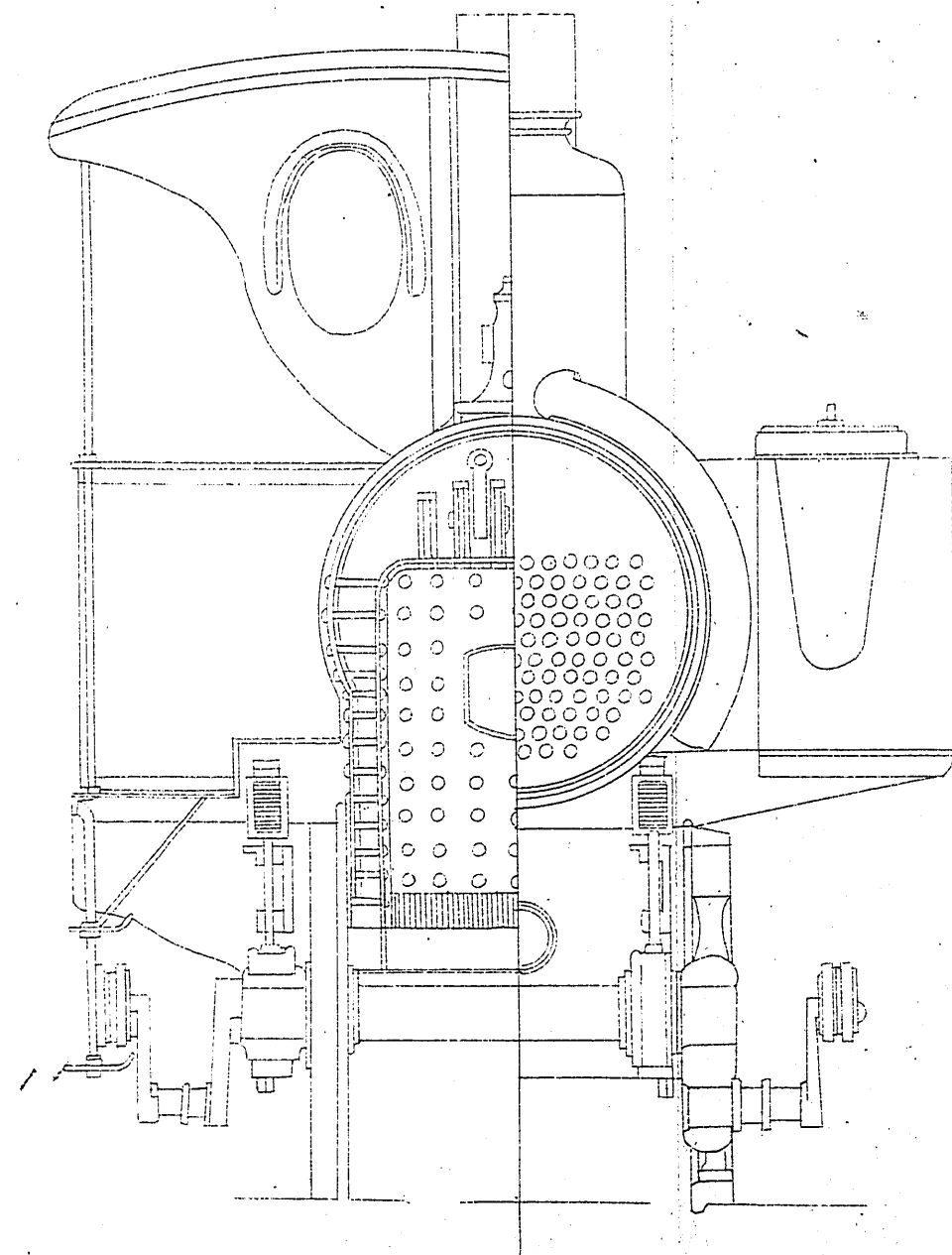




## PLANTA



Escala de 0,05<sup>ms</sup> por metro.



SECCIONES

TRASVERSALES

