

**ESTUDIO COMPARATIVO
DE LA CREMALLERA SISTEMA "ABT" CON DOS I TRES LAMINAS,
TENIENDO EN VISTA SU APLICACION AL F. C. DE ARICA A LA PAZ**

POR

JOEL MUÑOZ

Cremallera sistema Strub

Hace ya unos veintitres años que está en uso este sistema de cremallera i aun ámbos tipos son adoptados teniendo en vista al parecer, para decidir entre uno i otro, en muchos casos, las prescripciones que damos en seguida, de autores que han escrito sobre esta materia. Esto nos está indicando que no existe una superioridad aparente i de importancia de un tipo sobre el otro i que en ninguna ocasion se ha hecho un estudio detenido sobre este punto, teórico ni experimental. En la imposibilidad de hacer este último, nos proponemos hacer el primero.

Bajo el punto de vista económico, no presenta ventaja apreciable un sistema sobre el otro, pues fácilmente se comprende que la materia necesaria para *resistir* a los esfuerzos de traccion, es la misma en ámbos casos, siempre que las circunstancias consideradas sean las mismas. Es, en consecuencia, innecesario entrar a calcular la cremallera en ámbos casos. Una pequeña economía existirá á favor del tipo de dos láminas, en la ejecucion de las láminas mismas; puesto que en total, en este caso, el número de vanos queda disminuido en un tercio.

Citaremos lo que dicen varios autores respecto al empleo de uno u otro tipo.

LÉVY-LAMBERT: -El número de láminas es de dos o tres, segun que el esfuerzo de traccion sea mas o ménos grande.

STANISLAO FADDA:—Segun el esfuerzo de traccion que hai que hacer, se colocan dos o tres láminas, una al lado de la otra, etc.

M. SEGUELA (Rev. de F. C., 1888).—El número de láminas, su espesor i el paso de su dentadura, varia con el esfuerzo de traccion que deben ejercer las locomotoras, que depende naturalmente de la inclinacion de las rampas i de la carga de los trenes.

VIGREUX I LOPPE:—La cremallera con tres láminas se emplea para líneas con curvas de 250 m a 300 m de radios mínimos i para un gran esfuerzo de tracción. La cremallera con dos laminas se emplea para ferrocarriles de vía estrecha i débiles radios de curva.

Sin embargo, lo que estos últimos autores dicen respecto a los radios mínimos para el empleo de tres láminas, es exagerado por cuanto hai muchos casos en que se han empleado tres láminas con radios inferiores a ese límite, por ejemplo: Puerto Cabello a Valencia, Lehesten a Oertelsbruch, Ferrocarril Trasandino, etc.

No obstante, no es conveniente colocar tres láminas cuando hai curvas con radios inferiores a 158 m. Esto puede verse por la demostracion siguiente publicada en los ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS por el señor E. Vergara Montt.

Establece primeramente una fórmula que dé el radio de la curva central (fig. 1) de tal manera que tomando sobre ella un desarrollo m , exista una diferencia de desarrollo φ entre las partes de las curvas exteriores encerradas por los radios que pasan por los extremos de m .

Entónces, de acuerdo con las notaciones de la figura, se trata de determinar un r tal que

$$ab - cd = \varphi$$

$$(1) \quad m = \frac{2\pi r \alpha}{360^\circ}$$

$$dc = \frac{2\pi(r - \frac{1}{2}d)\alpha}{360^\circ} \quad ab = \frac{2\pi(r + \frac{1}{2}d)\alpha}{360^\circ}$$

$$ab - dc = \frac{2\pi\alpha}{360^\circ}(r + \frac{1}{2}d - r + \frac{1}{2}d) = \frac{2\pi\alpha d}{360^\circ}$$

de la igualdad (1) sacamos $\alpha = \frac{360^\circ \times m}{2\pi r}$

reemplacemos $\varphi = \frac{2\pi d \times 360^\circ \times m}{360^\circ \times 2\pi r} = \frac{d m}{r}$

$$r = \frac{d \times m}{\varphi}$$

El valor de m es la longitud de la lámina.

Esta longitud está sujeta por una parte al espacamiento de los durmientes sobre los cuales van los cojinetes de la cremallera que sirven a la vez de eclias de ésta. Por otra parte está limitada por la dilatacion producida por los cambios atmosféricos.

Dado el juego de 2 mm que permiten los resortes de union de los piñones al eje de la locomotora en que van colocados; se puede admitir un espacio hasta de 4 mm en la union de las láminas para no producir perturbaciones en el engranaje de los dientes. Ahora, en las curvas, para subsanar la dificultad producida por la diferencia de desarrollo entre la fila exterior de la lámina i la interior, puede admitirse que ese espacio de 4 mm se reduzca a lo sumo a 2 mm cuando la dilatacion de las barras sea la máxima.

Calcularemos entónces la lonjitud que deberá tener cada barra para la dilatacion producida por la mayor diferencia de temperatura, 40° , sea la máxima aceptada, 2 mm.

El coeficiente de dilatacion del acero es 0,00001235, entónces:

$$L = \frac{0,002}{40 \times 0,00001235} = 4,05 \text{ m}$$

En la práctica se reduce a 2,64 m el largo de cada lámina para obtener una dilatacion que no se aproxime mucho al límite de 2 mm que es el máximo aceptado i poder dejar lugar a diferencias producidas por defectos en la construccion o uso de los engranajes; como tambien para que el peso de cada barra no sea superior a 4 kg con lo que se dificultaría la enrielladura del riel central i para colocar en cada una de las barras un número exacto de dientes (22).

El valor de φ deberá ser necesariamente igual al espacio mínimo admisible entre una lámina i la que continúa, a fin de que haya continuidad en la cremallera. Este espacio lo fijamos de 2 mm anteriormente. Dada la lonjitud práctica de 2,64 m que se da a la barra, valor inferior a 4,05 que resulta teóricamente, ese espacio será mayor, pues será igual a 4 mm menos el valor de la dilatacion máxima, o sea $4 - 2640 \times 40 \times 0,00001235 = 2,7 \text{ mm}$.

Tomaremos, sin embargo, siempre 2 mm para φ para dejar los 0,7 mm en prevision de las perturbaciones indicadas mas arriba.

El valor de d en el caso de tres láminas es 0,120 m.

Reemplazando los valores en la fórmula,

$$r = \frac{d \cdot m}{\varphi}$$

tenemos:

$$r \text{ min.} = \frac{0,120 \times 2,640}{0,002} = 158,4 \text{ m}$$

Para el caso de dos barras en que:

$$m = 2,64 \text{ m} \quad \varphi = 0,002 \text{ m} \quad d = 0,055 \text{ m}$$

resulta:

$$r \text{ min.} = 72,60 \text{ m,}$$

Ahora, tratándose del ferrocarril de Arica a La Paz en que se aceptan radios de 140 m, será, como se ve, mas conveniente el empleo de dos láminas, lo que es perjudicial para el engranaje.

Por otra parte, ¿qué inconveniente se presenta si se emplean dos láminas aumentando suficientemente su espesor cuando los esfuerzos de traccion sean mayores? Razon suficiente para creer que ninguno, es el hecho que la cremallera sistema Strub, que puede asemejarse al caso de una sola lámina del sistema Abt de bastante espesor, es el sistema mas moderno i tambien el mejor de los conocidos, como veremos mas adelante. No significa esto, que en el sistema Abt se obtuvieran mejores resultados aun, reduciendo a uno el número de láminas, por cuanto se perdería una de las grandes ventajas que este sistema tiene sobre el Rieggengbach: la suavidad del rodado, ya que no habria posible cruzamiento entre las láminas, que es la manera ideada para conseguirlo. En el sistema Strub se obtiene ese resultado por medio del perfil dado a las dentaduras.

Otra razon que podemos agregar a la anterior, es que el propio señor Abt ha comunicado ultimamente al ingeniero señor Winkler (Jefe de la Comision del Deutche Banck, etc.), que la tendencia actual es colocar en todos los casos dos láminas en lugar de tres (1). Esta tendencia empieza a producirse desde 1891, como puede observarse en el cuadro siguiente, en el que quedan indicados algunos ferrocarriles construidos segun este sistema:

LÍNEA	Sistema	Pendiente máxima mm	Radios min. de curva m	Núm. de láminas	Trocha m	Año
Blankenburg-Tanne.....	misto	60	200	3	1,43	1885
Lehesten-Oertelsbruch.....	»	80	150	2	1,43	1886
D'Oertelsbruch.....	»	137	30	2	0,69	1887
Puerto Cabello-Valencia.....	cremall.	80	115	3	1,067	1890
Monte-Jeneroso.....	»	220	60	2	1,00	1890
Peaks-Peaks.....	»	250	110	2	1,43	1890
Viege-Zermatt.....	misto	125	100	2	1,00	1891
Diacophte-Kalavryta.....	»	145	80	2	0,75	1891
Eisinerz-Vordenberg.....	»	71	180	2	1,45	1892
Aix-les Bais au Revard.....	cremall.	200	80	2	1,00	1892
Mont-Saleve.....	»	250	60	2	1,00	1892
Ilmenan-Schleusingen.....	misto					1896

(1) Informacion verbal del señor E. Jimenez

Analicemos ahora el trabajo perdido por el frotamiento de las ruedas dentadas con las cremalleras. Este trabajo se puede determinar por la fórmula de Redtenbacher que para el caso de cremallera se reduce a:

$$\frac{F}{Q} = \frac{1}{2} \frac{ft}{R}$$

en la cual

F es el esfuerzo absorbido por el frotamiento.

Q presión de la rueda dentada sobre la lámina en contacto.

f coeficiente de frotamiento.

R radio de la rueda dentada, i

t el paso.

Basta observar la fórmula para ver que este trabajo será el mismo en los dos casos, pues la presión total, ejercida sobre la cremallera será igual en uno i en otro caso i los demás elementos son comunes.

Las distintas láminas van cruzadas de manera que haya por lo menos dos dientes contacto por rueda dentada, en el caso de dos láminas i tres en el otro tipo a fin de que el movimiento sea suave i haya mayor seguridad. Puede suceder por una causa imprevista o extraordinaria que uno de los dientes falle o no engrane; en ese caso el esfuerzo total debe ser resistido por los dientes restantes que en ese instante quedan en presa. A primera vista parece que fuera esta una ventaja para el tipo de tres láminas, pues en este caso si suponemos que existan dos ruedas dentadas, el esfuerzo que deberían soportar los dientes restantes sería $\frac{1}{2}$ parte mayor que aquel a que estaban sometidos i en el otro $\frac{1}{2}$. En realidad, esa ventaja no es efectiva, pues de un riguroso experimento de Bauschinger (1) en una cremallera triple con una locomotora de dos ruedas dentadas i cinco dientes en presa, resultó una resistencia al esfuerzo de corte que era 40 veces la necesaria para oponerse al esfuerzo ejercitado contra ella. Se encontró también que hai una gran resistencia en los agujeros practicados en la estremidad de las láminas (en los cojinetes) i que ellos no se rompen bajo la acción de los mayores esfuerzos a que en la práctica están sometidos.

En las curvas, aun cuando tengan grandes radios, la circulación es mas perfecta en el tipo de dos láminas, pues hai mayor probabilidad que todos los dientes engranen; así una experiencia de M. Schneider, director del ferrocarril de Brunswick (2), nos hace ver que tratándose de una cremallera triple i un tren ascendiendo en curva de 280 m de radio, hai ciertos dientes que no engranan. (Esta experiencia se efectuó en la línea de Harz, sobre una porción de 10 dientes en cada una de las láminas con una inclinación de 60 mm de la vía i en una curva de 280 m de radio). El resultado fué

(1) Stanislao Fadda.

(2) Vigrex i Loppé.

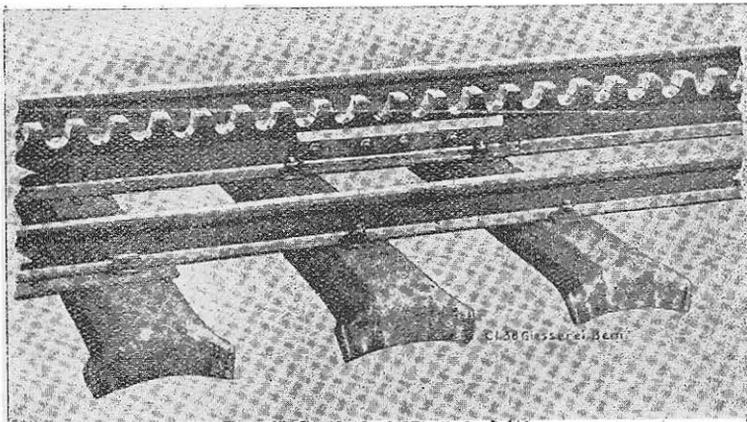
que los dos últimos dientes de la lámina dé la izquierda i el octavo de la lámina de la derecha no engranaron cuando el tren iba ascendiendo; en el descenso engranaron todos.

Por último, haremos notar lo que nos dice el cuadro anterior o sea que en los últimos años se ha dado preferencia al tipo de dos láminas, usándose aun, como en el ferrocarril de Eisenerz a Vordenberg para trenes pesados (100 toneladas) con curvas de grandes radios (180 m mínimo) trocha normal i pendientes máximas de 71 mm. Esto es revelador, pues no está indicando que la esperiencia que nos proporciona los conocimientos mas seguros, ha inclinado la opinion de los ingenieros a favor del tipo de dos láminas siguiendo actualmente los resultados de la explotacion de los ferrocarriles construidos.

Por ser indiscutible la superioridad del sistema Abt sobre el Riggenbach, hasta hace poco en todos los ferrocarriles construidos se ha empleado el primer sistema; usando la cremallera Locher para las pendientes mui fuertes, para los cuales los primeros no ofrecian la suficiente garantía de seguridad. Pero en 1897 un nuevo sistema ideado por el ingeniero suizo M. E. Strub, que se ha empleado por primera vez en el ferrocarril de la Jungfrau, ha llegado a aventajar los sistemas conocidos, razon por la cual se ha adoptado en la mayoría de los ferrocarriles construidos a partir de 1898. Haremos a continuacion una descripcion de este sistema, indicando sus ventajas.

CREMALLERA STRUB

M. E. Strub, mientras fué ingeniero inspector del Swiss Federal Government, efectuó un sin número de esperiencias en los ferrocarriles en cremallera sistema Abt



i Riggenbach i pudo de esa manera apreciar las desventajas de que adolecen estos sistemas. Mas tarde en 1898, siendo director del Jungfrau Railway, pudo hacer uso de sus esperiencias e inventó el nuevo sistema de cremallera que lleva su nombre.

Este invento ha tenido bastante éxito, como lo veremos mas adelante i como lo

demuestran testimonios dados por R. Wirz, ingeniero del Schynige Platte Railway, i R. Gobat, ingeniero del Jungfrau Railway.

La cremallera en este sistema, es formado por un riel Vignola de seccion Goliath con cabeza cónica dentada, que permite el uso de ganchos llevados por la locomotora i que agarran el riel por ambos lados, destinados a impedir que el piñon monte la cremallera o salga del engranaje por un movimiento lateral; como tambien a servir de *freno de peligro*. El peso en los ejes, no es, pues, suficiente en todos los casos para contrarrestar la fuerza resultante de la presion del diente del piñon i que obra verticalmente hácia arriba. El inventor del sistema Abt ha reconocido la utilidad de tales frenos de seguridad despues de algunos accidentes, entre otros, el ocurrido en Peaks Peaks. En las líneas construidas segun el sistema Riggenbach han provisto tambien las locomotoras de ganchos que necesitan ser levantados con el objeto de permitir el paso en los cruzamientos de la cremallera. Esto no ocurre en el sistema Strub, porque los cruzamientos están provistos de lenguas movibles en cremallera, que permiten pasar los ganchos sin tropiezo.

El ingeniero Pietro Oppizi, inventor de un sistema de cremallera, emplea tambien esos ganchos para asegurar mejor el servicio.

El fondo del hueco de la cremallera es inclinado del centro a cada lado, tanto para impedir que las piedras se depositen ahí como para desalojar el hielo que puede formarse con las puntas de los dientes del piñon.

Este sistema es el mas sencillo de los conocidos i combina la seguridad del sistema Locher con la durabilidad del Riggenbach i el pequeño peso del Abt. No tiene al mismo tiempo las desventajas que presentan estos sistemas.

Como formado de una sola pieza, no hai reparaciones que hacer, el costo de colocacion es mas pequeño que el de los demas i el de acarreo no es superior por su poco peso, treinta o cuarenta kilos por metro corrido. El alma i zapata de la cremallera, es exactamente la misma que en el riel ordinario, sirviendo la primera para unir la cremallera por medio de eclisas i la segunda para amarrar la cremallera a los durmientes. Lleva, en buenas cuentas, la cremallera, las mismas amarras que el riel ordinario. El material empleado es acero de riel de la mejor calidad. Los durmientes pueden ser de metal o de madera.

Es importante que todos los dientes de la cremallera permanezcan a la misma altura, porque los dientes del piñon tienen pocos milímetros de juego sobre los dientes de la cremallera i una diferencia de altura de éstos, tiende a levantar el piñon. Esto que puede ocurrir en las juntas de la cremallera, se evita usando fuertes eclisas en forma de cuñas. Si la presion de los dientes es un poco elevada se usan eclisas intermedias.

Para impedir que la via se deslice, tanto la cremallera como los rieles van asegurados a los durmientes por medio de pernos o tirafondos, (segun que se empleen durmientes de metal o de madera) que pasan por agujeros practicados en placas en

forma de ángulos que van aplicados a la zapata del riel, dejando a la eclisa un rebajo en este punto.

Necesita, por otra parte, este sistema, durmientes mucho más espaciados que el sistema Abt, lo que constituye una ventaja para el primero. Además, el sistema Abt, por ser formado de varias partes, exige mucho más atención de conservación.

Comparado con el sistema Abt, en cuanto al peso de acero empleado, podemos dar el siguiente dato: La longitud de la lámina de este sistema es de 2,636 i en el caso ordinario tres láminas pesan 40 kg; tenemos, en consecuencia, para las tres láminas, un peso por metro lineal de 45,5 kg sin tomar en cuenta el peso de los cojinetes. En consecuencia, solo las láminas del sistema Abt pesan más por metro lineal que el riel cremallera del sistema Strub que, como vimos, pesa 30 a 40 kg.

Respecto al costo de manufactura, no tenemos datos precisos para poderlo comparar con la cremallera Abt i solo espondremos la forma de construcción de ambos sistemas.

SISTEMA ABT:—Al salir cada lámina del laminador, se abre al rojo vivo los agujeros para fijar las láminas a los cojinetes i se quita en seguida la materia donde deben ir los vanos, por medio de cinco punzones. Después de estar frías, se les reúne en paquetes de 20 o más apertándolas i se les lleva a una máquina especial que da la forma definitiva a los huecos.

SISTEMA STRUB:—Su construcción se efectúa con máquinas especialmente adaptadas que han ultrajustificado las expectativas que se hacían sobre su funcionamiento. Se perforan primero dos agujeros de una pulgada en el fondo del espacio entre dientes, agujeros que casi se topan entre sí. En segundo lugar, se asierra el hueco formando así los flameos de los dientes. El material que quede en el hueco, puede entonces quitarse fácilmente. Por último, se perfila el fondo del hueco en forma de cuña, se corta el riel del largo exacto i se perforan los hoyos para las eclisas.

Como se ve, parece un poco más caro la construcción del riel cremallera, pero en todo caso este exceso de costo, puede quedar compensado con las economías citadas anteriormente.

La locomotora tiene un solo eje motor colocado bajo el centro de gravedad, pues es posible obtener un rodado tan fácil con un eje motor como con dos, como lo prueba un certificado dado por la Berners Oberland Railways, i en cambio se consigue mayor seguridad, por cuanto un solo eje motor estará más cargado que dos.

Puede el riel cremallera ser empleado en curvas de cualquier radio, sin que por efecto del *engranaje* i a causa de la *mayor longitud de desarrollo de su línea exterior*, haya una pérdida de trabajo, como sucede en el sistema Abt, debido a la diferencia de desarrollo de las filas de láminas.

Una explicación de la forma en que se verifica la marcha de la rueda dentada sobre la cremallera en las curvas, nos servirá para comprobación de lo anterior.

Al encorvar el riel, los flancos de los dientes (así llamaremos las superficies del diente de la cremallera destinada a recibir los dientes de la rueda dentada) quedarán

en dirección del radio de la curva; de ahí que el paso de la cremallera aumente hacia el exterior de acuerdo con la ecuación $p_x = p \left(\frac{r+x}{r} \right)$ en la cual

p es el paso en recta,

p_x » » » a una distancia x de la línea media, i

r el radio de la curva.

Entonces, si la sección de los dientes de la rueda dentada por un plano paralelo al eje de esta, fuera rectangular, el primer contacto entre ámbos se reduciría a un punto de las aristas a , b , etc. (esquema, fig. 2) i el último a un punto de las aristas m , n , etc., para el sentido de marcha indicado por la flecha, ocupando el diente, al principio, una posición tal como as para pasar bruscamente a la posición nr .

De esa manera se produciría un golpe en la arista n que tendría como consecuencia un rodado áspero i una cierta cantidad de trabajo perdido.

Esto no sucede porque los dientes de la rueda dentada aparte de la curvatura que presentan en el sentido del radio de ésta son también curvos en la dirección paralela al eje de la rueda. Pasemos entonces a explicar la forma en que se verifica el engranaje.

Supongamos que en un momento dado la posición relativa de contacto entre dientes sea la $abcd$ (esquema, fig. 3).

Al jirar la rueda habrá sobre el flanco cd (esquema, fig. 4) del diente de la cremallera, que es inclinado respecto de la vertical, un rodado del diente ab en el sentido de la flecha f , tal como sucede en recta. Por otra parte, se verificará también un movimiento de rodado en el sentido de la flecha f' (esquema fig. 3) ya que por efecto de la curvatura de la línea, el eje de la rueda dentada siempre quedará en dirección del radio de la curva. Ahora, al terminar el contacto de los dientes ab i cd i empezar el de los siguientes, la dirección del eje de la rueda dentada, será la del radio intermedio mm' entre cd i $c'd'$. Entonces, siendo la recta que une los puntos a i b paralela al eje de la rueda, en el instante a que nos referimos tanto la recta ab como la $a'b'$ serán paralelas al radio medio mm' . De manera que el punto de contacto entre ab i cd habrá pasado a t , ocupando ab la posición a_1b_1 . Se ve entonces que pasando el punto central u del diente de la rueda a u' , el punto central r' del diente siguiente irá a colocarse a una distancia $rr' = uu'$ de r i el punto de contacto de los dientes siguientes será t' situado a una distancia $t'r = tu$ del centro.

Siguiendo la marcha se producirán sobre $c'd'$ los dos rodados de que hemos hablado i que como son simultáneos, se componen en uno solo, resultante de los dos; pasará el punto de contacto t' a una posición tal como t i así sucesivamente.

En resumen, podemos decir que la marcha en curvas es del todo análoga a la marcha en recta; no existiendo más diferencias que la situación del contacto entre los dientes i la dirección del rodado entre los dientes de la rueda sobre los de la cremallera. Se deduce, entonces, que no puede existir una absorción de trabajo especial de las curvas.

Se comprende que las variaciones del radio de curvatura de la línea no tendrán otra consecuencia que variar las distancias tal como $t u$, $t' r'$.

Para adoptar las curvaturas $a b$ de los dientes de la rueda, se tomará en cuenta los menores radios de la línea de que se trata i el material de que sea construido la cremallera, para evitar que la presión por unidad de superficie sea excesiva.

Ha sido, por último, este sistema de cremallera el que ha obtenido el único gran premio en Esposición Internacional de Milan en 1906.

El cuadro que va a continuación, muestra, por otra parte, las aplicaciones de este sistema hasta ahora.

Año	LÍNEAS	País	Km	Pendiente máxima — o/oo	Trocha	Locomoción — Observaciones
1898	F. C. de la Jungfrau, Oberland bernois.....	Suiza	6,5	258	1,0	Eléctrico
1900	Montmartre-Eglise Sacré-Cœur	Francia	0,2	370	1,2	Funicular
1901	Triest-Opicina.....	Austria	1,1	250	1,0	Eléctrico
1902	Nápoles-Vesuvio.....	Italia	2,0	250	1,0	»
1902	La Turbie-Montecarlo.....	Mónaco	0,3	266	1,0	»
1904	Martigny-Châtelard.....	Suiza	2,8	200	1,0	»
1905	Brunnen-Morschach.....	»	2,4	170	1,0	»
1906	Montblanc-Fayet St. Gervais ...	Francia	1,4	220	1,0	Vapor
1906	Mouthev-Champéry.....	Suiza	3,5	136	1,0	Eléctrico
1906	Münster-Schlucht.....	Alemania	2,9	220	1,0	»
1907	Chamonix-Montenvers.....	Francia	5,5	240	1,0	Vapor
1907	Rittner près Bozen.....	Austria	4,1	250	1,0	Eléctrico
1908	Rocchette-Asiago, Venecia.....	Italia	5,8	125	1,0	Vapor
1908	F. C. del Estado Siciliano.....	»	12	1,0	»
1908	Besançon-au Plateau de Brégille.	Francia	0,38	200	1,0	Eléctrico

Creemos de utilidad acompañar dos láminas que contienen la cremallera, riel, accesorios i dispositivo de la superestructura de los ferrocarriles de la Jungfrau i Vesuvio en que se ha empleado el sistema Strub, i una que contiene los mismos elementos de la cremallera sistema Abt empleada en el ferrocarril trasandino por Juncal.

En el ferrocarril de la Jungfrau se ha empleado durmientes metálicos i en el del Vesuvio, de madera.

JOEL A. MUÑOZ E.



Union de las cremalleras

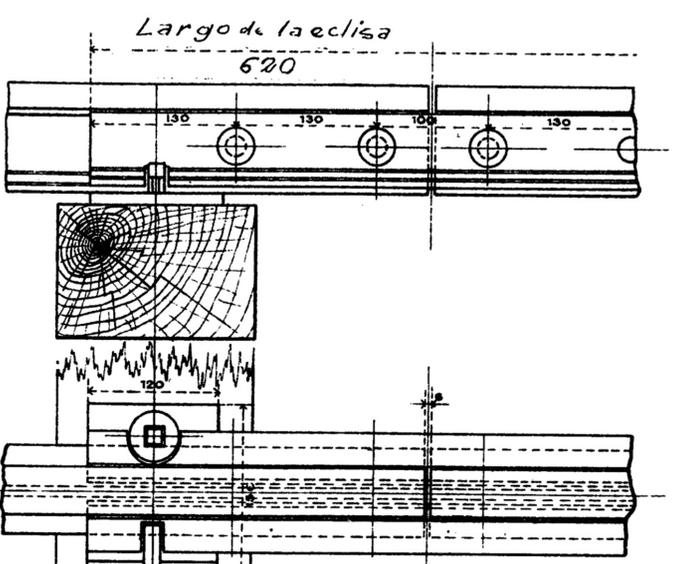
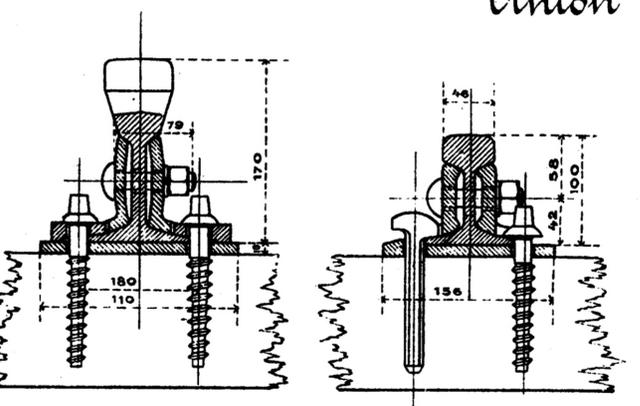
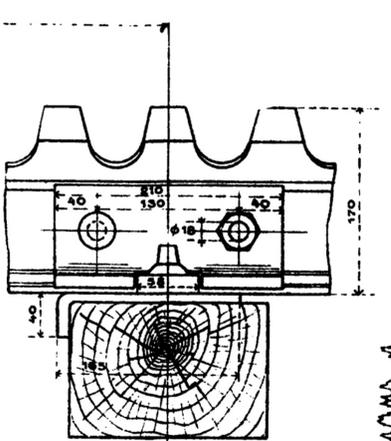
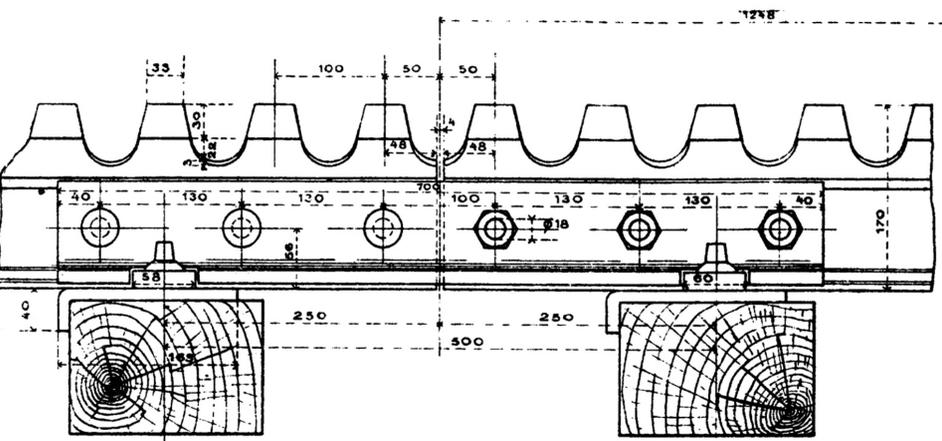
Eclisa intermedia

Union de los rieles

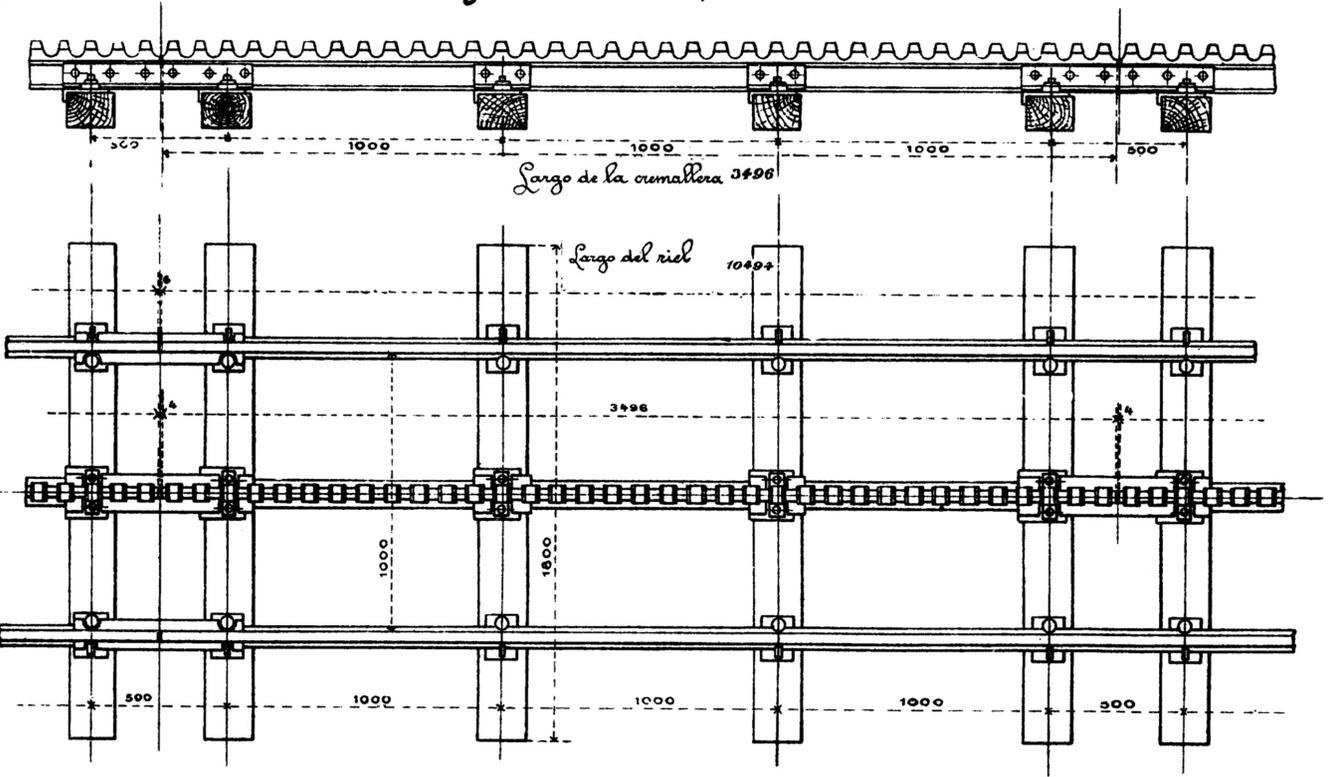
Materiales para 10^m de via

Objet	Numero	Peso Kg	
		Por pieza	Total
Rieles	2	210	420.000
Durmientes	12	37	444.000
Eclisas de rieles	4	5.250	21.000
Pernos de eclisas	8	0.285	2.280
Sillas	24	1.538	36.910
Tirafondos	24	0.300	7.200
Escarpias	24	0.280	6.720
Golillas	8	0.016	0.128
Cremalleras	3	120.315	360.945
Sillas	12	2.520	30.240
Eclisas	6	7.155	42.930
Eclisas intermedias	12	2.050	24.600
Pernos de eclisas	30	0.285	8.550
Tirafondos	24	0.320	7.680
Placas de ajuste	24	0.290	6.960
Golillas	30	0.016	0.480
Peso total			1420.623

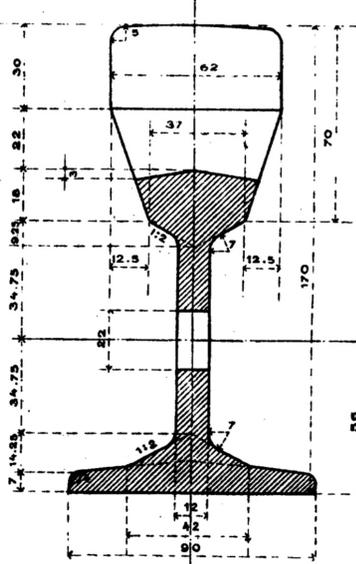
p.m. 45.944



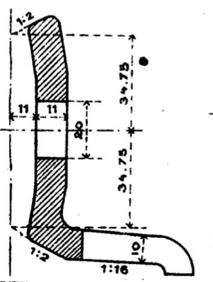
Conjunto de la superestructura



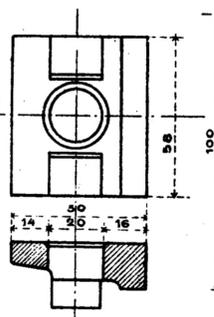
Cremallera



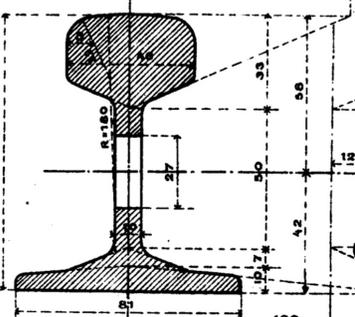
Eclisa



Plancha de ajuste



Riel

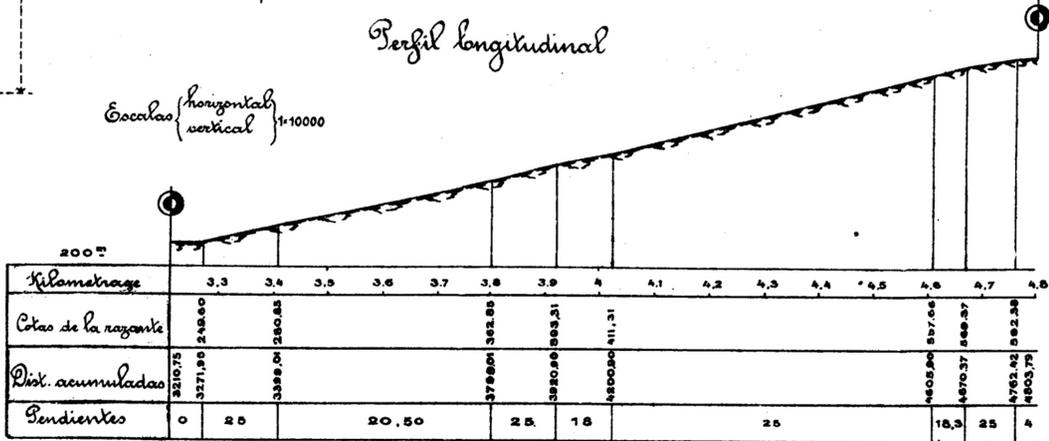


Eclisa



Perfil longitudinal

Escala (horizontal) 1:10000
(vertical) 1:10000



CREMALLERAS = JOEL MUÑOZ

Ferrocarril del Vesubio
Superestructura con cremallera sistema "Strub"

Fig. 1

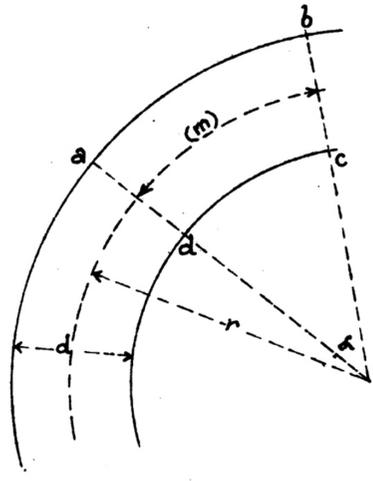


Fig. 2

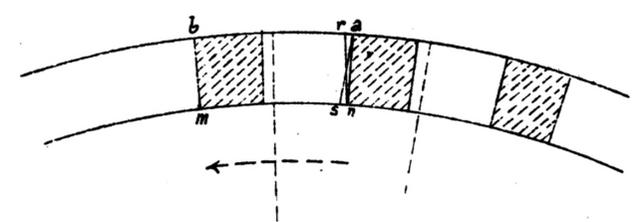


Fig. 3

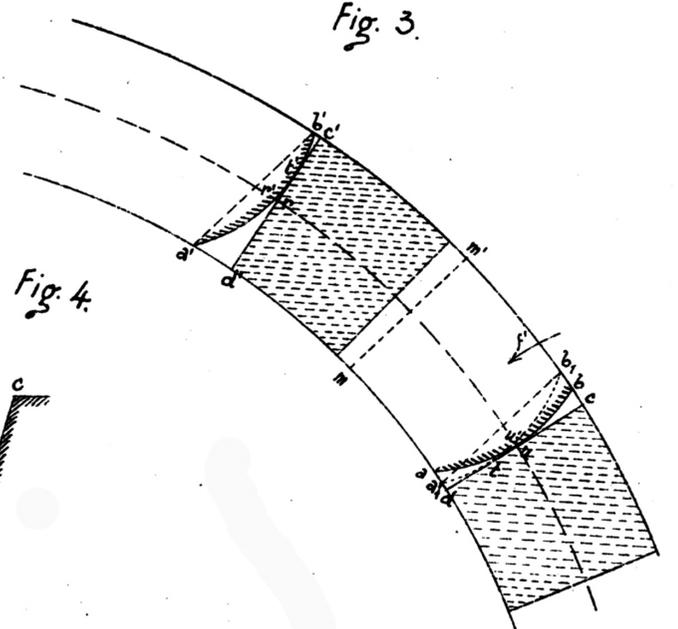
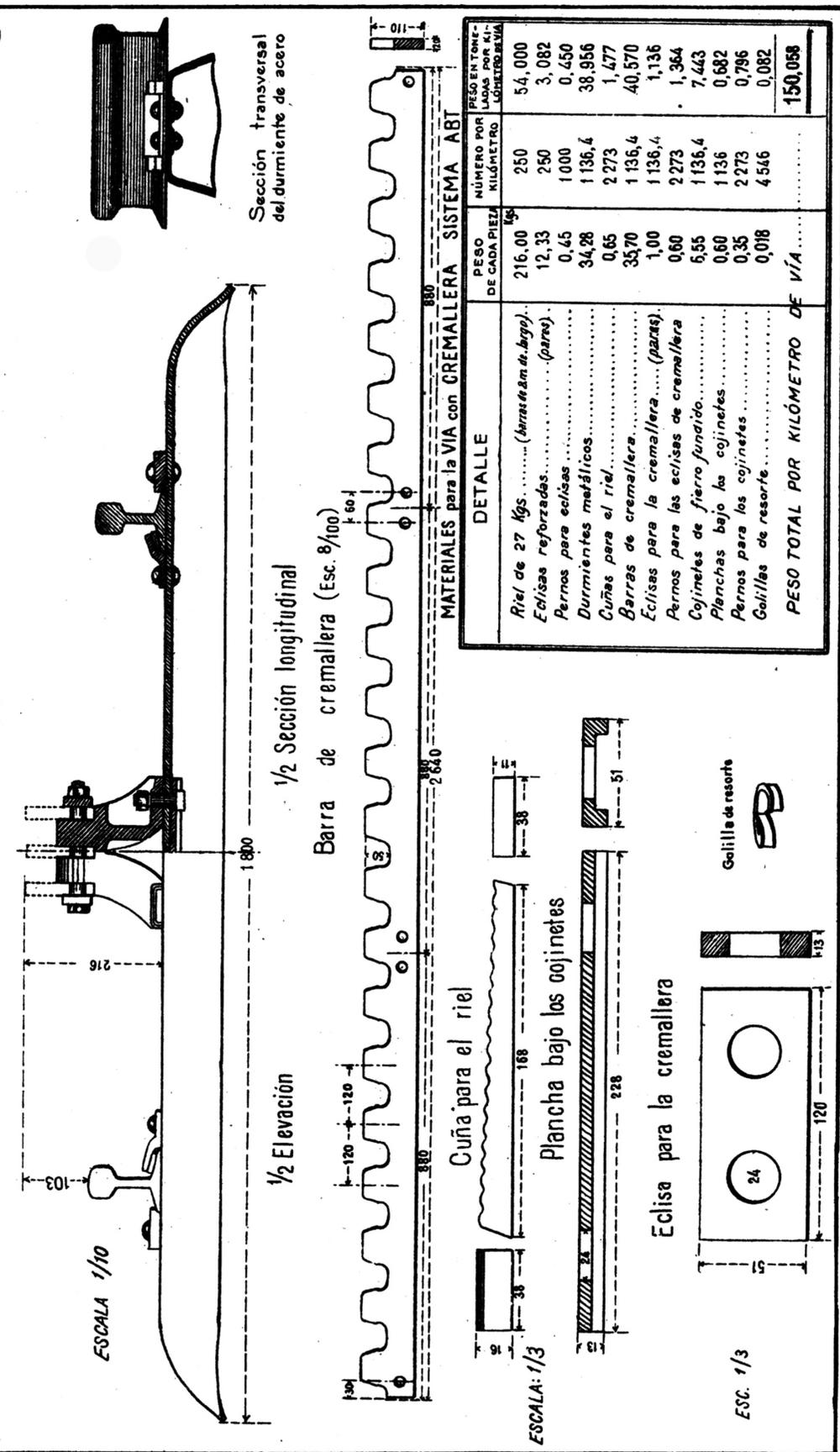


Fig. 4



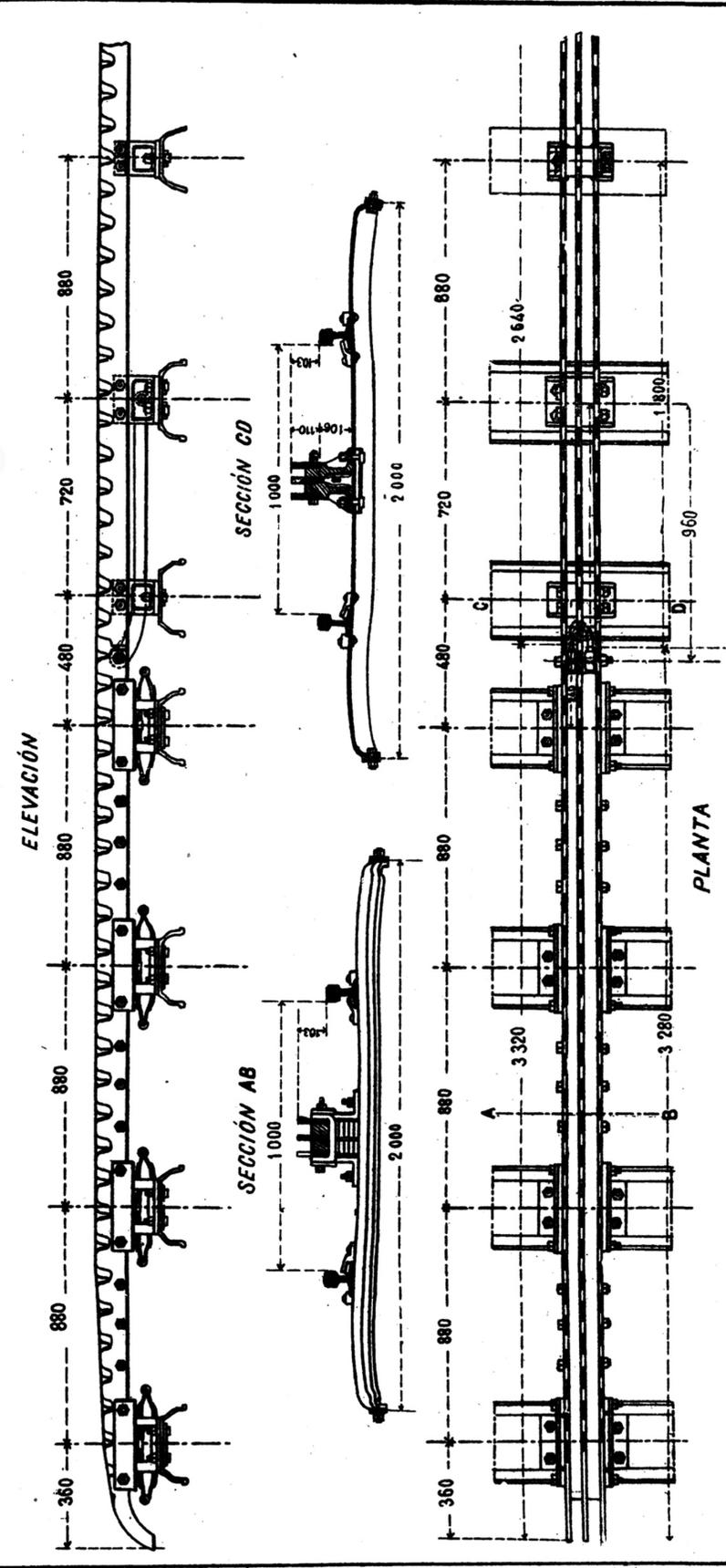
VIA EN CREMALLERA



DETALLE	PESO DE CADA PIEZA	NUMERO POR KILOMETRO	PESO EN TONELADAS POR KILOMETRO DE VIA
Riel de 27 kgs. (serrateado de la base)	216,00	250	54,000
Eclisas reforzadas..... (pares)	12,33	250	3,082
Durmientes metálicos.....	0,45	1000	0,450
Cuñas para el riel.....	34,28	1136,4	38,956
Barra de cremallera.....	0,65	2273	1,477
Eclisas para la cremallera..... (pares)	35,70	1136,4	40,570
Pernos para las eclisas de cremallera	1,00	1136,4	1,136
Cojinetes de fierro fundido.....	0,60	2273	7,463
Planchas bajo los cojinetes.....	6,55	1136,4	1,364
Pernos para los cojinetes.....	0,60	1136,4	0,682
Gallinas de resorte.....	0,35	2273	0,796
Gallinas de resorte.....	0,018	4546	0,082
PESO TOTAL POR KILOMETRO DE VIA.....			150,058

PIEZA DE ENTRADA A LA CREMALLERA

ESCALA: 1/25



NOTA: La pieza de entrada a la cremallera se coloca dejando un descenso de 100 metros en la parte de adherencia.