

LA ELECTRIFICACIÓN MADRID-ÁVILA Y VILLALBA-SEGOVIA

Por ANTONIO ANGULO, Ingeniero de Caminos.

Después de la introducción que sobre el tema del epígrafe publicamos en nuestro número anterior, damos en éste una descripción completa de la línea aérea de contacto, en cuya construcción colaboraron eficazmente los autores del presente artículo.

II.-LÍNEA AÉREA DE CONTACTO

Generalidades.

La electrificación comprende las dos vías de la línea general Madrid-Irún, desde la primera de dichas estaciones hasta Ávila, incluyendo esta última, y todas las estaciones intermedias, así como la estación de clasificación de Las Matas. Se electrificarán las vías de circulación y apartaderos de las estaciones, a excepción de algunas, muy escasas, que, por su poca importancia, no se ha previsto.

En la estación de Ávila se electrificará la salida por el lado de Irún, de modo que los trenes puedan maniobrar con tracción eléctrica, fuera de las agujas de aquella dirección.

También se electrificará la vía general y estaciones de Villalba a Segovia, incluyendo el "triángulo" de esta última, para que pueda ser utilizado por los trenes eléctricos, previendo a este fin una longitud de unos 700 metros más allá de la última aguja de la línea de Segovia-Medina.

Teniendo en cuenta todas las previsiones, se resumen a continuación las longitudes de vías a electrificar.

LÍNEA DE	Vía general (única) fuera de estaciones Km.	VÍAS EN ESTACIONES			Longitudes totales Km.
		Vías generales Km.	Vías secundarias Km.	Suma Km.	
Madrid-Ávila.	219,55	27,70	40,80	68,50	288,05
Villalba-Segovia.	58,45	4,80	9,20	14,00	72,45
TOTALES.	278,00	50,00	50,00	82,50	360,50

Esquema eléctrico.

En el caso de vía única (Villalba-Segovia), la línea de contacto constituye un circuito que une cada dos subestaciones, presentando una solución de con-

tinuidad en cada una de las estaciones intermedias, uniéndose eléctricamente mediante seccionadores.

Cuando se trata de doble vía (Madrid-Ávila), las dos líneas de contacto pueden unirse entre sí en las estaciones intermedias. El objeto de esta disposición es que se aprovechen simultáneamente ambas líneas de contacto para conducir la corriente, pues así se disminuye la resistencia óhmica del conjunto. Por ello, se ha podido proyectar la línea de menor sección de cobre que si se hubiese prescindido de la puesta en paralelo, consiguiendo un ahorro importante en dicho material.

Otra ventaja de la puesta en paralelo es la recuperación de energía efectuada por las máquinas de los trenes cuando bajan pendientes. Para que esta recuperación sea eficaz, actuando como freno, conviene que se haga hasta pequeña velocidad; pero como en este caso la máquina actúa como generador de corriente, si dicha corriente se lanza a las subestaciones, obliga a que la tensión engendrada en la máquina sea superior a la que existe en las subestaciones, y para conseguir que la máquina engendre esta tensión, es preciso que circule a velocidad elevada.

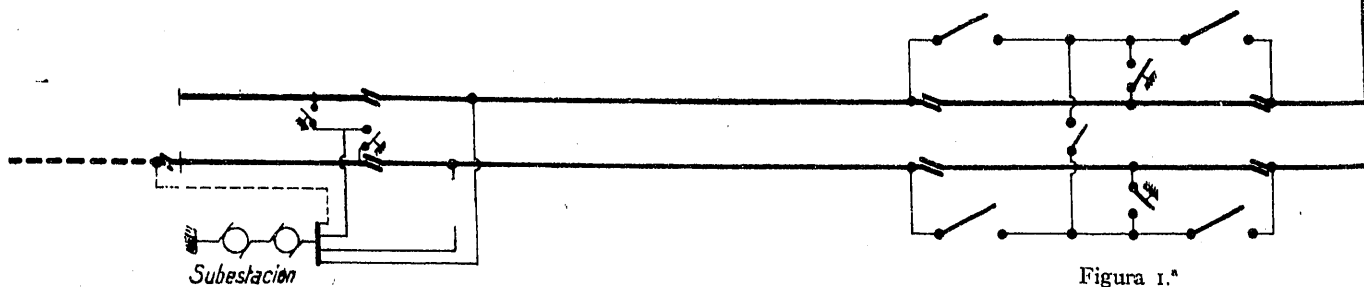
En cambio, con la puesta en paralelo, la corriente engendrada por las máquinas que bajan por una vía, pasa a la vía contraria, en rampa, en la cual los trenes que suben tienen menor tensión en línea que la que existe en las subestaciones, o sea que las máquinas que bajan no necesitan engendrar tanta tensión como en el caso anterior, pudiendo, por ello, bajar frenando con recuperación a velocidad más moderada.

El esquema eléctrico simplificado del conjunto de la línea de contacto en el trozo Madrid-Las Matas se detalla en la figura 1.ª, en el cual puede apreciarse que, merced a los seccionadores de las estaciones, pueden ponerse las líneas en paralelo, y aislar algún trozo de estación o de vía general, por si hubiere que reparar una avería, sin que ello afecte al funcionamiento normal del resto de la instalación.

En las estaciones se dispone, como criterio general, que las vías generales sean independientes eléctricamente, tanto entre sí como de las vías secunda-

MADRID

POZUELO



rias. Éstas, en cambio, se agrupan formando haces, los cuales pueden estar con tensión o puestos a tierra, según la posición del conmutador correspondiente.

Como ejemplo de esquema eléctrico de estación de doble vía, tenemos en la figura 2.ª el de la estación de La Cañada.

En la figura 3.ª está el esquema eléctrico de la estación de Cercedilla, en vía única.

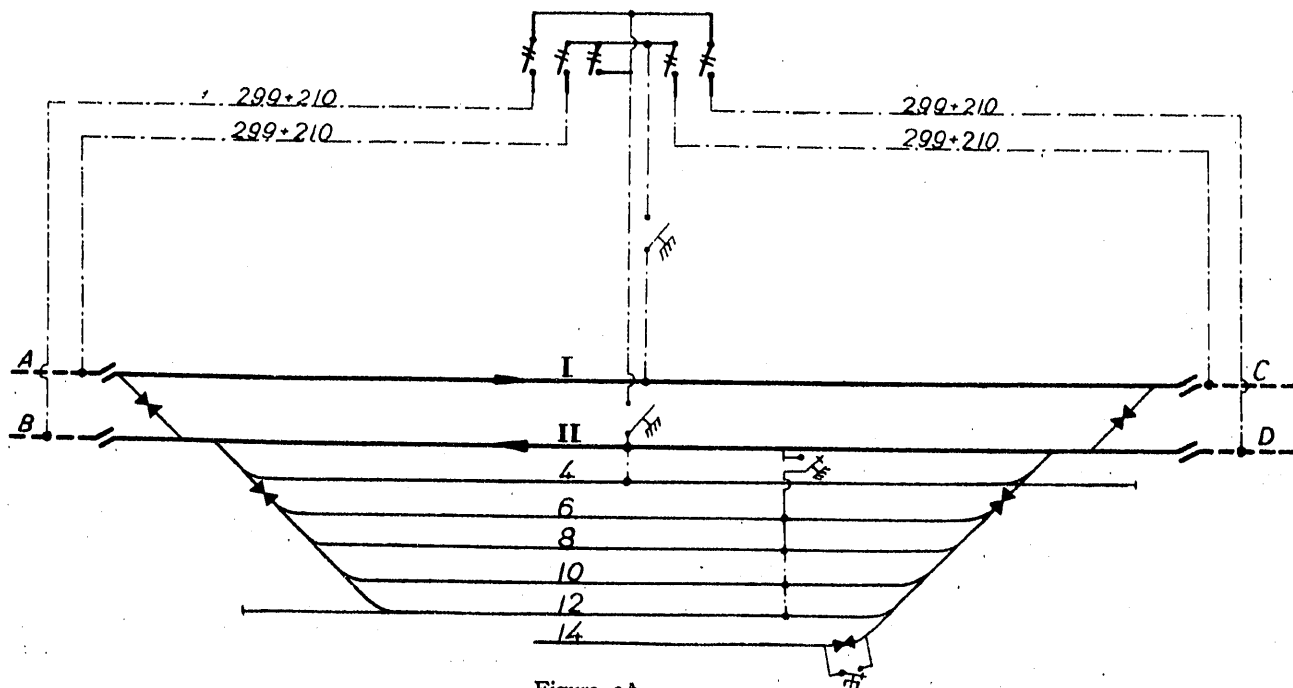
Por su mayor importancia, se representa en la figura 4.ª el esquema eléctrico de la estación de Madrid (Príncipe Pío). En él puede verse que los haces de vías están separados mediante aislamientos, de

modo que constituyen zonas de alimentación independiente. El objeto de estas separaciones es evitar que una avería, ocurrida en alguno de estos haces, afecte a toda la estación, haciendo imposible la circulación de trenes eléctricos.

Conductores.

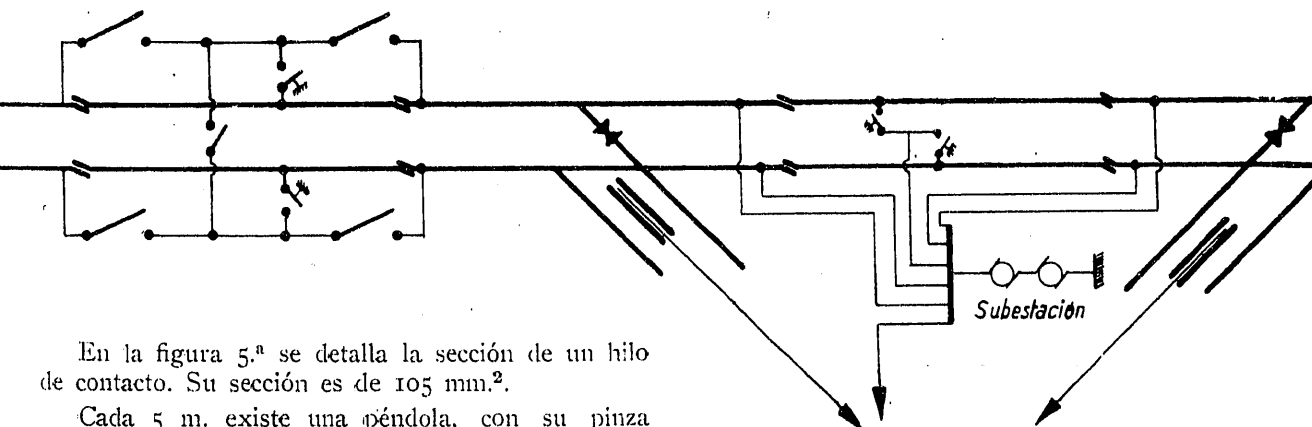
La línea de contacto en vía general tiene dos hilos de contacto, de cobre duro, ranurado, para que pueda ser colgado sin que el paso de los frotadores que captan la corriente sea entorpecido por los soportes del hilo de contacto.

La Cañada



LAS ROZAS

LAS MATAS



En la figura 5.^a se detalla la sección de un hilo de contacto. Su sección es de 105 mm.².

Cada 5 m. existe una péndola, con su pinza correspondiente, y en vía general, como hay dos hilos de contacto y las péndolas soportan alternadamente uno u otro hilo de contacto, resulta que las péndolas están distanciadas 2,50 m. entre sí.

También tienen dos hilos de contacto las vías generales de estaciones, pero el resto, o sea en las vías secundarias y apartaderos, no hay más que un hilo de contacto.

Las péndolas relacionan mecánicamente los hilos de contacto al cable sustentador.

El hilo de contacto debe quedar horizontal, por lo que las péndolas tienen distintas longitudes, según hayan de ser colocadas en el centro del vano o en las proximidades de los apoyos. Debido a esta diversidad de longitudes, se han adoptado tres tipos distintos de péndolas, que se detallan en la figura 6.^a. Todos ellos son flexibles y permiten que el hilo de

'A Clasificación'

contacto se desplace verticalmente, por la presión de los pantógrafos del material motor, lo cual asegura el contacto eléctrico entre la línea y el pantógrafo.

El sustentador en plena vía es de cobre, cumpliendo la misión mecánica de soportar los hilos de contacto y la eléctrica de conducir corriente. Su sección es de 299 mm.², a excepción del trozo de vía descendente comprendido entre Navalgrande y Avila, en el cual los trenes han de absorber poca intensidad, estando previsto que el sustentador tenga una sección de 182 mm.².

En las estaciones no hace falta disponer de más sección de cobre que la de los hilos de contacto, pues las distancias que recorre la corriente dentro de las

Cercedilla

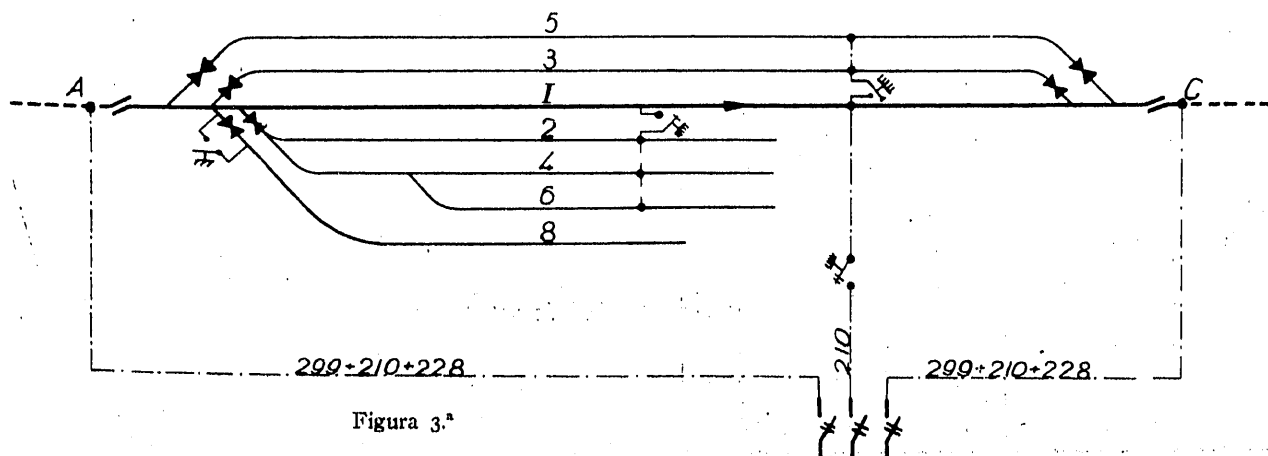


Figura 3.^a

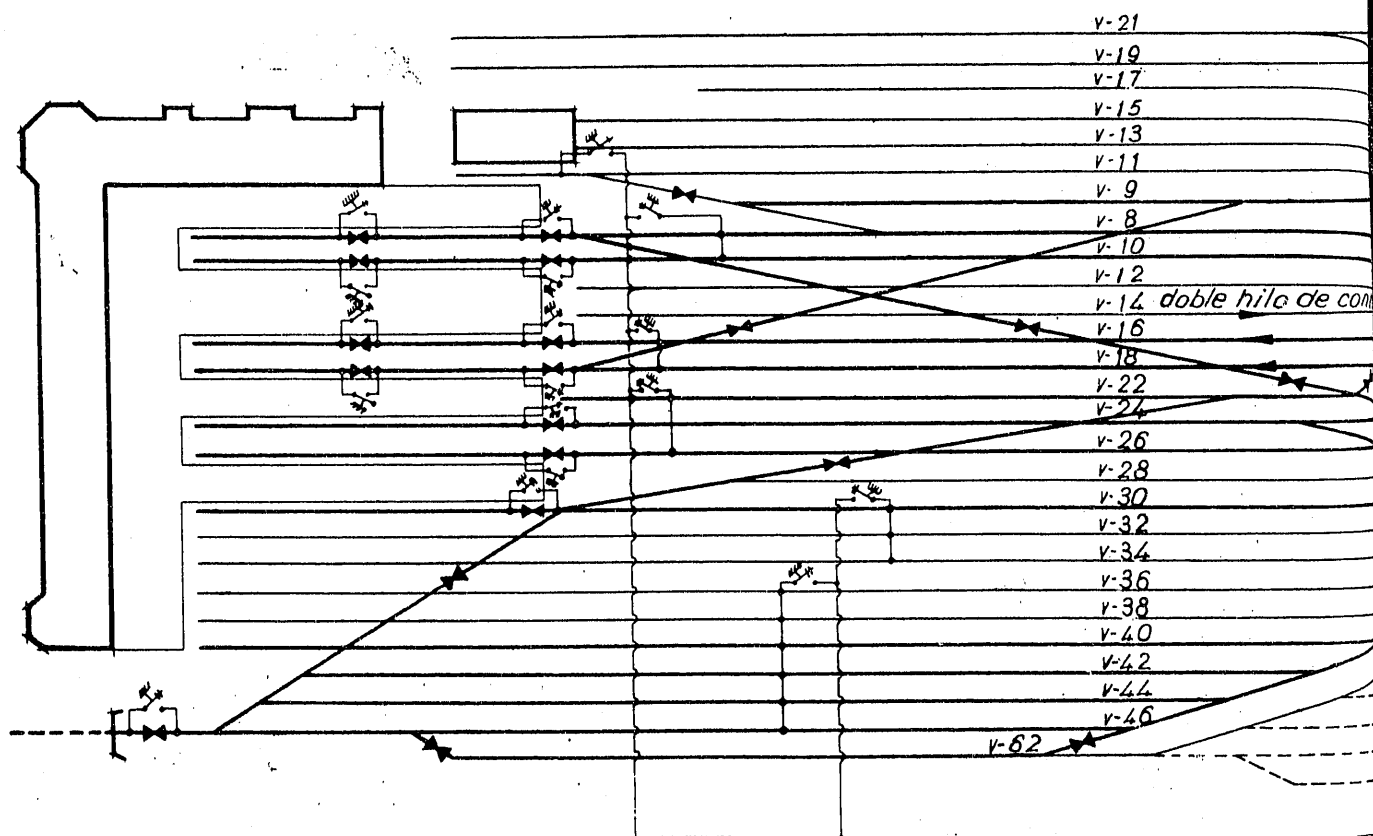


Figura 4.^a

estaciones son pequeñas. Por esto los sustentadores son de acero, de 48 mm.² de sección, y no cumplen otra condición que la mecánica de soportar los hilos de contacto.

Consecuencia del cálculo eléctrico verificado para que las caídas de tensión medias sean del orden del 10 por 100, se han adoptado las secciones de cable que se detallan en el cuadro siguiente; para este cálculo se ha tenido en cuenta la existencia de alimentadores en diversos trozos, necesarios cuando la sección de los hilos de contacto y del sustentador resulta insuficiente.

	PESO EN TONELADAS NECESARIO PARA		
	el trayecto Madrid - Avila	el trayecto Villalba - Segovia	toda la electrificación
Hilo de cont. ^o de 105 mm. ²	584,2	149,1	733,3
Cable de 299 mm. ²	633,6	237,2	870,8
» 228 »	53,2	96,6	149,8
» 210 »	75,6	19,2	94,8
» 182 »	29,5	—	29,5
» 152 »	58,7	27,1	85,8
SUMA	1 434,8	529,2	1 964,0

El consumo medio de cobre, por kilómetro, en la línea Madrid-Avila, es de unas 5 toneladas, y en el trayecto Villalba-Segovia, de 7,3 toneladas. El pro-

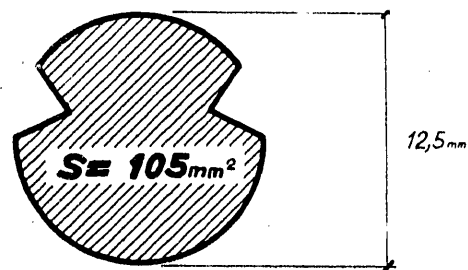
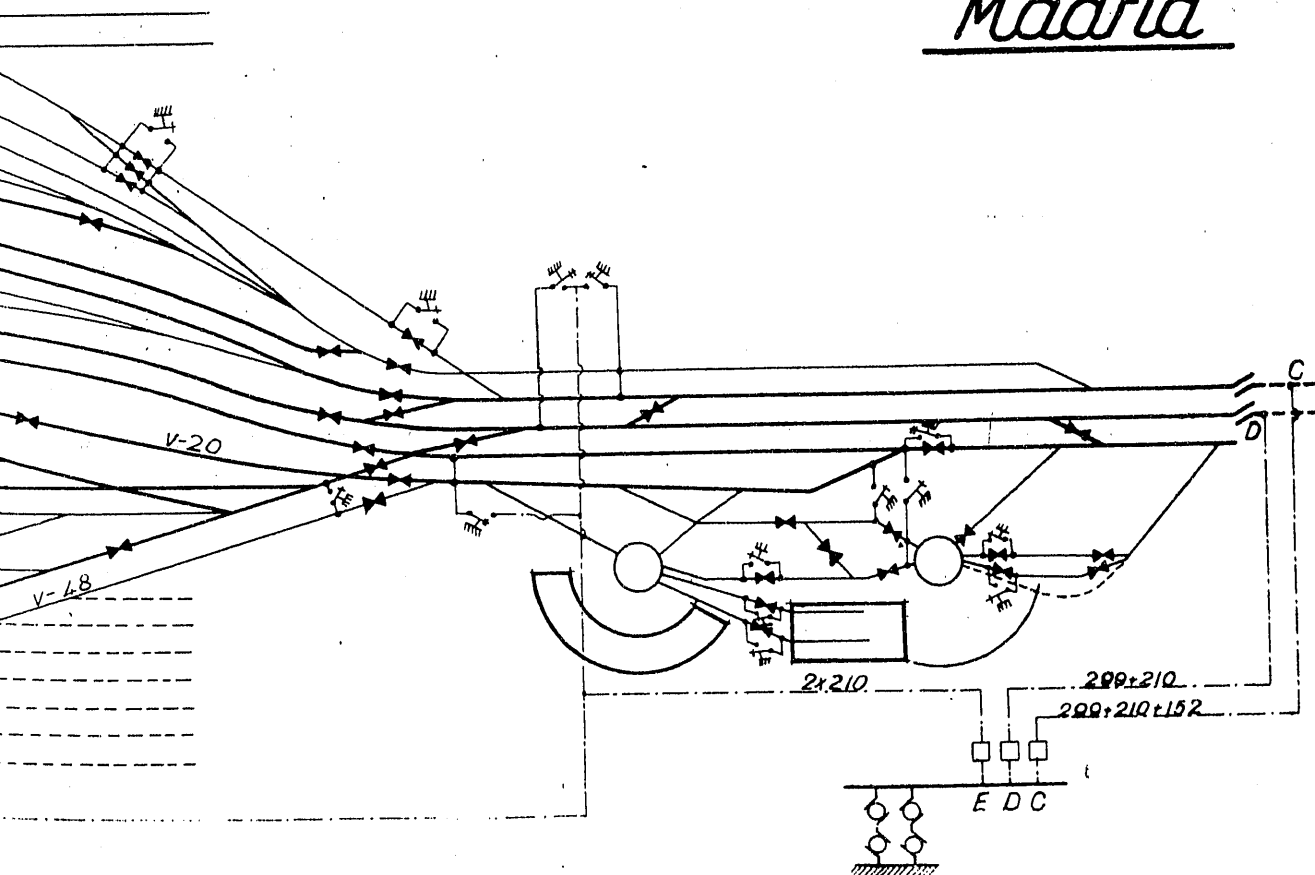


Figura 5.^a

medio de toda la electrificación es de 5,44 toneladas por kilómetro.

Puede apreciarse cómo la doble vía, con la facilidad de puesta en paralelo, reduce el gasto específico de cobre.

La distribución de las distintas secciones de cobre se detalla en los cuadros siguientes, por trayectos.

Madrid

Composición de la línea de contacto MADRID - AVILA.

SUBESTACIONES	Distancias parciales — Km.	COMPOSICIÓN		SECCIÓN TOTAL DE COBRE EN		
		Vía ascendente	Vía descendente	Vía ascendente	Vía descendente	Suma de ambas vías
Madrid	20,85	2 H. C. - 105 mm. ² 1 sust. - 299 mm. ²	2 H. C. - 105 mm. ² 1 sust. - 299 mm. ² 1 alim. - 152 mm. ²	509 mm. ²	661 mm. ²	1 170 mm. ²
Las Matas			Ídem.	509 mm. ²	661 mm. ²	1 170 mm. ²
Las Zorreras	23,40	Ídem.	2 H. C. - 105 mm. ² 1 sust. - 299 mm. ² 1 alim. - 299 mm. ²	509 mm. ²	737 mm. ²	1 246 mm. ²
Robledo			Ídem.	509 mm. ²	509 mm. ²	1 018 mm. ²
Las Navas	19,10	Ídem.	Ídem.	509 mm. ²	509 mm. ²	1 018 mm. ²
Navalgrande			2 H. C. - 105 mm. ² 1 sust. - 182 mm. ²	509 mm. ²	392 mm. ²	901 mm. ²
Ávila	17,70	Ídem.				

Composición de la línea de contacto VILLALBA- SEGOVIA.

SUBESTACIONES	Distancias parciales Km.	COMPOSICIÓN	Sección de cobre
C. Mediano . .	A Villalba 10,53	2 H. C. - 105 mm. ² 1 sust. - 299 mm. ² 1 alim. - 228 mm. ²	737 mm. ²
	15,92	Idem	737 mm. ²
Tablada	17,36	2 H. C. - 105 mm. ² 1 sust. - 299 mm. ² 1 alim. - 299 mm. ²	808 mm. ²
	18,83	2 H. C. - 105 mm. ² 1 sust. - 299 mm. ² 1 alim. - 228 mm. ² 1 alim. - 152 mm. ²	889 mm. ²
Segovia			

Características mecánicas de la línea de contacto.

Los vanos normales son de 50 m., en rectas, y en curvas, de radio mayor de 1 000 metros. Las curvas de radio comprendido entre 600 y 1 000 m. obligan a que la distancia entre postes sea de 40 m., para que el descentramiento no sea excesivo, ya que la planta de la línea de contacto es una poligonal con vértices en los apoyos. Por la misma razón, en las curvas cuyo radio está comprendido entre 300 y 600 m., la distancia entre postes debe ser de 30 m., y en aquellas cuyo radio es inferior a 300 m., la separación entre postes debe ser de 20 m.

En túneles, el vano es menor y oscila entre 20 y 25 m., siendo más frecuente el de 20 m.

En las curvas, el descentramiento máximo del

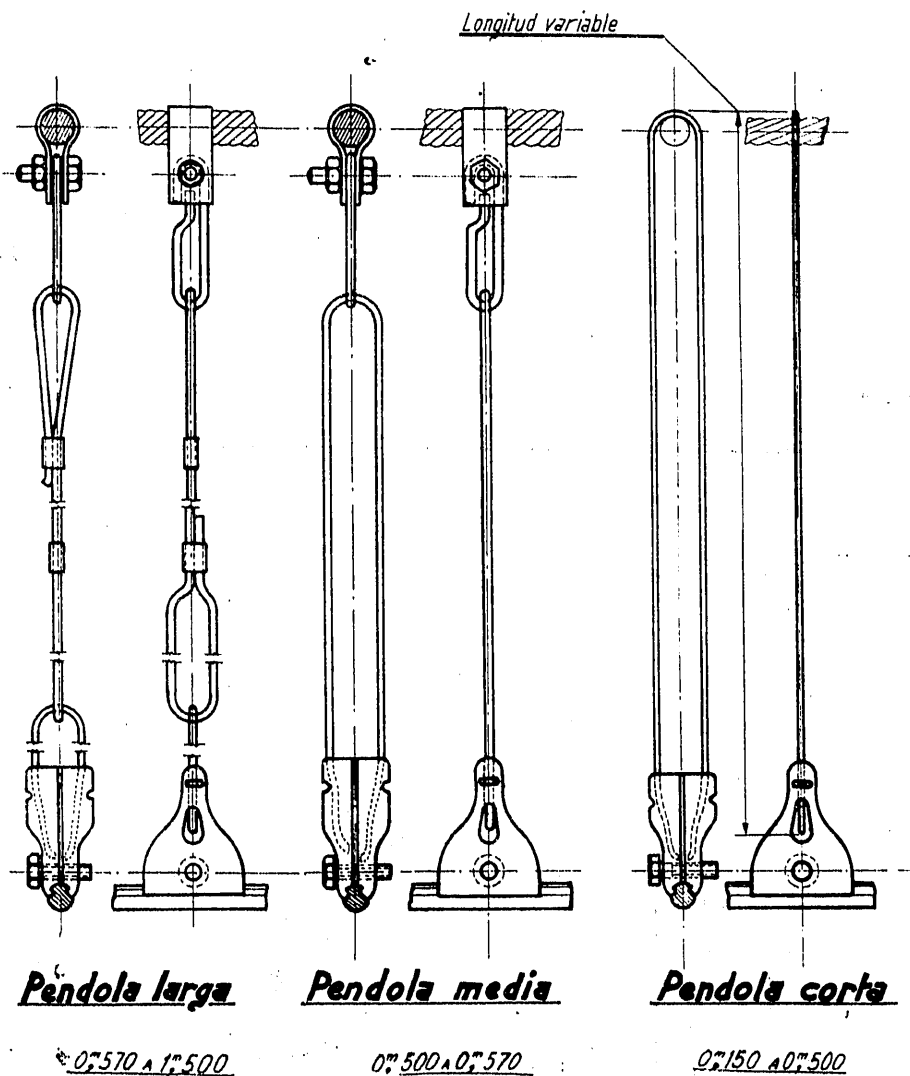


Figura 6.ª

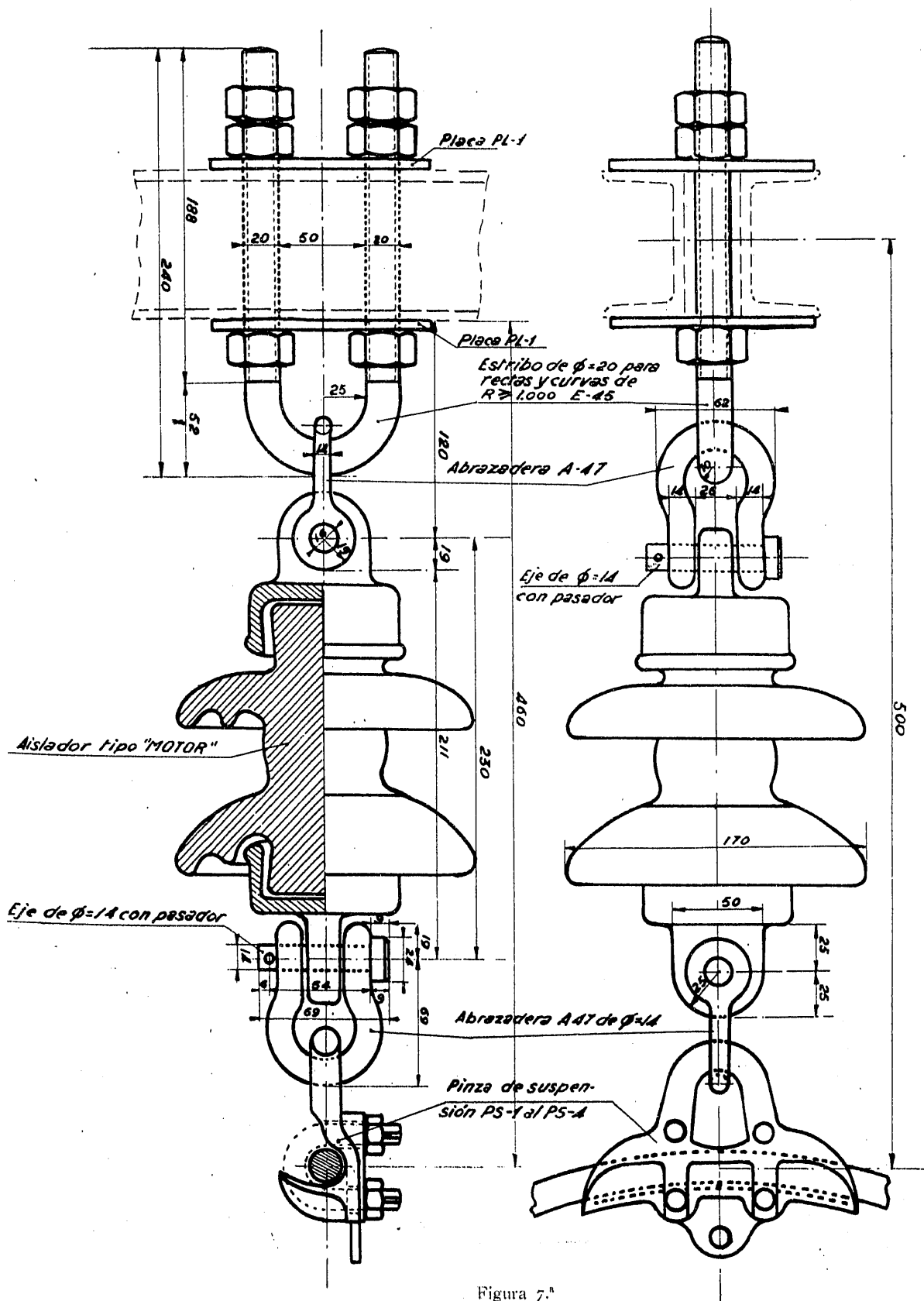


Figura 7.ª

hilo de contacto frente a los apoyos es del orden de los 25 cm., y en el centro del vano, de unos 12 cm.

En recta, para que el pantógrafo no frote siempre en el mismo punto, lo cual desgastaría desigualmente las pletinas de cobre que tiene en su parte superior para captar la corriente, se establece un zigzag en la planta de los hilos de contacto.

La altura normal de los hilos de contacto es de 5,75 m. sobre la superficie de rodadura de los carriles, pero puede reducirse hasta 4,60 m. en los sitios donde la altura es escasa, tales como pasos superiores y túneles.

En tales casos, el alzado de la línea de contacto debe presentar una variación suave de la altura, desde la que se fijan las condiciones locales del paso o túnel a la normal de 5,75 metros. El objeto de esta variación suave es que no se separe el pantógrafo de la línea de contacto después de haber pasado el paso de altura obligada, cuando circule el material motor a elevada velocidad. Si hubiere esta pérdida de contacto, se formaría un arco eléctrico con graves consecuencias. La forma normal de este enlace, en alzado, es de una curva en S, que se forma con dos parábolas de eje vertical tangentes en un punto de contacto, en el cual la pendiente es la máxima y no debe pasar del 1 por 100 respecto a los carriles.

Cadena aislante de suspensión.

La línea de contacto, que se la suele nombrar "catenaria" en el léxico ferroviario, formada por el hilo o los hilos de contacto, el cable sustentador y las péndolas, cuelga de sus soportes mediante una cadena aislante.

En principio se proyectó esta cadena con dos aisladores modelo Vedovelli, que es el tipo empleado en las electrificaciones de Alsasua-Irún y Barcelona-Manresa-San Juan de las Abadesas.

Este tipo de cadena presenta muchos inconvenientes para su adecuada conservación, por lo que en el año 1935 se decidió que esta electrificación utilizase un aislador tipo "Motor" (fig. 7.^a), que reúne importantes ventajas, pues es prácticamente imperforable y tiene gran solidez.

Las características de este aislador son las siguientes:

Tensión disruptiva en seco, mayor de 70 000 voltios.

Tensión disruptiva bajo lluvia, mayor de 25 000 voltios.

Carga de rotura a tracción, mayor de 4 500 Kg.

Si tenemos en cuenta que la tensión de servicio es de 1 500 voltios y que el máximo esfuerzo a que está sometido el aislador es de 600 Kg., puede deducirse el elevado margen de seguridad que existe, tanto mecánica como eléctricamente.

Merece la pena observar que la decisión de instalar aislador tipo "Motor" en la electrificación Madrid-Avila-Segovia, tomada en 1935, fué la primera que conocemos de utilizarlo en electrificaciones. Posteriormente, en varias extranjeras se ha empleado el referido aislador.

La consistencia de este tipo de cadena ha permitido colocar el cable alimentador colgado de los mismos apoyos que el sustentador. A este efecto, la pinza, que en la parte inferior de la cadena tiene una canal en la que se aloja el sustentador, está cons-



Figura 8.^a

truída con otra para soportar en ella el alimentador.

El aspecto de esta catenaria con alimentador es un poco extraño, como puede apreciarse en la figura 8.^a, pues sustentador y alimentador coinciden en sus apoyos, separándose en la parte central del vano.

Esta disposición resulta ventajosa, pues al estar colgados sustentador y alimentador de las mismas cadenas, se necesita menos cantidad de éstas.

El paso de la corriente entre el sustentador y los hilos de contacto se realiza mediante conexiones que se colocan en el centro del vano y separadas entre sí unos 100 m.

El contacto entre alimentador y sustentador se verifica en las pinzas de suspensión, a través de las cuales pasa la corriente que se traslada de un cable a otro. Con objeto de asegurar este contacto se estudió minuciosamente el efecto de unas conexiones que enlazasen eléctricamente ambos cables. Este estudio demostró la escasísima eficacia de dichas conexiones, por lo cual no se ha previsto su instalación.

(Continuará.)