

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 cm<sup>3</sup>, y el módulo de inercia mínimo que corresponde á la fibra superior de la cabeza es de 167,2 cm<sup>4</sup>.

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 mm<sup>2</sup> 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.

*Junta.*—Ha sido también objeto de especial y detenida atención el estudio de los numerosos y variados sistemas de junta que se emplean en las Compañías extranjeras con el fin de buscar remedio á los reconocidos inconvenientes de esta parte de las vías; pero como quiera que ninguno de aquellos sistemas ha recibido realmente de un modo indudable la sanción de la experiencia, se ha mantenido el sistema de junta al aire.

Con el objeto de aumentar en todo lo posible las condiciones de resistencia de la junta, se ha procurado primeramente reducir á un mínimo prácticamente aceptable la separación de las traviesas de contrajunta. En el sistema actual de vía con carriles de 32,5 kilogramos por metro lineal se tiene adoptada una separación de 0<sup>m</sup>,600 entre los ejes de aquellas traviesas, la cual puede disminuirse sin dificultad. La Compañía del Este de Francia ha llegado á adoptar para dicha separación la dimensión de 0<sup>m</sup>,390, recurriendo para ello á clafianar las aristas de las traviesas (sistema Muntz); pero esta disposición no está exenta de inconvenientes, por no ser posible batear bien las traviesas.

Á fin de determinar con pleno conocimiento práctico el límite de aproximación de las traviesas, se ejecutaron en 1897 varios ensayos por el personal de obreros de la línea de Alicante, y de aquéllos vino á deducirse que no se puede batear en condiciones de alcanzar completa estabilidad de las traviesas si las separaciones son menores que la de 0<sup>m</sup>,500 entre sus ejes. Esta ha sido en definitiva la separación adoptada, coincidiendo sensiblemente con la que emplea el Norte de Francia, que es de 0<sup>m</sup>,480. Con traviesas de 0<sup>m</sup>,240 de ancho queda así una separación de 0<sup>m</sup>,260, según puede verse en el dibujo del conjunto de la junta. (Hoja 1.<sup>a</sup>)

Para la disposición de los detalles se han estudiado detenidamente los dos mejores tipos que existen en Francia, que son las juntas empleadas por las Compañías del Norte y de P. L. M. Las bridas de esta última Compañía tienen un ala horizontal prolongada que es atravesada por los tirafondos, disposición que, aunque proporciona gran resistencia para la sujeción de la brida, presenta en cambio el inconveniente de que existe cierto antagonismo entre los esfuerzos de sujeción producidos por los tirafondos y los que originan los tornillos sobre la parte vertical de la brida. Por esta razón se ha adoptado para las bridas una forma de sección análoga á las que tienen las del carril de 32,5 kilogramos, fuertemente reforzadas, pero conservando la misma disposición de los tirafondos de aquella vía, ó sea de modo que las cabezas de éstos actúen directamente sobre el carril.

El ala horizontal de las bridas termina en el plano diametral de las cabezas de los tirafondos, con objeto de que las muescas que hay que practicar en dicha ala tengan precisamente la forma de un semicírculo, evitando así formas de más difícil ejecución. La retención obtenida por el enlace de estas muescas con las cabezas cilíndricas de los tirafondos quedará asegurada en seis puntos, ó sean tres por traviesa; no habiendo juzgado conveniente aumentar el número de tirafondos de cada traviesa, con el fin de no debilitar las fibras de la madera más que lo estrictamente necesario.

Esta disposición de seis tirafondos será suficiente en la práctica para realizar la retención de los carriles, y así lo permite afirmar la experiencia obtenida en el uso de dicha vía. Si en algún caso excepcional de pendientes muy fuertes ú otras circunstancias excepcionales se hiciera necesario acudir á procedimientos más eficaces de retención, como los empleados por la Compañía de P. L. M., se podrán emplear estos procedimientos, adaptándolos en particular á los casos de que se trate.

Se ha conservado también para la junta el número de seis tornillos, y á fin de que puedan colocarse los tirafondos sin obstáculos, los dos tornillos extremos quedan situados por fuera de dichos tirafondos; disposición que contribuirá á aumentar las condiciones de resistencia y solidez de la junta. Con este mismo objeto, así como para obtener más favorable repartición de los esfuerzos que actúan sobre la madera, se colocarán siempre placas de asiento en las traviesas de contrajuntura.

*Bridas.*—Los detalles de la forma y sección de las bridas se

hallan consignados en la hoja 3.<sup>a</sup> de los dibujos. La disposición adoptada para los tornillos evita el empleo de rebordes para impedir su giro y permite así el empleo de bridas completamente iguales al exterior y al interior del carril, consiguiéndose con ello la evidente ventaja de no tener más que un solo tipo de bridas.

Los datos relativos á estas bridas se encuentran también indicados en la expresada hoja 3.<sup>a</sup>, por lo cual se consignará aquí solamente que el peso de cada una de dichas piezas es de 14,50 kilogramos y que su longitud mide 0<sup>m</sup>,800, ó sea 0<sup>m</sup>,080 más que las empleadas actualmente en el sistema de carril de 32,5 kilogramos, las cuales son de 0<sup>m</sup>,720.

*Tornillos de brida.*—La disposición y dimensiones de estas piezas se encuentran detalladas en la hoja 4.<sup>a</sup>; habiendo servido de modelo para ellas el tipo adoptado con excelente éxito por las Compañías de P. L. M. y del Norte de España, el cual proporciona, según ya queda dicho, la ventaja de evitar diferencias entre las bridas exteriores é interiores.

*Placas de asiento.*—Las dimensiones de estas piezas han sido determinadas con sujeción á lo conveniente para su colocación en las traviesas de contrajunta; y como no hubiera podido existir diferencia notable para otro tipo que fuera empleado sobre las traviesas intermedias, se ha adoptado el representado por la hoja 5.<sup>a</sup> como uniforme para todos los casos.

La repartición de las placas en las traviesas intermedias varía con el valor de los radios de curvas y se encuentra indicada al final de la hoja 1.<sup>a</sup>

*Tirafondos.*—El nuevo tirafondo (hoja 6.<sup>a</sup>) es completamente análogo en su disposición al que se halla en uso para la vía con carril de 32,5 kilogramos, con la diferencia de haberse aumentado y reforzado sus dimensiones, elevándose en consecuencia el peso de 0,440 kilogramos á 0,590 kilogramos.

La forma del tornillo se ha conservado también igual á la de dicho tirafondo actual empleado para la vía con carril de 32,5 kilogramos, que se ajusta á las lógicas reglas indicadas por el Ingeniero belga Flamache.

*Asiento de la vía.*—*Distribución de traviesas.*—Para obtener las mejores condiciones deseables en la estabilidad y solidez del nuevo sistema de vía, se ha previsto la colocación de 16 traviesas por pareja de carriles; y siguiendo el racional criterio que hoy se adopta, se han distribuido las traviesas próximas á la junta con separaciones progresivamente decrecientes desde la parte central de los carriles hacia la junta. Se ha preferido así buscar el modo de aumentar las condiciones de resistencia en la proximidad de las juntas, aunque con ello resulten más espaciadas las traviesas centrales, para las cuales se ha fijado una separación de 0<sup>m</sup>,84. El cálculo del trabajo del material que resulta para esta separación ha hecho ver que las condiciones de resistencia del carril son ampliamente suficientes para aquella separación.

*Distribución de las placas de asiento.*—Considerando de conveniencia mantener la costumbre generalmente seguida para aumentar la resistencia de la vía en las curvas, se ha marcado en el último cuadro de la hoja 1.<sup>a</sup> el número y distribución de las placas que deberán emplearse en cada caso, con arreglo á los radios que posean las curvas.

## OPINIONES ACERCA DEL ANCHO DE VÍA NORMAL

DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES

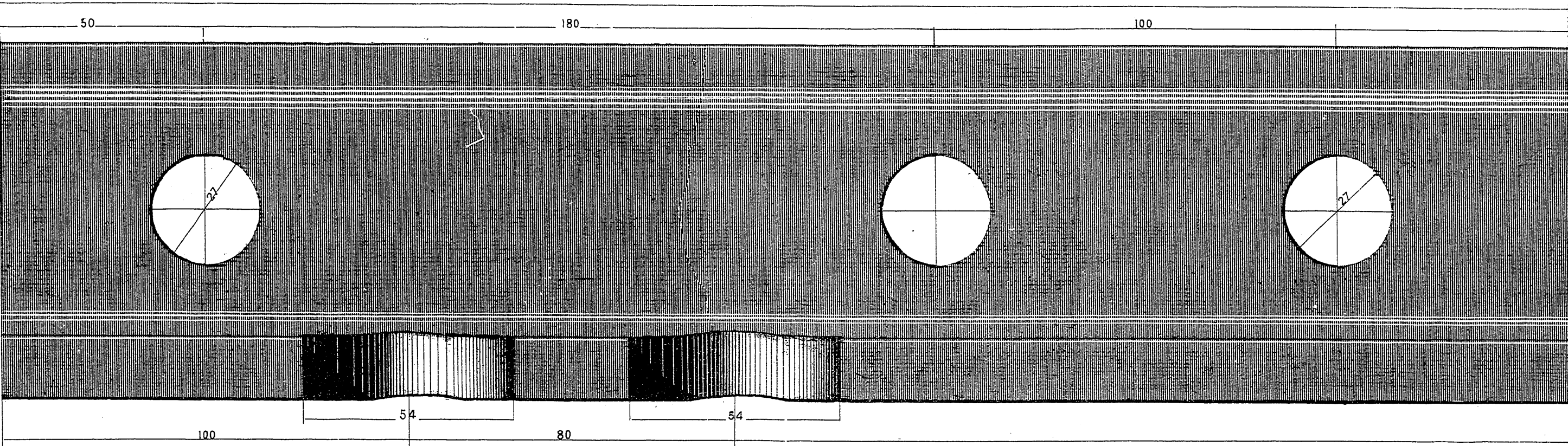
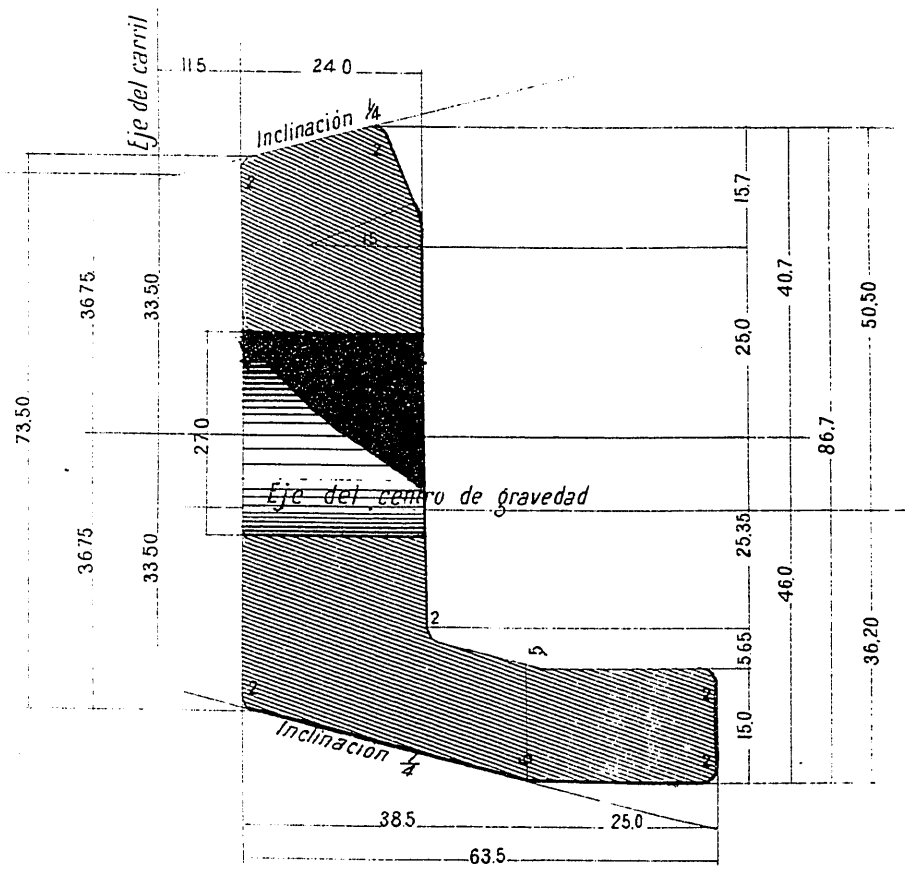
POR

D. PEDRO GARCÍA FARIA

Ingeniero de Caminos, afecto á la Comisión de ferrocarriles transpirenaicos.

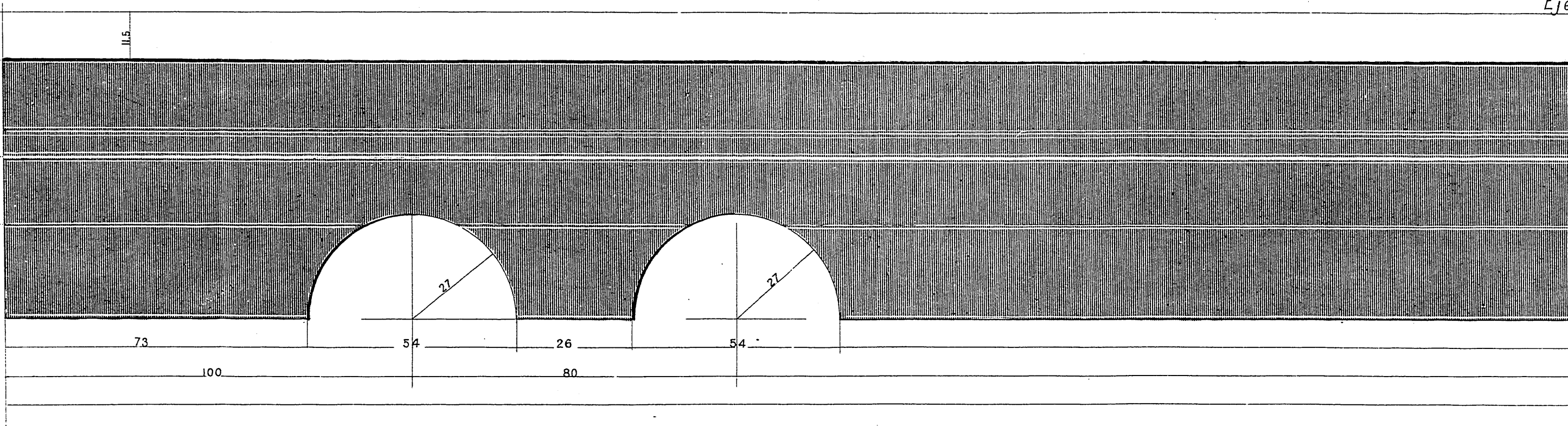
Son múltiples y de gran transcendencia las cuestiones relacionadas con la fijación de la cifra ó medida de la amplitud de

SECCIÓN



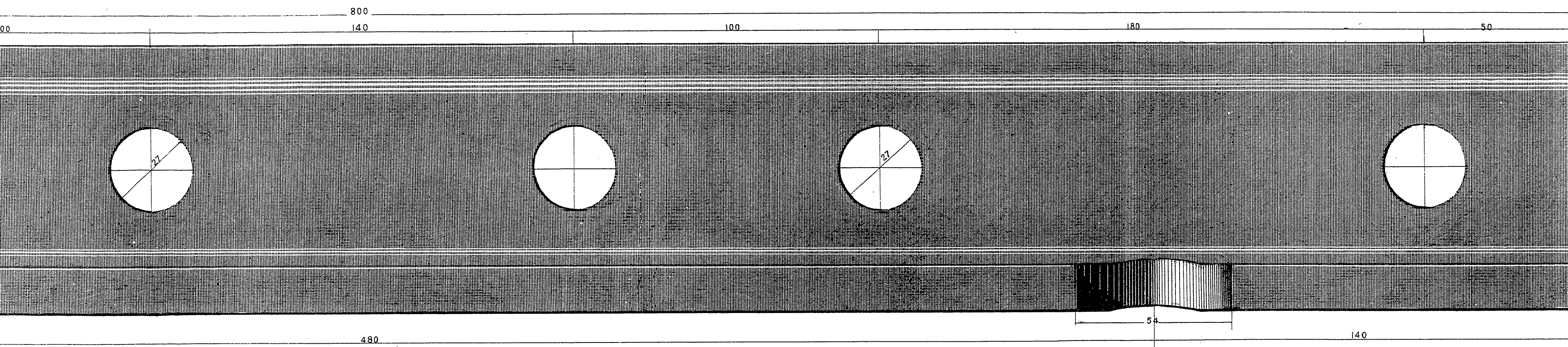
|                             |                                                   |
|-----------------------------|---------------------------------------------------|
| Area de la sección          | 2477.10 (m <sup>2</sup> )                         |
| Longitud                    | 0.80 (m)                                          |
| Peso (descontando taladros) | 14.35 (Kgs)                                       |
| Momento de inercia          | I 154.88 (cm <sup>4</sup> )                       |
| Módulo de inercia mínimo    | $\mu$ I 154.88 30.66 (cm <sup>3</sup> )<br>V 50.5 |

Nota Las bridas exteriores é interiores son iguales



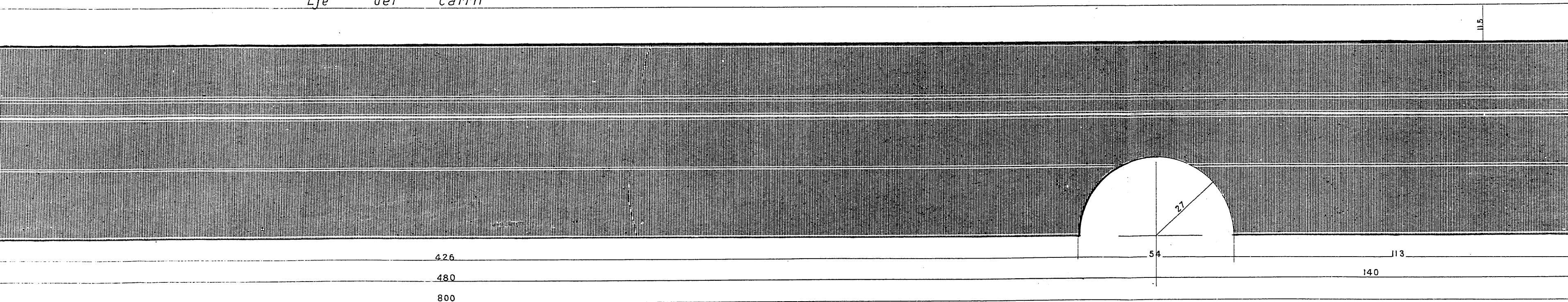
Tamaño natural

PROYECCIÓN VERTICAL



PROYECCIÓN HORIZONTAL

Eje del carril

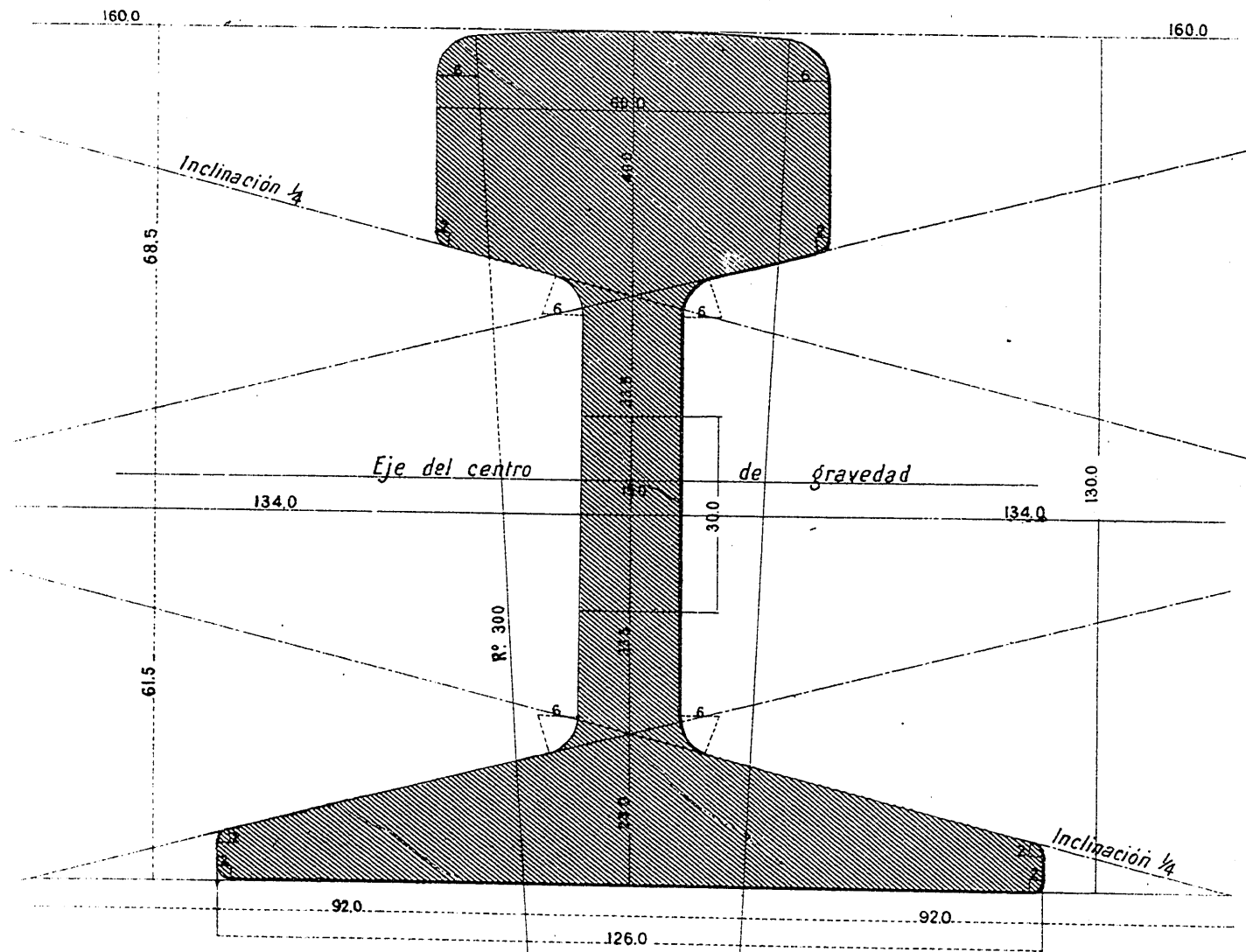


# CARRIL DE 40<sup>Kg<sup>s</sup></sup> POR METRO LINEAL (Acero)

Tamaño natural

COMPañIA DE LOS FERROCARRILES DE MADRID

SECCIÓN



Area 0,00508566

Densidad media x7,87

Peso por metro lineal 40<sup>Kg<sup>s</sup></sup>,024

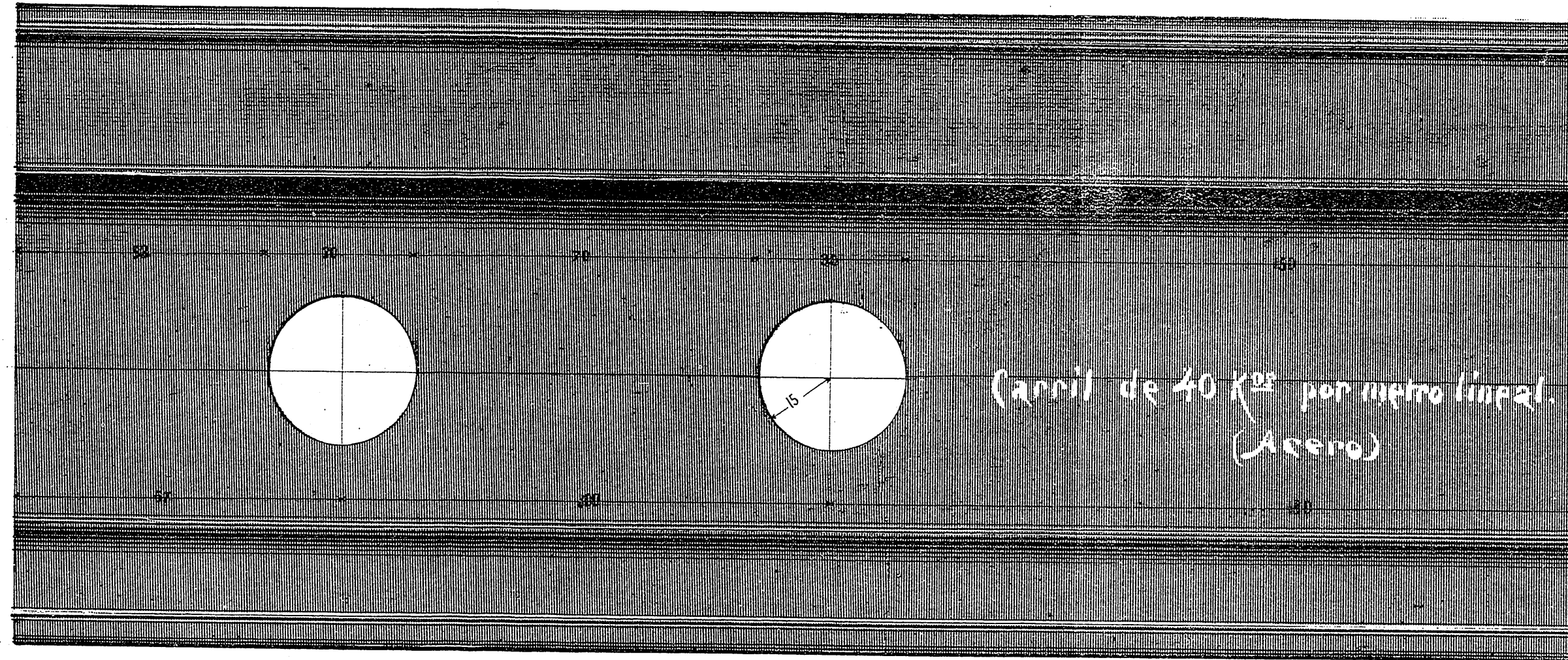
Momento de inercia I = 1145.9 (cm<sup>4</sup>)

Módulo de inercia mínimo  $\mu = \frac{I}{V} = \frac{11459}{68,5} = 1672 \text{ (cm}^3\text{)}$

|                      |                     |                   |                     |
|----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| Longitudes normales  | 12 <sup>m</sup> ,00 | peso de un carril | 480 Kg <sup>s</sup> |
|                      | 11,90               | id id             | 476 „               |
| Longitudes reducidas | 6,00                | id id             | 240 „               |
|                      | 5,95                | id id             | 238 „               |

Las dos extremidades del carril son iguales

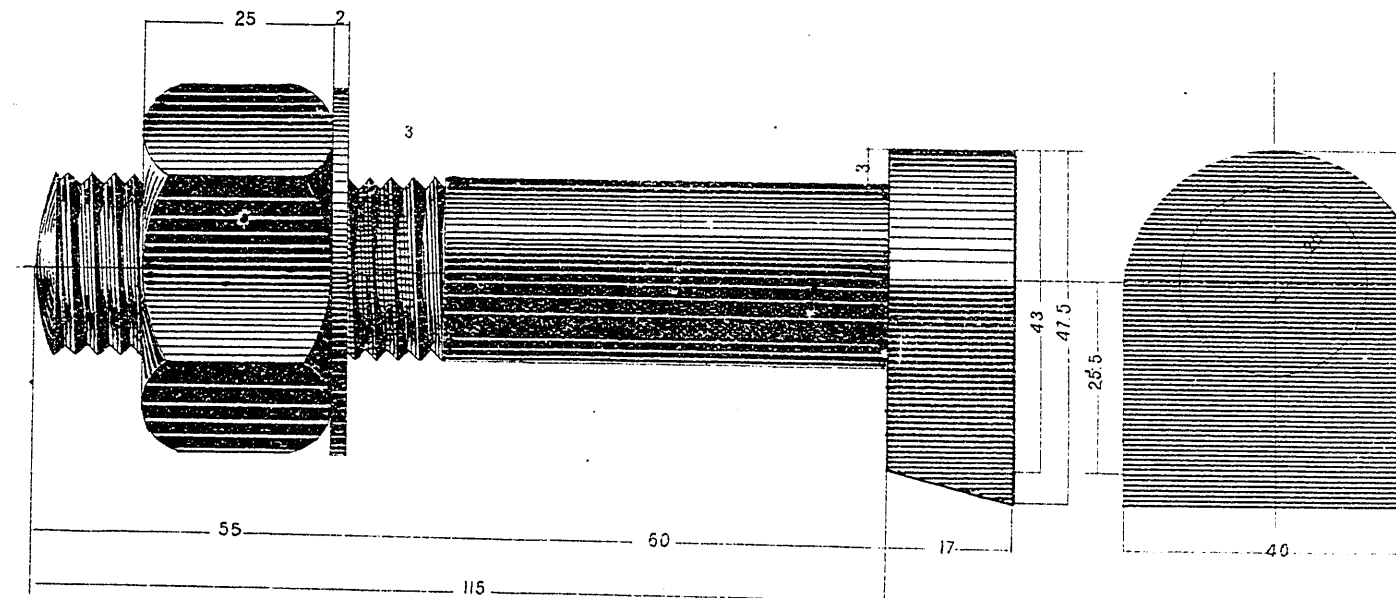
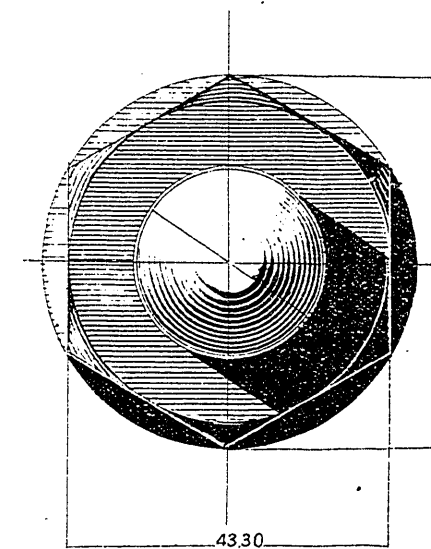
PROYECCIÓN VERTICAL DE UN EXTREMO



## TORNILLO DE BRIDA PARA CARRIL DE 40<sup>Kg<sup>s</sup></sup> POR METRO LINEAL (Acero)

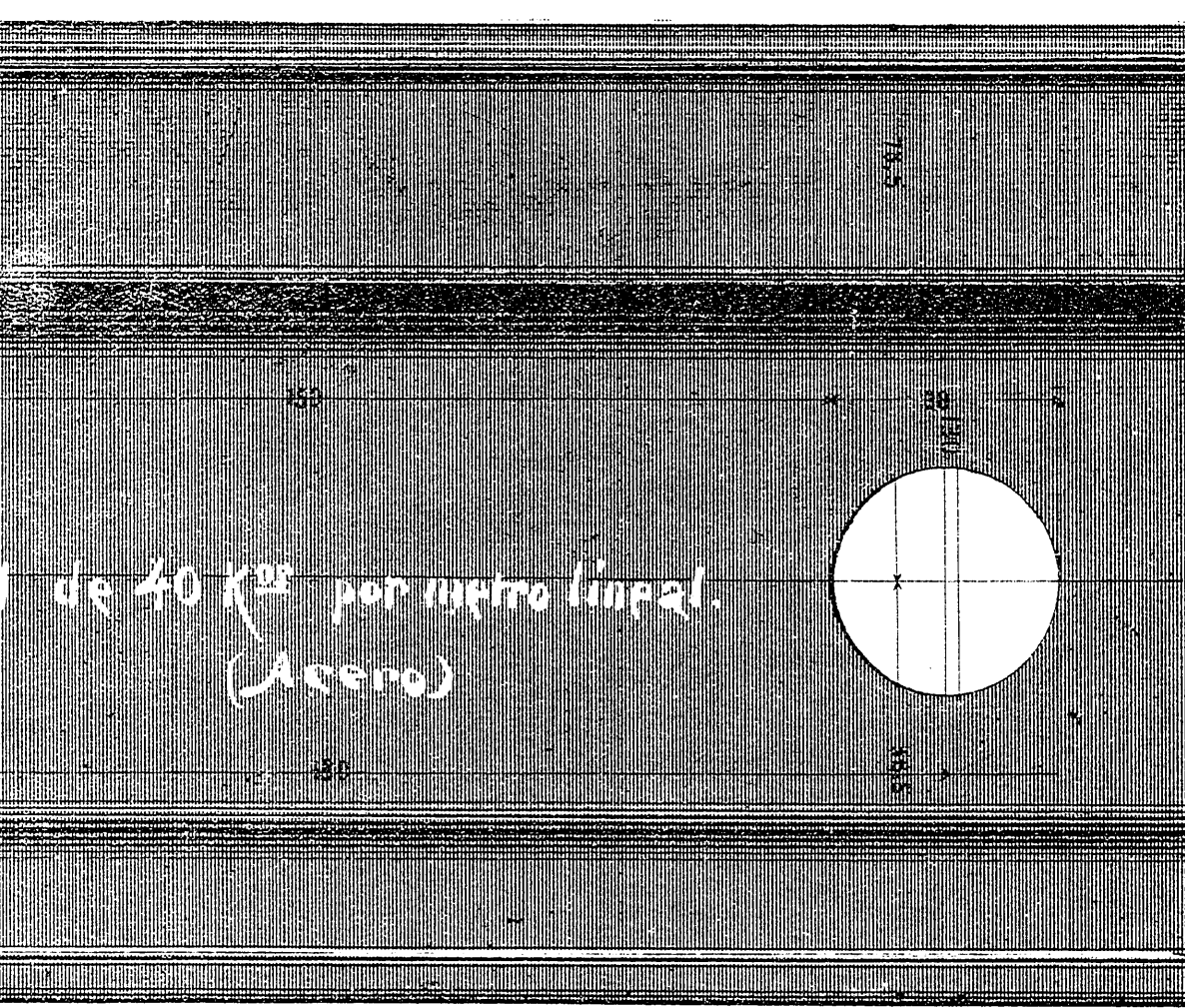
Tamaño natural

Peso aproximado 0<sup>Kg<sup>s</sup></sup>,070

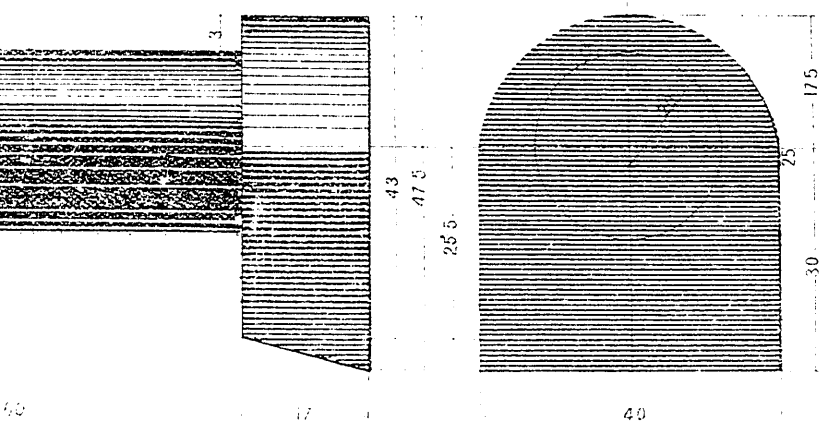


OS FERROCARRILES DE MADRID A ZARAGOZA Y A ALICANTE

REMO

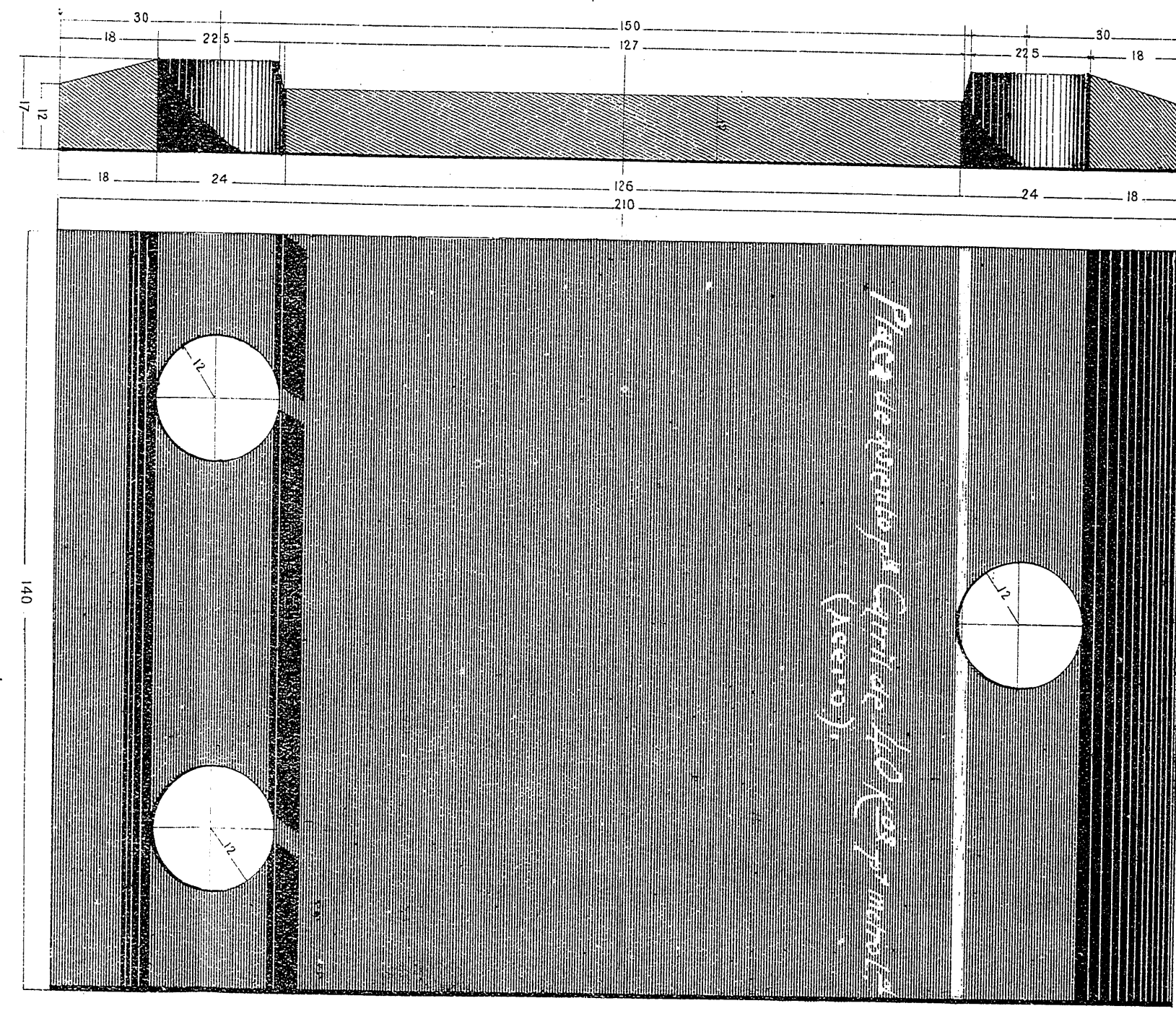


POR METRO LINEAL (Acero)



PLACA DE ASIENTO PARA CARRIL DE 40<sup>kg</sup> POR METRO LINEAL (Acero)

Tamaño natural

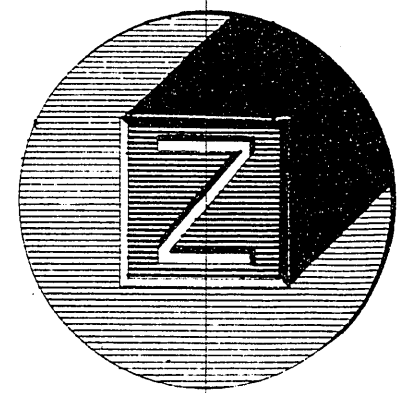
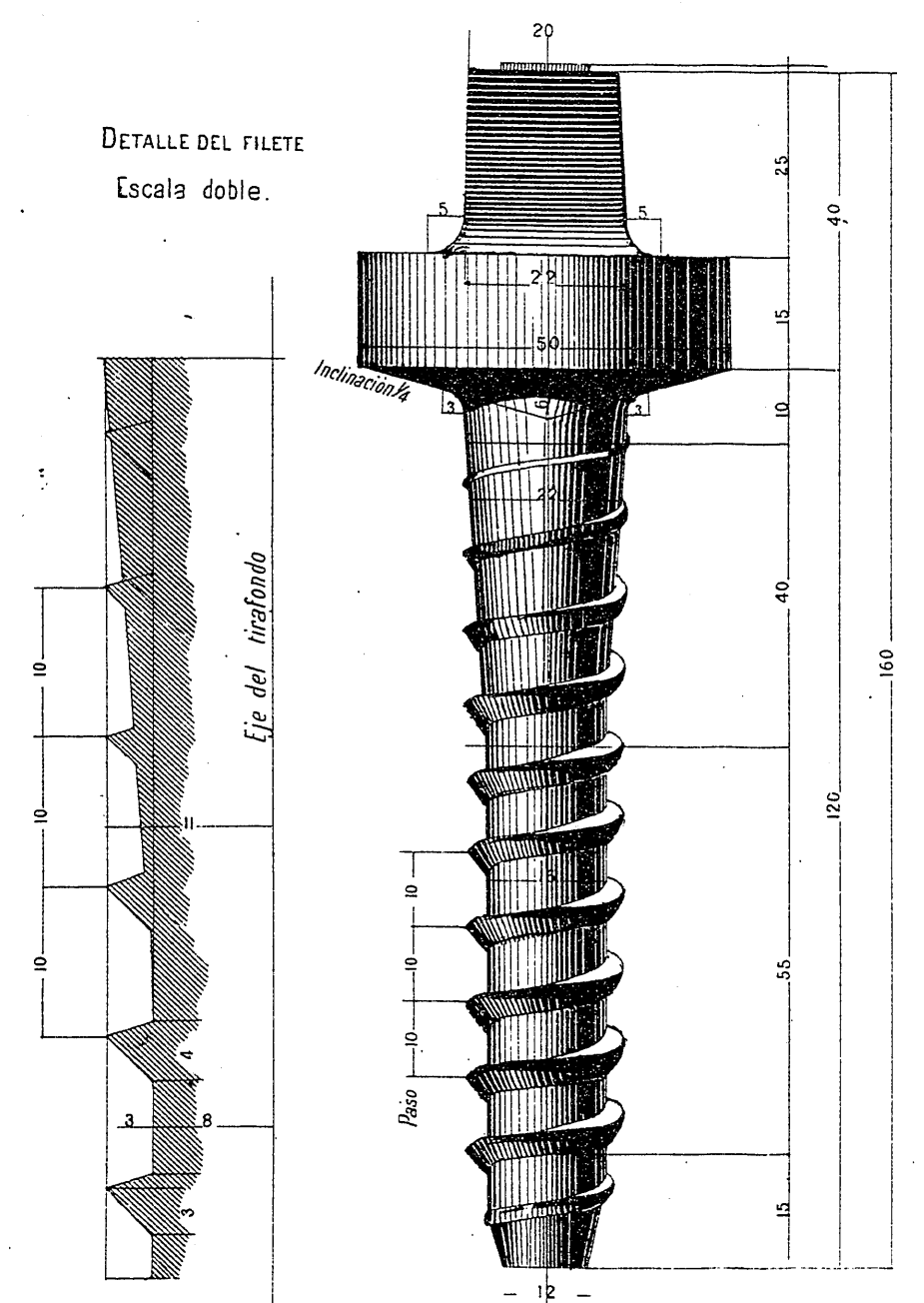


Peso aproximado 2<sup>kg</sup>950

TIRAFONDO PARA CARRIL DE 40<sup>kg</sup> POR METRO LINEAL (Acero)

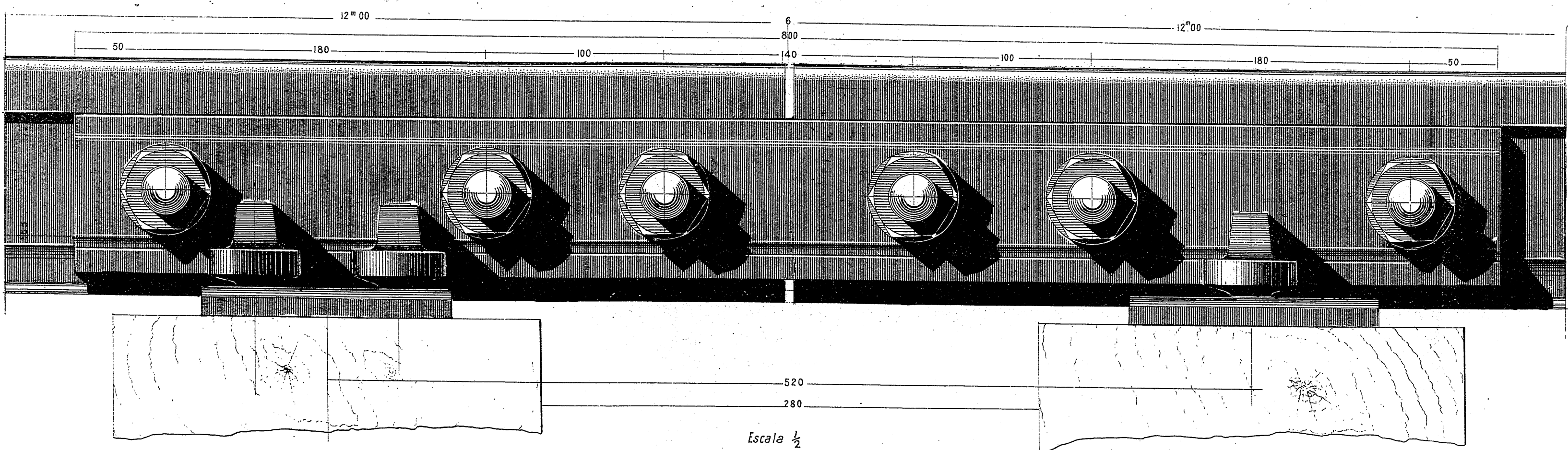
Tamaño natural  
Peso aproximado 0<sup>kg</sup>590

DETALLE DEL FILETE  
Escala doble.

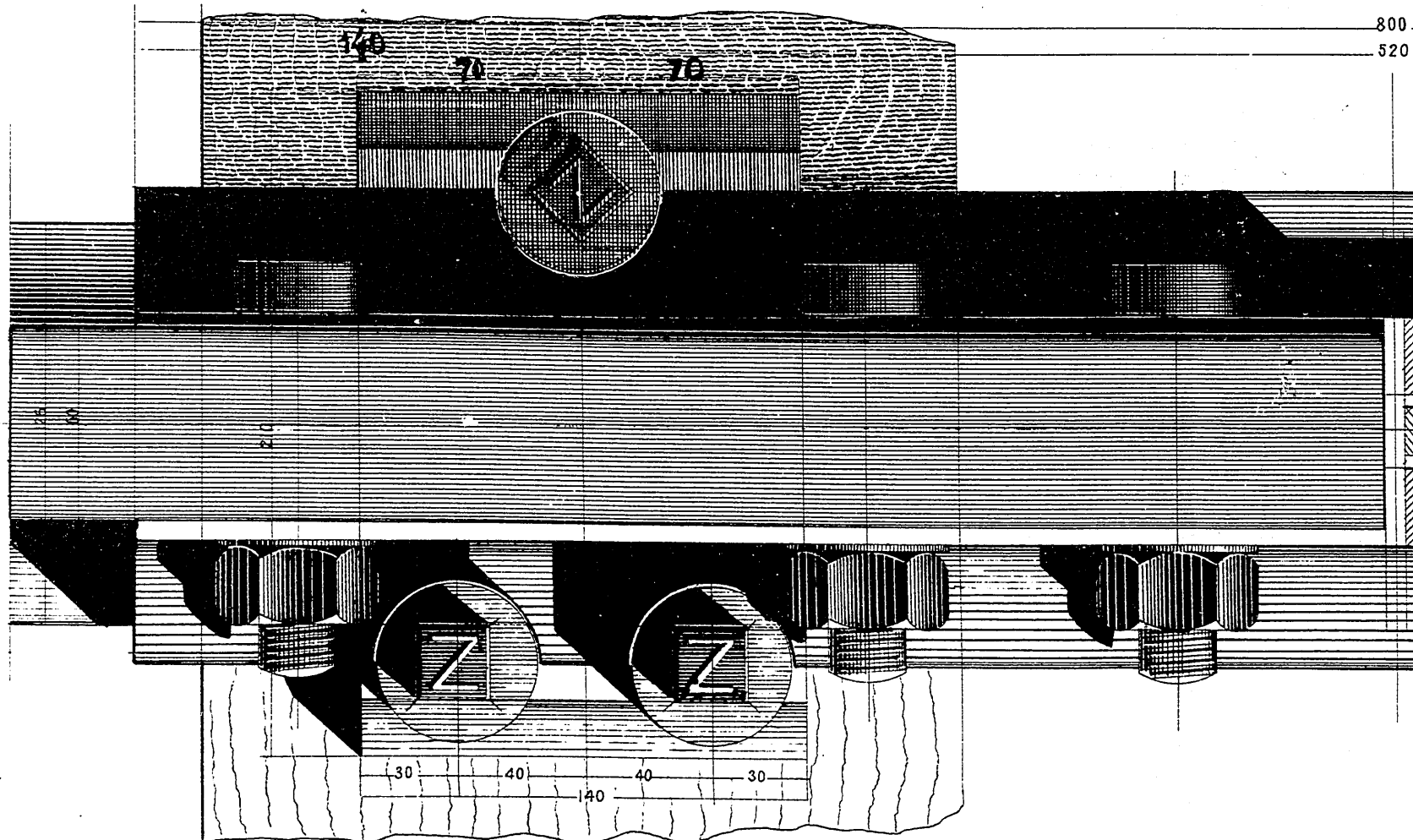


LIT. MENDEZ, ISABEL LA CATÓLICA, 25., MADRID

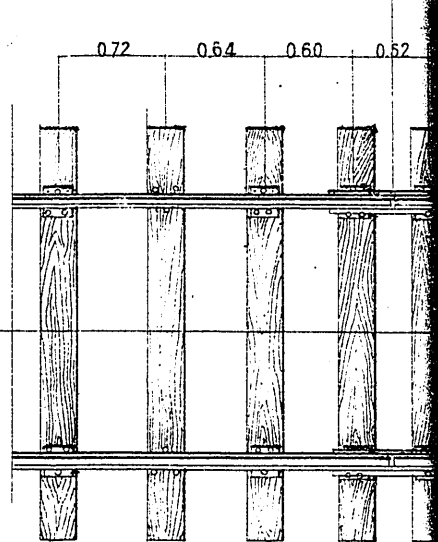
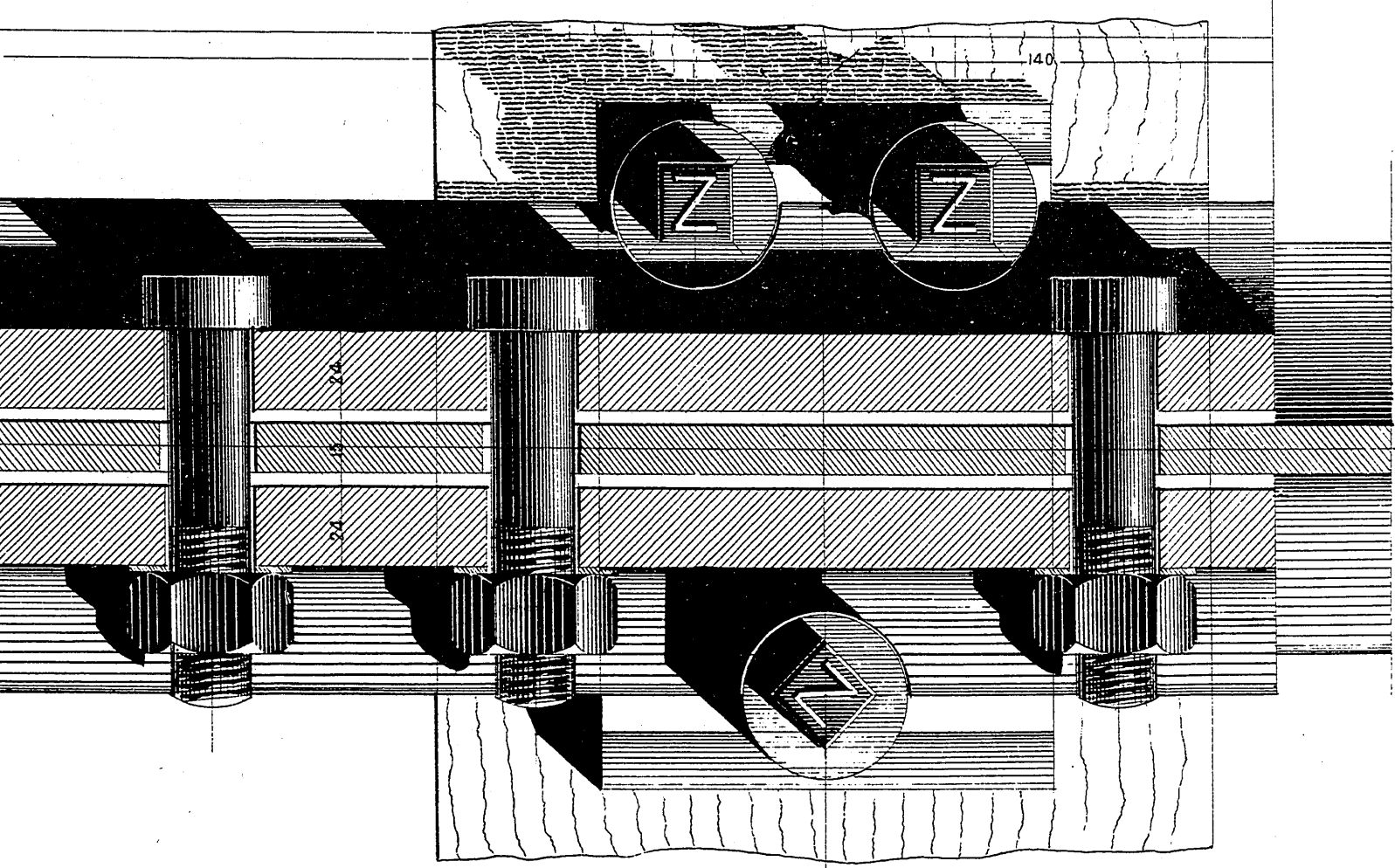
PROYECCIÓN VERTICAL DE LA JUNTA



PROYECCIÓN HORIZONTAL



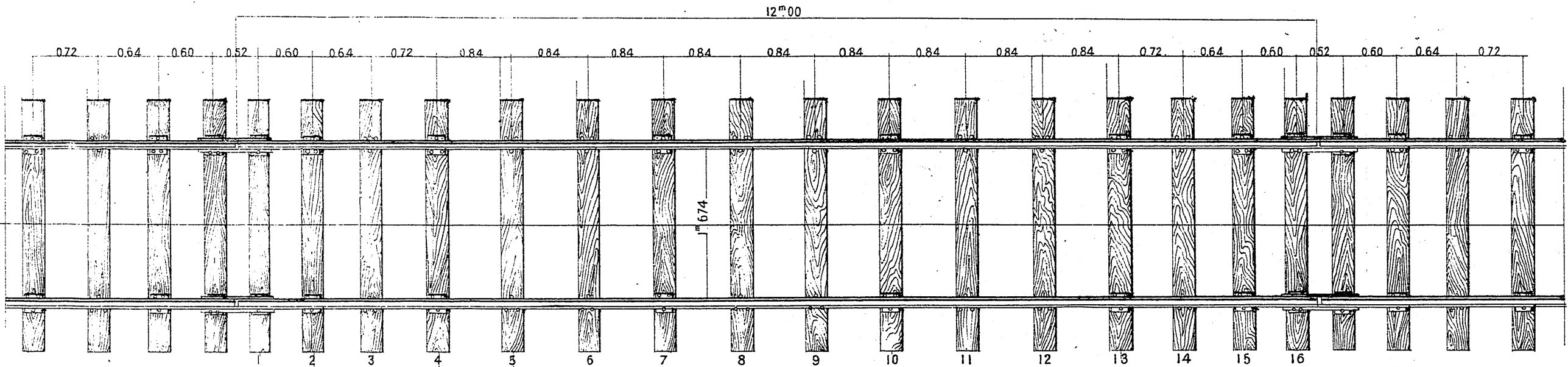
SECCIÓN HORIZONTAL



| Radios de las curvas                           |  |
|------------------------------------------------|--|
| Superior a 600 <sup>ms</sup> (1)               |  |
| desde 350 <sup>m</sup> hasta 600 <sup>ms</sup> |  |
| inferior a 350 <sup>ms</sup>                   |  |

(1) Esta misma distribución será la que

DISTRIBUCIÓN DE TRAVIESAS  
Escala de  $\frac{1}{50}$



| Radios de las curvas                            | Distribución de las placas de asiento |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Superior à 600 <sup>ms</sup> (1)                | ○                                     | ○ | ○ |   | ○ |   | ○ |   | ○ |   | ○ | ○ |
| desde 350 <sup>ms</sup> hasta 600 <sup>ms</sup> | ○                                     | ○ | ○ |   | ○ | ○ | ○ |   | ○ |   | ○ | ○ |
| inferior à 350 <sup>ms</sup>                    | ○                                     | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

(1) Esta misma distribución será la que se aplicará à las rectas

|                      |   |                    |                   |                   |
|----------------------|---|--------------------|-------------------|-------------------|
| Longitudes normales  | { | 12 <sup>m</sup> 00 | peso de un carril | 480 <sup>kg</sup> |
|                      |   | 11.90              | id id             | 476 „             |
| Longitudes reducidas | { | 6 00               | id id             | 240 „             |
|                      |   | 5 95               | id id             | 238 „             |

SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA JUNTA  
Tamaño natural

