

Principios constructivos modernos en la superestructura de ferrocarriles, aplicados en la fabricación de escarpas de resorte J. Flex y T. Flex,

por Rudolf Klein y Udo Wegner.

I. Introducción.

La fijación de los carriles del ferrocarril sobre las traviesas es un problema que, aunque tanto desde el punto de vista teórico como desde el punto de vista práctico, parece por todos conceptos resoluble de un modo satisfactorio, no se ha podido hasta ahora solucionar y quizá nunca se llegue a conseguirlo totalmente, puesto que desde hace más de un siglo que existe el ferrocarril, innumerables ingenieros se han esforzado en vano en conseguirlo. La simple apreciación de la importancia económica de encontrar una fijación duradera es ya una clara indicación de la gran importancia que tiene el encontrar solución satisfactoria al problema. El fin de este trabajo es contribuir en lo posible a ello.

Sería extraordinariamente interesante contemplar desde nuestro actual punto de vista los criterios constructivos a lo largo del tiempo y ver cómo se reflejaron los procesos técnicos y el dominio de la teoría de la fijación en las superestructuras de los ferrocarriles. En este trabajo presentamos los progresos técnicos que se pueden conseguir con el empleo de las escarpas de resorte de los tipos J. Flex y T. Flex en la fijación de los carriles en las traviesas. Los progresos técnicos de las modernas construcciones con escarpas de resorte vendrán de manifiesto que hasta el empleo de estas escarpas las superestructuras solamente se podían fijar mediante la acumulación de relativamente mucha masa en los puntos de fijación.

II. Adelantos constructivos fundamentales con las escarpas J. Flex y T. Flex.

Las escarpas se colocarán en los agujeros de las traviesas hasta que se haya conseguido la presión admisible para cada escarpa. El tamaño de la escarpa está sujeto también a dos condiciones: los cambios de situación entre el patín del carril y la traviesa debidos a las intermitentes cargas y descargas del carril deben disminuir de modo inapreciable la presión de la pestaña y no deben poner en peligro la firme sujeción de la pestaña a la traviesa. El cumplimiento de estas dos condiciones proporciona una indicación de la capacidad elástica de deformación de las escarpas.

Al resolver el problema de alcanzar la mayor presión posible con una escarpa de longitud dada se ha comprobado que por motivos económicos la sección de la escarpa, la longitud de la cabeza y, por tanto, el peso de la escarpa deben ser lo menor posible y que la longitud de la cabeza, por motivos de índole constructiva, está limitada. Sin embargo, el problema de alcanzar una

gran presión con una escarpa de sección y longitud dadas sólo se puede solucionar dando una forma especial a la cabeza de la escarpa. Se trata también de encontrar una forma de la cabeza con la que se consiga el máximo trabajo de la escarpa y una duración óptima de la fijación. Esto, sin embargo, solamente es posible cuando se pretende una cabeza de escarpa que en lo posible esté sometida a esfuerzos iguales en toda su longitud. Solamente con estas hipótesis se puede sacar provecho completamente de la resistencia del material.

Con escarpas de cabeza curva se presentan, debido al rozamiento, junto a esfuerzos de flexión que se traducen en esfuerzos de tracción o compresión, esfuerzos de torsión. Se desea, por tanto, que cada sección transversal pueda soportar simultáneamente, dentro de los límites permitidos, un esfuerzo de flexión, o sea esfuerzo de tracción y compresión y un esfuerzo de torsión, o sea, esfuerzo de empuje. Los esfuerzos simultáneos de tracción, compresión y empuje en las secciones muestra la posibilidad de aumentar la energía elástica de deformación y de reducir la masa de las escarpas.

Las escarpas conocidas hasta ahora y, en lo esencial, sólo desarrolladas de un modo empírico, no tenían, sin embargo, una forma tal que los esfuerzos de torsión suplementaria fuesen capaces de aumentar de un modo apreciable la presión. El eje o alma de la cabeza de la escarpa tiene en alguna de las escarpas conocidas una forma tan desfavorable que solamente pequeñas partes de la cabeza están sometidas a esfuerzos suplementarios de torsión. Se trataba, pues, de disminuir el rozamiento para mantener lo suficientemente pequeños los esfuerzos locales, ya demasiado elevados.

Para evitar estos inconvenientes y alcanzar finalmente condiciones favorables, se exige en las escarpas J. Flex que se cumplan las siguientes condiciones de fabricación:

1.^a El rozamiento de los brazos de la escarpa, para una longitud dada de éstas, debe ser la mayor posible.

2.^a La energía de torsión sólo debe ser una parte de la energía de flexión, para que se correspondan los diversos valores, condicionados por el material, de las resistencias a torsión y flexión.

3.^a Los esfuerzos a flexión y a torsión deben estar, para cada sección transversal, dentro de los correspondientes valores de las resistencias y en lo posible deben corresponder a los puntos límites para garantizar la mejor utilización del material.

4.^a La capa superior debe estar sometida a los modernos procesos de elaboración que garantizan una elevada resistencia a la flexión y torsión y presuponen la existencia de una gruesa zona plástica bajo la superficie.

5.^a La dureza del material debe corresponder al máximo de las resistencias simultáneas a flexión y torsión.

6.^a Para alcanzar una gran seguridad de adherencia del vástago a la traviesa, a la vez que un rozamiento suficiente, el alma de la escarpia debe tener tal forma que por el paso de la cabeza en el vástago se produzca un gran momento que guarda relación con la materia prima de la traviesa.

7.^a El tiempo de abertura de las escarpas por descarga no debe ser mayor de una milésima de segundo para garantizar la firmeza de la sujeción.

La máxima depende de la relación entre la sección de la escarpia y la de agujero. La experiencia nos enseña, además, que la resistencia de una escarpia a salirse será mayor después de la primera época. Ya, a las pocas semanas, las escarpas se sujetan más fuertemente en las traviesas y conservan éstas resistencia a salirse hasta la época en que la vida de la traviesa se acerca a su fin. Para alejar en lo posible ese momento, resulta más económico emplear solamente buenas traviesas y prescindir de aquellas que ya la experiencia muestra que tienden a abrirse.

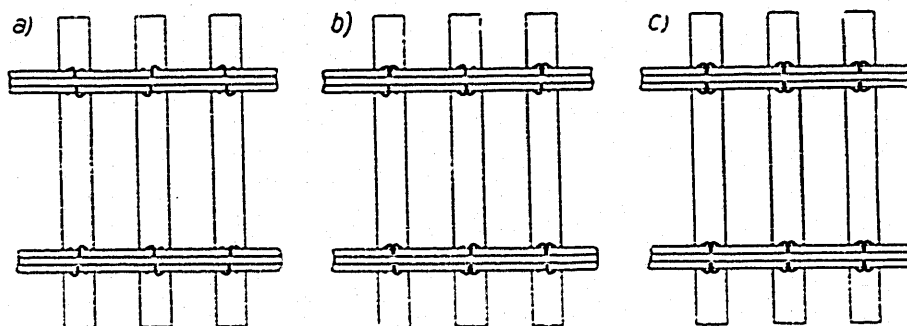


Figura 1.

III. El sistema de escarpas de resorte J. Flex.

Se cumplen las antedichas condiciones de construcción cuando las escarpas de resorte se construyen con el sistema J. Flex. Estas escarpas constan de un vástago y una cabeza de forma curva que termina en el brazo de la escarpia, de modo que el plano de la cabeza forme un ángulo de 55° a 75° , por término medio 68° , con un plano perpendicular al eje del vástago de la escarpia. Con esta elección del ángulo se consigue el mejor aprovechamiento del material al mismo tiempo que una gran fuerza de rozamiento, por la gran adherencia del vástago a la traviesa y por la gran duración del material al no estar sometido a un esfuerzo excesivo. El eje o alma de la cabeza de la escarpia sigue una curva matemática que está calculada de modo que se cumplan las condiciones dadas anteriormente.

La eficacia de la construcción sólo está garantizada para una adherencia suficiente de la escarpia a la traviesa. Los experimentos han probado que esta adherencia es determinable de antemano con suficiente seguridad, teniendo en cuenta las características propias de la madera que constituye la materia prima, y que las proporciones resultan más favorables para vástago redondo que para vástago de canto vivo, pues los cantos producen antes destrucciones en las fibras de la madera, lo cual tiene como consecuencia una disminución de la presión en el borde del agujero. Los experimentos han confirmado, además el hecho conocido de que la adheren-

cia máxima depende de la relación entre la sección de la escarpia y la de agujero. La experiencia nos enseña, además, que la resistencia de una escarpia a salirse será mayor después de la primera época. Ya, a las pocas semanas, las escarpas se sujetan más fuertemente en las traviesas y conservan éstas resistencia a salirse hasta la época en que la vida de la traviesa se acerca a su fin. Para alejar en lo posible ese momento, resulta más económico emplear solamente buenas traviesas y prescindir de aquellas que ya la experiencia muestra que tienden a abrirse.

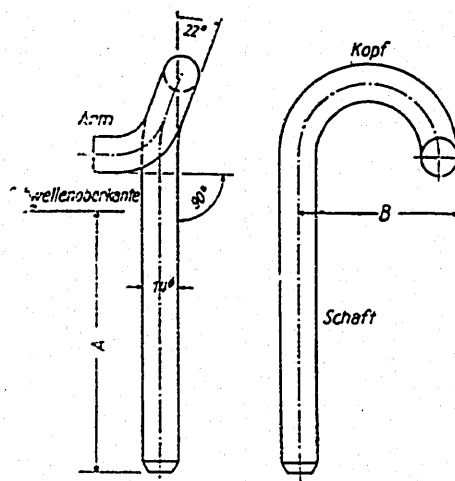


Figura 2.^a

En todo caso el patín del carril es llevado al punto más seguro por el vástago de la escarpia. La tabla 1 proporciona los datos necesarios para las escarpas de 12 y 14 mm.

TABLA 1.— Datos técnicos para las escarpas J. Flex.

Escarpas J. Flex — Diám. mm.	Rozamiento por escarpia — Kilogramos	Longitud pestaña — mm.	AGUJERO $\varnothing$		MEDIDAS	
			Madera dura	Madera blanda	A — mm.	B — mm.
12	700	11	10	S	100	40
14	1 000	11	12	10	115	62
					115	40

Con estos datos se obtiene una gran seguridad frente al movimiento, debido a que la resistencia contra el movimiento relativo del carril en su eje es mayor frente al de la traviesa que la resistencia al desplazamiento de las traviesas en el balasto. El cuadro 3 muestra un carril sujeto por escarpas según la disposición de a 3, y el cuadro 4 en la disposición de a 4.

Lo mismo que para otros tipos parecidos de escarpas puede ocurrir que se introduzcan los vástagos en el patín del carril. Tales presiones no son deseables, pues a través de ellas se podrían producir roturas en el patín del carril que aumentarían el peligro de rotura del carril. Por ello es necesario examinar esta cuestión con especial cuidado. En todo caso deben ser menores los peligros de rotura del patín, y con ello del carril, con las escarpas J. Flex que con cualquier otro tipo de es-

carpias, incluso con aquellas de sección de vástago de canto vivo, pues fundamentalmente el mayor rozamiento de las escarpas J. Flex aumenta el roce con el basamento y con ello la resistencia lateral al desplazamiento del patín del carril en la dirección del vástago. Por ello, los cantos del patín sufrirán menos con los golpes laterales del carril contra el vástago de la escarpia que en las construcciones con menor rozamiento.

IV. El sistema de escarpas J. Flex.

Las condiciones de construcción formuladas en el apartado II se cumplen también con las escarpas T. Flex, representadas en el cuadro 5. Consta de dos vástagos que casi se tocan y una cabeza que los une y que está colocada con su parte mayor sobre el patín del carril y cuya alma o eje tiene una forma curva de lazo. En las escarpas T. Flex el eje de la cabeza tiene tal forma que visto en planta sigue una curva de $\cos^2$, o una aproximación de ella, y visto en alzado sigue una curva algébrica de cuarto grado, con lo cual las partes básicas, para que tengan un gran poder de sujeción deberán estar un poco redondeadas. Si la cabeza de la escarpia debe mantenerse firmemente apretada contra el patín del carril es necesario entonces en planta una separa-

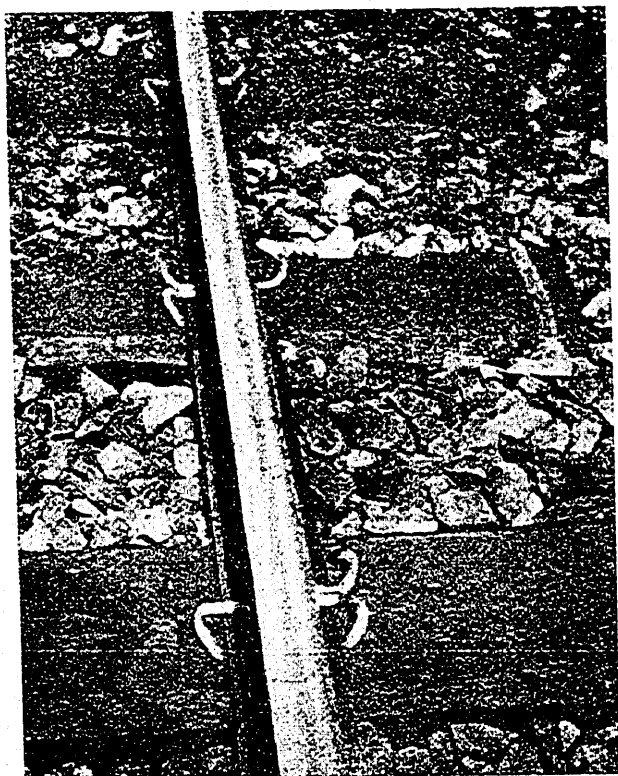


Figura 3.*

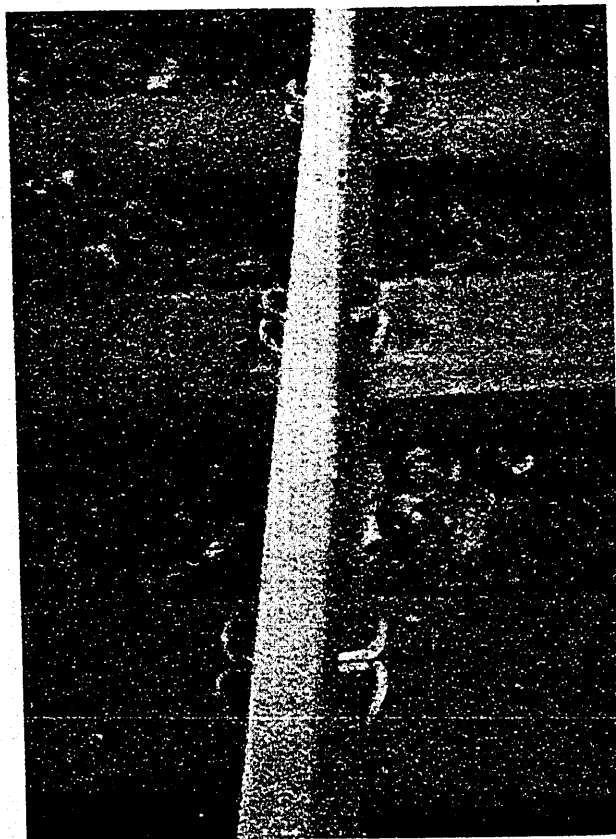


Figura 4.*

ción de las partes básicas del plano del vástago, para que las partes extremas se mantengan junto al patín del carril.

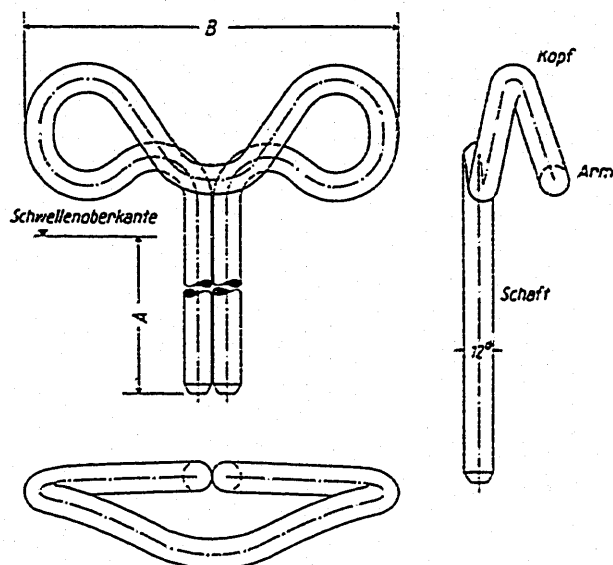


Figura 5.ª

Lo mismo que con las escarpías J. Flex, se consiguen amortiguar mucho, por medio de esfuerzos dinámicos, las vibraciones del brazo del patín en las cabezas, y por ello no se transmite al vástago, de modo que la firmeza del vástago en la madera no se reduce con ello y se mantiene hasta que lo disminuye el fin de la vida de la madera. El peligro de presiones dañinas del vástago en el patín resulta tan pequeño como con las escarpías J. Flex. Las escarpías T. Flex se construyen con diámetros de 10, 12 y 14 mm. La tabla 2 proporciona los datos correspondientes:

TABLA 2.—Datos técnicos para las escarpías T. Flex.

Escarpías T. Flex — Diám. mm	Rozamiento por escarpía — Kilogramos	Longitud pestaña — mm.	Agujero ϕ — mm.	MEDIDAS	
				A mm.	B mm.
10	1 000	10	2 $\times$ 8	95	140
12	1 600	12	2 $\times$ 10	140	160
14	2 000	12	2 $\times$ 12	140	180

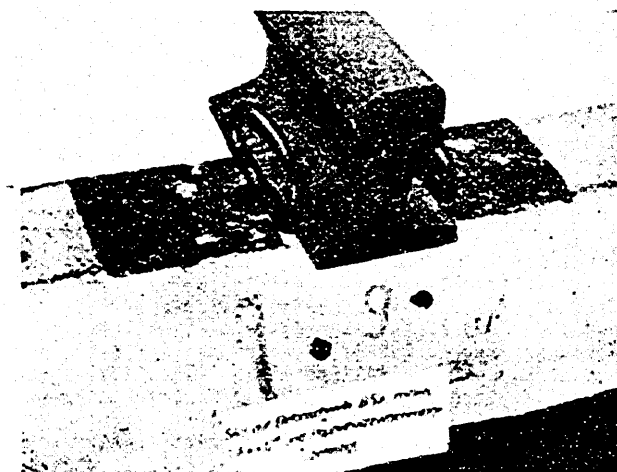


Figura 6.ª

El cuadro 6 muestra un tramo de carril sujeto con una escarpía T. Flex de 12 mm. de diámetro en una traviesa de hormigón.

En tramos electrificados se debe asegurar el aislamiento entre el carril y la traviesa. Puesto que los dos vástagos de la escarpía T. Flex están prácticamente unidos, se ha de colocar suficiente madera a ambos lados para conseguir el aislamiento.

V. Resumen.

Con las escarpías de resorte J. Flex y T. Flex se pretendía sistemáticamente crear, con pequeñas masas, una unión suficientemente fuerte entre el carril y la traviesa, y tal, que sometida a esfuerzos sufriese exclusivamente deformaciones elásticas con el mínimo desgaste y que asegurase una gran duración del material. En las escarpías J. Flex y T. Flex se han utilizado todos los conocimientos prácticos y económicos dados a conocer hasta ahora. Por ello se puede esperar que constituyan un verdadero progreso técnico en el terreno de las superestructuras, especialmente en lo que respecta a la sujeción de los carriles a las traviesas.

El cálculo de las escarpías de resortes, así como su fabricación, serán objeto de artículos que se publicarán sucesivamente.