

"Un hito en la historia del ferrocarril en España: el TALGO"

ROBERTO FAURE BENITO

Vicedecano del Colegio Oficial de Ingenieros de Construcción
Catedrático de la E.T.S. de Ingenieros Navales de la UPM

1.INTRODUCCION.

En primer lugar quisiera expresar que, en modo alguno, el que ha redactado esta Comunicación, pertenece de manera directa al mundo del ferrocarril ni conoce en profundidad los numerosos aspectos técnicos, económicos y sociales que están asociados al mismo. Como Ingeniero de la Escuela Politécnica Superior del Ejército estudié, tiempo ha, el ferrocarril, como medio básico de transporte terrestre, en caso de movilización del país.

Por otro lado, D. ALEJANDRO GOICOECHEA OMAR siguió los estudios de la antigua Academia de Ingenieros del Ejército, en Guadalajara, de la que salió en 1918 con el nº 1 de su promoción. Esta filiación hizo que Goicoechea perteneciera, desde 1953, a nuestra Asociación de Ingenieros de Construcción y Electricidad y del Arma de Ingenieros de Construcción y, por esta vía, tuve el gusto de conocerle personalmente y de interesarme más directamente por sus trabajos.

En esta comunicación solo se pretende rendir homenaje a la visión de futuro y al tesón de un ilustre predecesor de nuestro Cuerpo de Ingenieros Politécnicos del Ejército, así como destacar los puntos más relevantes hasta llegar al nacimiento de los primeros trenes TALGO.

En primer lugar, conviene destacar que el TALGO constituye un magnífico ejemplo de como avanzan la ciencia y la técnica, el inventor y el hombre de empresa, para conseguir una realización de ingeniería que resulte de utilidad al resto de los humanos.

En efecto, la ciencia y la técnica van dando pequeños saltos y, de repente, dan un gran salto. Estas discontinuidades corresponden a las ideas geniales que marcan, como los grandes acontecimientos históricos, el tránsito de una era a la siguiente, en el devenir de una ciencia.

Una característica de la aparición de estos hitos es que, casi siempre, existe un periodo preliminar en que la nueva idea "**flota en el ambiente**". Se ha llegado a un grado de desarrollo tecnológico que está pidiendo a gritos el salto. Por esta razón, muchas veces, el chispazo del nuevo planteamiento surge casi simultáneamente en diferentes lugares y con diferentes personas, lo cual provoca fuertes discusiones sobre la paternidad del invento.

Después del nacimiento de la nueva idea existe un periodo muy claro de crecimiento, de maduración o asentamiento de la misma, hasta que se plasma en una realidad tangible. Personalmente, si bien concedo mucha importancia al inventor, no creo que deba menospreciarse la tarea que desarrollan los que resuelven todo el cúmulo de pequeños o grandes detalles que permiten convertirla en algo que se fabrica, se vende, se compra y se disfruta. Es aquí donde interviene el hombre de empresa prestando su apoyo y creyendo firmemente en las ideas innovadoras. Esta es la magnífica conjunción que se dio en el caso del TALGO con la aparición en escena de D. JOSE LUIS DE ORIOL E URIGÜEN, de quien Goicoechea dejó escrito: "**D. José Luis de Oriol creyó con fé completa en mi diseño de tren. Cuantos informes recibió de todos aquellos**

dirigentes consultados en España y en el extranjero fueron totalmente negativos, capaces de hacer renunciar a cualquier empresario que no fuera D. José Luis'. ¡Cuántas ideas se malogran en nuestro país por la falta de apoyo de nuestros empresarios! Poco a poco, nos vamos dando cuenta de que la innovación es la base de la subsistencia de la empresa moderna, inmersa en una atmósfera fuertemente competitiva.

Otras veces, el chispazo que brota en el cerebro no se puede materializar porque la tecnología no es capaz de dar la respuesta adecuada. La historia de la ciencia nos enseña que, en el proceso innovador suele ser el avance tecnológico el que permite desempolvar viejas ideas y convertirlas en realidades. En el caso del TALGO también hubo que acudir a Estados Unidos para construir los primeros prototipos porque el entorno industrial español del momento no era capaz de prestar el suficiente apoyo al nuevo proyecto.

Para terminar esta Introducción, que está resultando demasiado larga, quisiéramos resaltar que el ferrocarril ha servido de soporte y mecanismo impulsor a las grandes potencias de nuestro tiempo. Baste con recordar, por ejemplo, el efecto que tuvo en el establecimiento de los Estados Unidos, para dar cohesión a sus dos costas, pacífica y atlántica, tan distantes.

Sin embargo, el ferrocarril, como todo lo humano, tuvo su momento cumbre al que siguió cierta decadencia, ante la aparición de medios tan potentes y tan rápidos como el de la moderna aviación comercial. En estas competencias siempre cabe distinguir dos momentos: en una primera reacción cunde el desánimo, al que puede seguir una moral de derrota pero, más reflexivamente, se vislumbran generalmente posibilidades de defensa. Todo es cuestión de analizar las ventajas del nuevo sistema frente al nuevo y casi siempre aparecen circunstancias que, bien aprovechadas, generan una competencia sana que renueva y estimula a los dos sistemas en liza.

2.BREVE SEMBLANZA DE UN INVENTOR.

Alejandro Goicoechea Omar nació el 23 de marzo de 1895, en Elorrio (Vizcaya). Falleció en Madrid el 30 de enero 1984. Tuvo pues una existencia dilatada y fecunda, conservando hasta su muerte unas excelentes condiciones intelectuales.

Hizo el ingreso del Bachillerato en Bilbao, estudiando con los jesuitas en Orduña. En 1912 ingresó en la Academia de Ingenieros del Ejército de Guadalajara, concluyendo los estudios en 1918. De teniente de Ingenieros (**Ver figura 1**) fué destinado, en 1918, al Regimiento de Ferrocarriles de Madrid y en 1920, ya como Capitán de Ingenieros, pasa del Ejército a la Compañía de Ferrocarriles de la Robla a Valmaseda donde prácticamente estuvo 20 años, desempeñando el cargo de Jefe de Material, Tracción y Talleres. Fué en este destino donde pudo llevar a cabo sus primeras experiencias relacionadas con el ferrocarril.

En 1938 participa en el XV Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, celebrado en Santander del 19 al 25 de agosto, presentando el trabajo "velocidad", en el que expone el principio de los trenes articulados ligeros, una de cuyas versiones es el llamado posteriormente "TALGO".("Tren articulado ligero Goicoechea Oriol").

A principios de 1941 empieza a trabajar en los talleres de Madrid de la Compañía de Ferrocarriles del Oeste y en mayo de 1942 se entrevista por primera vez con D. José Luis de Oriol y, en octubre del mismo año, se constituye "PATENTES TALGO, S.A.", con un capital social de un millón de pesetas.

De esta Sociedad, fundada con la ayuda financiera de Oriol, se desvincula años más tarde, antes incluso de que fuera inaugurado oficialmente el TALGO.

En 1941-42 circula por primera vez el prototipo experimental TALGO I (**Ver figura 2**), del que hablaremos más tarde, con una serie de pruebas entre Bilbao-Miranda, Bilbao-Valladolid y Valladolid-Avila. Goicoechea difunde su invento a través de conferencias por las más importantes ciudades de España y por diversas capitales europeas. Se patenta en USA (**Ver figura 3**) y una prueba del interés que despertó lo refleja el libro de R.A.Buckles, "Ideas, inventions and patents", publicado en 1959 en Estados Unidos, en el que se elige la patente de Goicoechea entre todas las patentes del mundo, como un ejemplo de lo que el ingenio humano puede hacer para resolver problemas fundamentales.

En diciembre de 1945 se firmó en Nueva York, con la "American Car Foundry" un contrato de construcción y compra de dos conjuntos TALGO y tres locomotoras y el 2 de marzo de 1950 el Jefe del Estado, acompañado de varios ministros efectúa un viaje a Valladolid en el TALGO. Finalmente, el 14 de julio del mismo año tiene lugar el primer recorrido, a través de la línea Madrid-Irún.

Los vehículos TALGO III, ya íntegramente fabricados en España, comenzaron a prestar servicio regular de pasajeros el 14 de Agosto de 1964 y posteriormente fueron extendiéndose a la práctica totalidad de los más importantes enlaces de pasajeros de RENFE. En 1967 se da a conocer el sistema de rodadura desplazable (RD) que permite el cambio automático de posición de los conjuntos de rodadura, al pasar el convoy por una especie de "moldes" de acoplamiento (**Ver figura 4**). Con este mecanismo, el 12 de noviembre de 1968, el TALGO "Puerta del Sol" fué el primer tren español que franqueó la frontera francesa sin necesidad de transbordo de sus pasajeros, pasando automáticamente del ancho de vía español al de la vía francesa. Resulta curioso destacar que el mismo dispositivo se utiliza ahora a la inversa cuando un TALGO que procede de Madrid y se dirige a Málaga después de circular por la vía del "AVE", de ancho europeo, ha de cambiar dicho ancho para circular por la vía de ancho español, desde Córdoba hasta su destino final.

Llegados a este punto conviene hacer una matización importante. Tanto el sistema de rodadura desplazable, como el TALGO pendular y otros perfeccionamientos introducidos desde las primeras andaduras del tren TALGO no cabe atribuirlos tan solo a Goicoechea. Este había dado la "salida", con sus ideas innovadoras geniales, pero fueron los esfuerzos continuados de la Empresa "Patentes Talgo, S.A." y de su equipo de desarrollo los que llegaron a convertir el TALGO en el magnífico tren que es en la actualidad. Alguién ha dicho que "el genio no se repite nunca" y, en efecto, en 1967 Goicoechea había fundado la Sociedad Anónima de Trenes Vertebrados, ocupándose de un nuevo tren, distinto del TALGO: el tren vertebrado con un sistema de rodadura elevado. Ya en 1958 había construido el primer modelo en la factoría francesa "Brissonneau et Lotz" que circuló, en exhibición, sobre un tramo piloto de 2 km de longitud, instalado con este fin en las Palmas de Gran Canaria, a lo largo de su paseo marítimo.

Su incansable espíritu investigador y su gran capacidad de trabajo le llevaron a tratar otros temas. Baste citar, como ejemplo, su original proyecto de enlace España-Marruecos que puede considerarse precursor de otros estudios realizados ulteriormente.

Goicoechea se retiró del Ejército habiendo alcanzado el grado de Coronel y su dilatada y fructífera dedicación a la Ingeniería le proporcionaron importantes galardones: Premio "Deus Mata" otorgado por "fomento del Trabajo" de Barcelona; Primera Medalla de Oro a la Investigación Hispánica; Medalla de Oro al Mérito Tecnológico; Primer Motor de Oro, creado por los Amigos

del Ferrocarril; Medalla de Oro al Mérito en el Trabajo; Medalla de Oro de la Ciencia en 1972; Primer Premio "Juan Cámpora", creado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Construcción y que se otorga cada cuatro años al Colegiado que se haya destacado por su labor de Ingeniería.

Es de destacar también que, en su villa natal recibiese un entrañable homenaje: dar su nombre al Centro Escolar construido en 1973 (**Ver figura 5**).

3.INVESTIGACION Y DESARROLLO DEL TALGO.

La motivación inicial de D. Alejandro Goicoechea no fué otra que la de mejorar el funcionamiento crónicamente deficitario de nuestros ferrocarriles. En efecto, veía muy pesado el vehículo ferroviario, atribuyendo la lentitud y grandes costos de los servicios a estos elevados pesos. Decía: **"si el peso del material tractor tiene su disculpa como factor de adherencia no lo tiene en el material móvil donde, a lo sumo, discuten algunos su papel antidescarrilante"**, y propugna **"lanzarse por el aligeramiento, suprimiendo carretones, bastidores, ejes, frenos, dimensiones innecesarias,etc., haciendo tabla rasa de todo cuanto se oponga a la velocidad y economía por muy ferroviario que sea"**.

En su empeño por reducir la "tara" al mínimo, desterró las uniones roblonadas y atornilladas con pesadas cartelas, construyendo el primer vagón con todas sus uniones formadas por soldadura eléctrica (primera patente de Goicoechea, 1926). Más adelante, como consecuencia de un accidente ferroviario que presenció, en el que se produjeron varios heridos, en su mayor parte por astillas de madera del coche, decidió eliminar la madera como material de construcción de coches y vagones.

Una vez aligerado el material ferroviario, el siguiente objetivo fué el aumento de la velocidad comercial de explotación del ferrocarril que, para sobrevivir, necesitaba unir a la gran ventaja de contar con una vía de transporte propia fija, la de ofrecer un servicio rápido y eficaz. Había llegado el momento en que la competencia con otros medios de transporte (carretera, aire) obligaban al ferrocarril a superar sus limitaciones.

Pero la limitación de velocidad es de muy elevado coste de mejora, ya que viene impuesta en gran parte por el trazado de la vía y en España, por su accidentada orografía, resulta de una tortuosidad innegable. Sabido es que el éxito del AVE ha venido condicionado por un trazado impecable y muy preciso de una vía especialmente tendida para su funcionamiento. Otro tanto sucede en la carretera: de nada sirve disponer de un potente automóvil en una sinuosa carretera antigua de Galicia, si se pretende conseguir una velocidad media aceptable. Podríamos decir que el AVE dispone de una autopista o, mejor aún, de una "tren-pista" para su servicio.

En definitiva, una velocidad elevada exige contar con trazados suaves y curvas de gran radio. Y son estas últimas las que vienen a imponer las limitaciones más estrictas al aumento de la velocidad, para evitar la deformación de la vía, el vuelco, el descarrilamiento y, sobre todo, para ofrecer un confort adecuado al viajero.

Sin embargo, la enorme inversión necesaria para renovar los trazados dejaba como única opción válida, para conseguir el aumento de velocidad, acudir a sustituir los coches clásicos de 85 piés (aprox. 26 m.) de longitud, apoyados en dos "bogies" montados sobre dos pares de ruedas caladas en un eje, por una sucesión de cajas cortas apoyadas en su parte posterior sobre un par de ruedas independientes y en su parte anterior sobre el centro de la parte posterior de la caja precedente. De este modo se forma una sucesión de triángulos virtuales cuyos vértices se enganchan en el centro de la base del triángulo precedente, que es a la vez punto de apoyo del peso delantero

y punto de tracción. Se consigue así un **"guiado triangular"** que permite a las ruedas girar paralelas al carril y, en curvas, hacer que la pestaña de rueda que gira sobre el carril exterior toque a este carril, a diferencia de lo que ocurre con la solución clásica de eje rígido, con un **"ángulo negativo"** de ataque, con lo que se logra un efecto antides-carrilante.

Con estas ideas, Goicoechea sacó a la vía una cadena de cortas "estructuras triangulares", construidas a base de tubos metálicos que, remolcadas por un locomotora de vapor llegó a alcanzar los 75 km/h, poniendo con ello de manifiesto que podía construirse un vehículo ferroviario ligero que proporcionaría un ahorro de energía de tracción y una menor agresividad sobre la vía. Demostrada la validez del principio, quedaban por abordar los aspectos relativos a la suspensión, etc., pero el camino quedaba ya apuntado.

Viene ahora la fundación de PATENTES TALGO,S.A. y la construcción del TALGO I. Hay que señalar que en el diseño de éste prototipo hay ya una novedad sobre el diseño inicial a base de estructuras triangulares: el punto de enganche de cada elemento ya no soporta peso. Solo soporta esfuerzos horizontales, impidiendo los desplazamientos longitudinales y transversales de los testeros. El apoyo del peso de la parte delantera del elemento se hace a través de dos puntos de apoyo que permiten formar un conjunto semi-dirigido adaptable a las variaciones de la vía, lo que proporciona un elevado índice de seguridad contra el vuelco y el telescopaje.

TALGO I. (Ver figura 2)

Con este esquema, al que se denominó TALGO I, se realizó una demostración espectacular, bajando por la Cañada entre Avila y Madrid, a una velocidad máxima de 135 km/h., con un peso por rueda de 1.250 kg.

Quedaban así sentados los principios sobre los que se desarrollaría la tecnología TALGO:

-Ruedas independientes, guiadas por la "tracción triangular"

-Articulación entre las cajas rígidas, o estructuras remolcadas, formada por:

a) un enganche central para transmitir esfuerzos de tracción y frenado, sin transmitir esfuerzos verticales de peso

b) dos miembros laterales de alineación vertical-portapesos, que proporcionan rigidez torsional al conjunto de elementos.

Consecuencia de lo anterior eran las dos características siguientes:

- Bajo centro de gravedad, conseguido al suprimirse el bogie y los ejes calados.

- Ligereza de peso

TALGO II.

El ensayo satisfactorio, realizado en el trayecto Avila- Madrid, decidió a D. José Luis de

Oriol a abordar el proyecto de construir un TALGO que fuese apto para el servicio comercial.

La realización de este proyecto debía acometerse en Estados Unidos ya que, como se ha dicho antes, en el año 1944, ni España y menos Europa bajo los efectos de la II Guerra Mundial, ofrecían posibilidades industriales para llevar a buen fin el proyecto. También se ha indicado anteriormente que el contrato se firmó con la American Car & Foundry, para la construcción de dos conjuntos TALGO y tres locomotoras.

Las cajas o elementos TALGO se construyeron con estructuras de tipo monocasco a base de chapas remachadas de aleaciones de aluminio.

Las locomotoras para remolcar estos elementos estaban equipadas con dos motores diesel, con turbo-compresión que desarrollaban, cada uno, 405 hp a 1.800 r.p.m.. Como novedad, estas locomotoras llevaban dos motores auxiliares de 156 hp cada uno, para los servicios de aire acondicionado, aire comprimido, alumbrado, calefacción, etc.

En diciembre de 1949 este material fué traído a España y, después de someterlo a diversas pruebas, obtuvo la autorización necesaria para su puesta en servicio regular de pasajeros.

TALGO III. (Ver figura 6)

Hasta aquí, los TALGO tenían una limitación, debida a ser un vehículo unidireccional que exigía disponer de raquetas para cambiar el sentido de marcha al término del trayecto.

Por esta razón la Oficina de Proyectos de "PATENTES TALGO, S. A." trabajó sobre el concepto de guiado, pasando del ángulo negativo antes citado, al ángulo "cero", obtenido por guiado radial en el que interviene no solo el coche anterior a la rodadura, sino también el posterior.

A esta mejora se incorporaron otras de suspensión, insonorización, acabado interior, etc., a fin de conseguir el máximo confort para los viajeros y, al mismo tiempo, mayores velocidades, es decir, para obtener el máximo rendimiento económico de la explotación.

El conjunto rodadura-suspensión elástica-guiado que, en el TALGO II unidireccional estaba vinculado exclusivamente al testero posterior de cada caja, en el TALGO III bidireccional está unido a ambos testeros adjuntos, el anterior y el posterior.

Para la tracción del TALGO III se utilizó inicialmente la locomotora ML-2400 B'B' diesel hidráulica, dotada de dos motores de 1.200 CV cada uno. Esta locomotora, al disponer de una sola cabina de conducción, lo cual complicaba la maniobra de cambio de sentido, fué sustituida por la ML-3000 B'B', también de transmisión hidráulica, equipada con dos motores sobrealimentados diesel de 1.500 CV cada uno. La velocidad de diseño de esta última era de 180 km/h, habiendo alcanzado en pruebas de alta velocidad hasta 230 km/h.(Resulta curioso comparar estas potencias, 3.000 CV equivalen a 2.210 kW con los 5.600 kW de potencia continua de la locomotora S-252 que se utiliza en ocasiones, como unidad tractora de los TALGO en la actualidad)

TALGO RD. (Ver figura 4)

El siguiente paso que PATENTES TALGO,S.A. se propuso dar, fué el de dar solución a

una limitación que siempre ha tenido la red ferroviaria española: el diferente ancho de vía con respecto a Europa que obligaba, en el caso concreto del transporte de viajeros, al inevitable transbordo de tren en la frontera, lo cual provocaba incomodidades y pérdidas de tiempo.

El cambio de bogies o de ejes constituyen soluciones al problema, pero son soluciones lentas, costosas y, hasta cierto punto, complicadas. TALGO se enfrenta al problema con un enfoque distinto, tratando de conseguir que el proceso sea rápido, seguro y sencillo.

Los trabajos sobre lo que se dió en llamar "Sistema de rodadura desplazable" dieron comienzo en 1966, y se extendieron hasta 1969, en que empezó el servicio regular entre Barcelona y Ginebra. La simplificación básica proviene del hecho de que el TALGO utilice una rodadura con ruedas independientes. Las distintas fases del proceso pueden verse en la figura 4.

4.TALGO PENDULAR.

Estando ya en funcionamiento regular el TALGO con rodadura desplazable, para el cambio automático de ancho de vía (TALGO RD), comienza una nueva etapa de investigación, en torno a la posibilidad de construir un vehículo inclinable adaptado a las características del TALGO. Se trata del llamado TALGO PENDULAR que constituye, por ahora, el producto más reciente de la tecnología TALGO.

Los trenes inclinables constituyen la respuesta al problema de alcanzar mayores velocidades en curva, en los trazados existentes. Si "r" es la resultante de la aceleración de la gravedad y de la aceleración centrífuga, su proyección sobre el plano de la vía (**Ver figuras 7 y 8**) es la misma para un tren convencional que para uno inclinable. Sin embargo, la aceleración sobre el plano "p" del pasajero depende de la inclinación del coche y es notablemente menor si éste se inclina hacia el interior de la curva. De esta forma, manteniendo sobre el pasajero una aceleración lateral igual a la que produciría un tren convencional, un tren inclinable puede aumentar sustancialmente la velocidad.

Una vez que se iniciaron los estudios surgió la disyuntiva de elegir entre los sistemas de basculación forzada y la "pendulación natural". Los primeros utilizan mecanismos, generalmente hidráulicos, controlados por sensores de detección de curvas, acelerómetros, giróscopos, etc., pudiéndose conseguir inclinaciones de 6 a 9 grados.

El método de pendulación natural, debido por PATENTES TALGO,S.A., se basa en elevar el punto de suspensión de las cajas de los coches a una altura superior al c.d.g., siendo la fuerza centrífuga la que inclina el coche con un ángulo que, según diseño, está alrededor de los 3 grados, en la realizaciones actuales del TALGO PENDULAR.

Resulta práctica habitual en dinámica ferroviaria denominar "s" (coeficiente de balance) a un coeficiente que, sumado a la unidad, nos da la relación entre la aceleración sobre el plano del pasajero y la que resulta sobre el plano de la vía. En un vehículo ferroviario convencional, en el que el centro de gravedad de la caja está situado por encima del plano de sustentación del vehículo, la inclinación en curva ocurre hacia el exterior (Ver figura 7) y el valor del coeficiente de balance "s" es positivo. Por el contrario, en un tren pendular, la inclinación se produce hacia el interior (Ver figura 8) y "s" toma un valor negativo.

Conviene también resaltar que la aceleración lateral en el plano de la vía que es la que limita la velocidad máxima por razones de seguridad, es totalmente independiente del ángulo de inclinación

de la caja. Depende exclusivamente de los parámetros geométricos de la curva y no de que el vehículo sea de suspensión convencional o basculante ni, por supuesto, de que ésta sea natural o forzada. Por esta razón en algunas normativas se fija la velocidad máxima en función tan solo del radio de la curva, suponiendo un peralte máximo que se sitúa alrededor de los 150 mm y como insuficiente admisible de

100 mm y con el ancho de vía del país correspondiente. Por ejemplo, la SNCF (Francia) toma como velocidad máxima la raíz cuadrada del producto $5,2 R$, siendo R el radio de la curva: así con una curva de 450 m de radio resulta una $V_{\text{máx.}}=48,37$ m/s equiv. a 174 km/h.

Por otro lado la aceleración lateral sobre el pasajero si que depende del ángulo de inclinación de la caja respecto de la rodadura. La aceleración sobre el pasajero resulta de restar a la aceleración respecto al plano de la vía el término "g.sen (alfa)". Si, por ejemplo, queremos un límite de seguridad (aceleración lateral sobre el plano de la vía) de $1,5 \text{ m.s}(-2)$ y un límite de confort (aceleración que percibe el pasajero) de $1 \text{ m.s}(-2)$, el ángulo idóneo será:

$$g \cdot \text{sen}(\alpha) = 1,5 - 1 = 0,5$$

de donde el ángulo de inclinación resulta igual a 2,9 grados que coincide con el valor de diseño del TALGO PENDULAR.

Nos queda aún por señalar el problema del retardo con que responde la oscilación de las cajas. Al principio, la opinión más extendida fué que un sistema de pendulación natural implicaba un tiempo de retardo desde la entrada en curva hasta que se inicia la inclinación del vehículo. Este retardo, indudable e incluso, la influencia que tienen en el mismo, la adecuada amortiguación de las oscilaciones transversales, hace que las aceleraciones laterales sobre el viajero, así como la velocidad con que varían dichas aceleraciones en las entradas y salidas de las curvas, resulten superiores a las del caso ideal en que no existiera ningún retardo. La pregunta que cabe plantearse es ¿cuál es el tiempo mínimo en el que se han de recorrer las curvas de transición para que, circulando con una aceleración en el plano de la vía de $1,5 \text{ m.s}(-2)$, no se rebasen los límites de confort tanto de aceleración lateral como de "sacudida" (velocidad con que varía la aceleración)?.

No podemos entrar en el análisis pormenorizado de los ensayos dinámicos llevados a cabo. Una conclusión que si podemos destacar, para responder a la pregunta anterior, es que el tiempo mínimo, con que se ha de recorrer la curva de acuerdo, ha de ser 1,5 segundos y en un estudio realizado en la línea Madrid-Sevilla (anterior a la línea del AVE), que presenta una zona verdaderamente representativa de un trazado sinuoso, al cruzar Despeñaperros, tan solo una de las 315 curvas del recorrido, para una velocidad de 200 km/h, presentaba un tiempo de recorrido de la transición inferior a los 1,5 segundos. En esta curva había que bajar a 192 km/h, para no sobrepasar los $1,2 \text{ m.s}(-2)$, considerado como máximo tolerable para la aceleración sobre el pasajero.

5.CONCLUSION.

Los franceses suelen decir que el empresario tiene tres maneras de arruinarse: el juego, las mujeres y los ingenieros y que ésta última es seguramente la más eficaz.

Con esta Comunicación, hemos tratado de rebatir esta vieja actitud, poniendo de manifiesto el resultado que dieron las ideas radicalmente innovadoras del ingeniero español

D. Alejandro Goicoechea, gracias al apoyo encontrado en un hombre que creyó firmemente en ellas, D. José Luis de Oriol y como, Patentes TALGO,S.A., ha sabido avanzar para conseguir un producto cada vez más perfeccionado y adaptado a las necesidades actuales del mundo del

ferrocarril. Sirvan estas líneas de sentido homenaje a la memoria de ambos y de esperanzada ilusión en nuestros jóvenes investigadores.

6.AGRADECIMIENTOS.

Quisiera expresar mi agradecimiento al COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE CONSTRUCCION por el apoyo que ha prestado a la idea de recordar, en el Congreso Internacional "150 AÑOS DE HISTORIA FERROVIARIA", a nuestro antiguo colegiado.

Asimismo, agradezco a la FUNDACION DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES,S.A. las facilidades que me han dado para la presentación de esta Comunicación.

Por último, quisiera dar las gracias a D. Carlos Cereceda, Director de Marketing de PATENTES TALGO,S.A. por la amplia documentación que me ha facilitado, que aparece reflejada en la bibliografía que se detalla más abajo.

7.BIBLIOGRAFIA.

La revista ASINTO, de la Asociación de Ingenieros de Construcción y Electricidad y del Arma de Ingenieros, en su número 122 de julio-septiembre de 1984, dedicó un número a la figura y a la obra de D. ALEJANDRO GOICOECHEA OMAR, con motivo de haberle concedido el Colegio Oficial de Ingenieros de Construcción, el premio JUAN CAMPORA, al haber fallecido en enero de ese mismo año de 1984.

De dicha revista entresacamos las referencias siguientes, ligadas con el tren TALGO:

- "Semblanza de un inventor", por Tomás Gomez de Dios

- "El sistema ferroviario de transporte terrestre, en relación con la comunicación humana", por A.Goicoechea

- "TALGO, Goicoechea, un luchador, un inventor", por Antonio Alberto San Felipe Cristobal

- "Facsimil de la patente del tren Articulado en Estados Unidos".

En la misma Revista se incluyen también los siguientes trabajos, relacionados con otras facetas de la obra de Goicoechea:

- "La afición montañera de Alejandro Goicoechea", por José García Fernandez, amigo personal del inventor.

- "Los trenes vertebrados Goicoechea", por Delfin Rodriguez Villanueva

- "El paso en seco del Estrecho: la aportación de Goicoechea", por José Luis García Segura

- "Nuevas alternativas al transporte terrestre", por Jaime Tamarit Rodriguez.

De la información que nos ha facilitado la empresa PATENTES TALGO,S.A. podemos

dar las siguientes referencias más destacadas:

-Revista AIT, de la ASOCIACION DE INVESTIGACION DEL TRANSPORTE, número 51, de marzo-abril de 1983, dedicado en su totalidad a la investigación y desarrollo del TALGO y conteniendo los siguientes trabajos:

-"El TALGO, un capítulo en la historia del ferrocarril", por Lucas María de Oriol y Urquijo

-"El sistema TALGO de pendulación natural", por Angel Torán Tomás

-"El TALGO PENDULAR", por Fernando Balairón de la Poza y Carlos Cereceda García

-"Ensayos dinámicos del TALGO PENDULAR", por David Tutor

-"La explotación ferroviaria con trenes de viajeros con material TALGO", por Hector Rodriguez García

-"Características generales del proceso constructivo de vehículos ferroviarios con extrusiones de aleación ligera", por José Luis Alfaro Lizcano

A la información anterior cabe añadir la de numerosos folletos de la firma PATENTES TALGO,S.A. dedicados principalmente al TALGO PENDULAR que constituye, en la actualidad, el producto estrella de la marca.

8.FIGURAS.



Fig. 8. A. Goicoechea de Oficial de Ingenieros

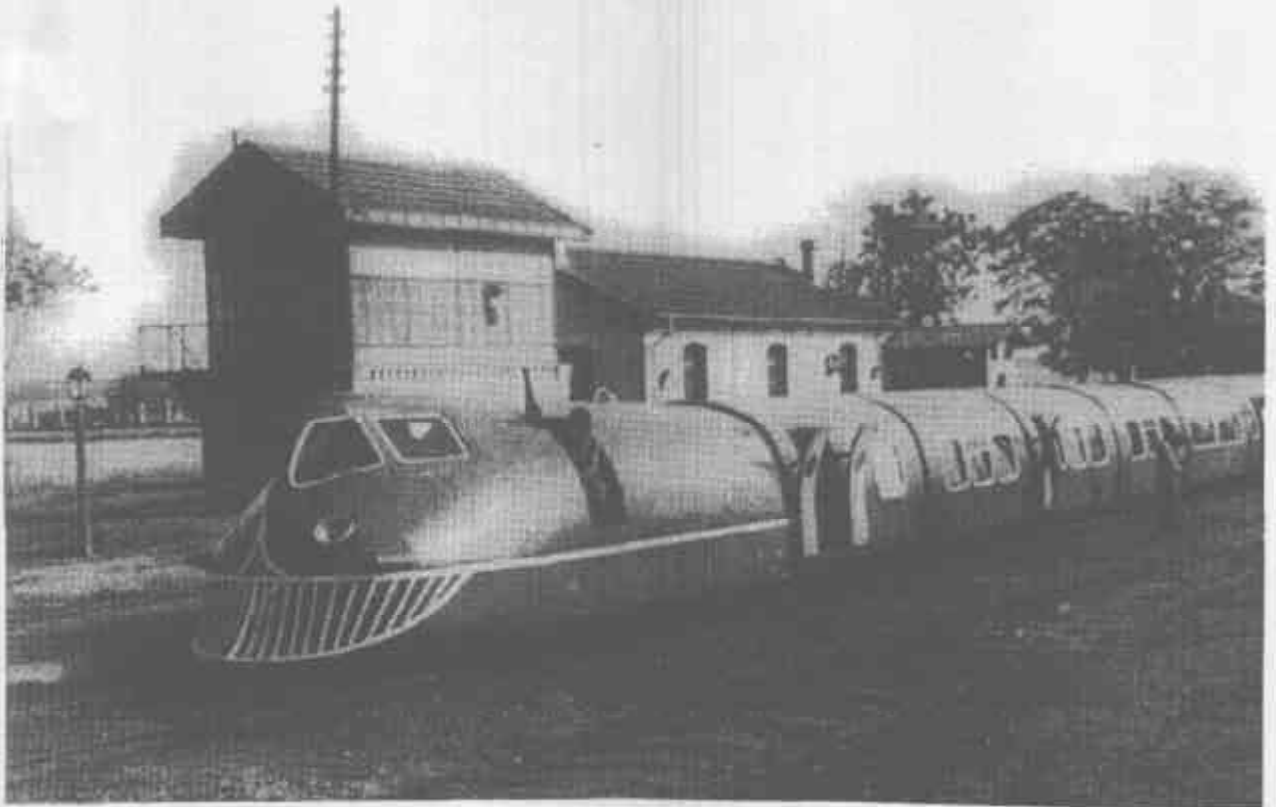


Fig. 2. TALGO I. Prototipo dotado de las originales y ventajosas soluciones técnicas de la marca.

Feb. 22, 1949.

A. G. OMAR

2,462,666

ARTICULATED RAILWAY VEHICLE

Filed April 12, 1946

5 Sheets-Sheet 2

Fig. 3.

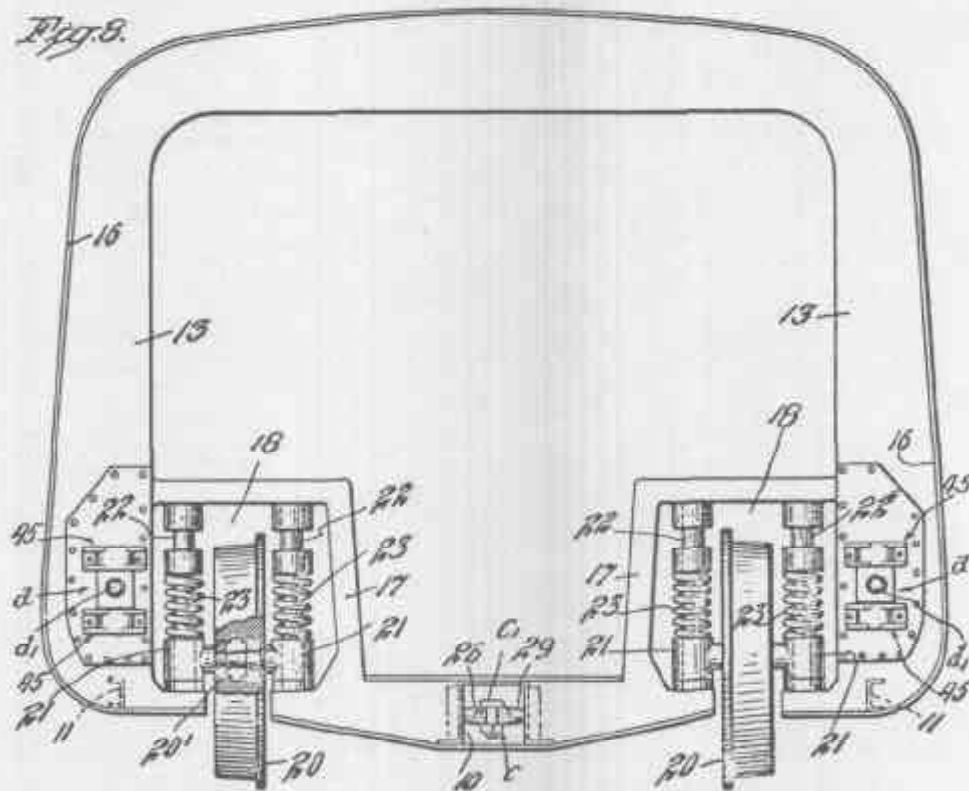


Fig. 3. Reproducción de una de las figuras ilustrativas de la patente de Talgo en USA

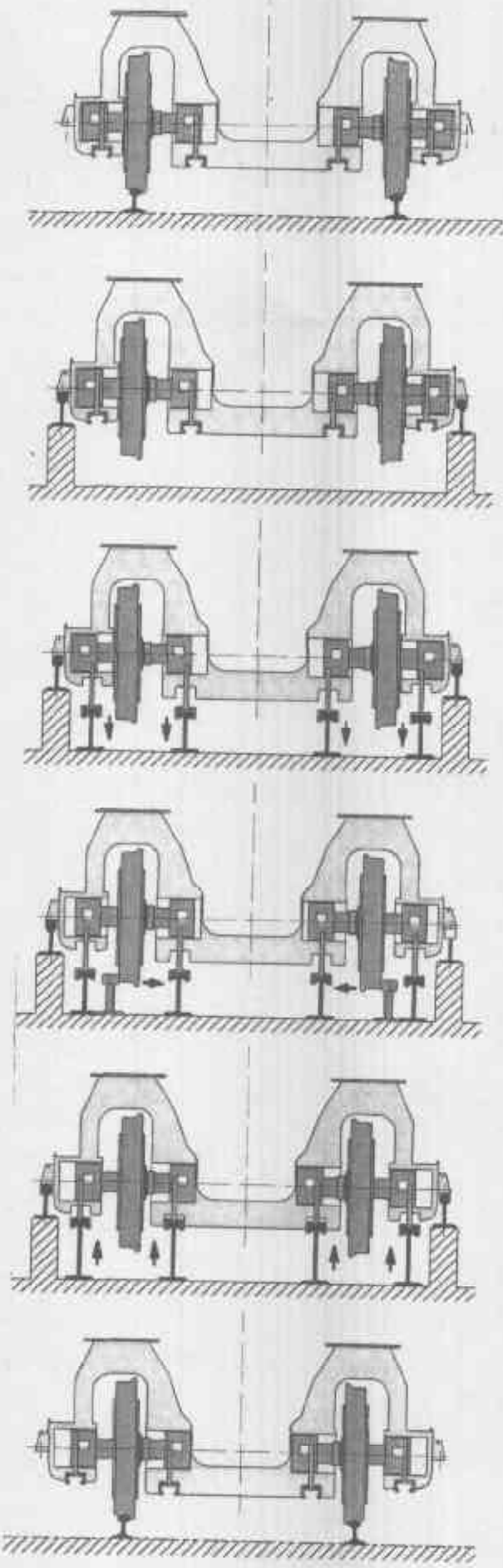


Fig. 4. Fases del cambio automático de la distancia entre ruedas del TALGO RD



Fig. 5. 1973. En la inauguración del Colegio "Alejandro Goicoechea", en Etxerri (Vizcaya)

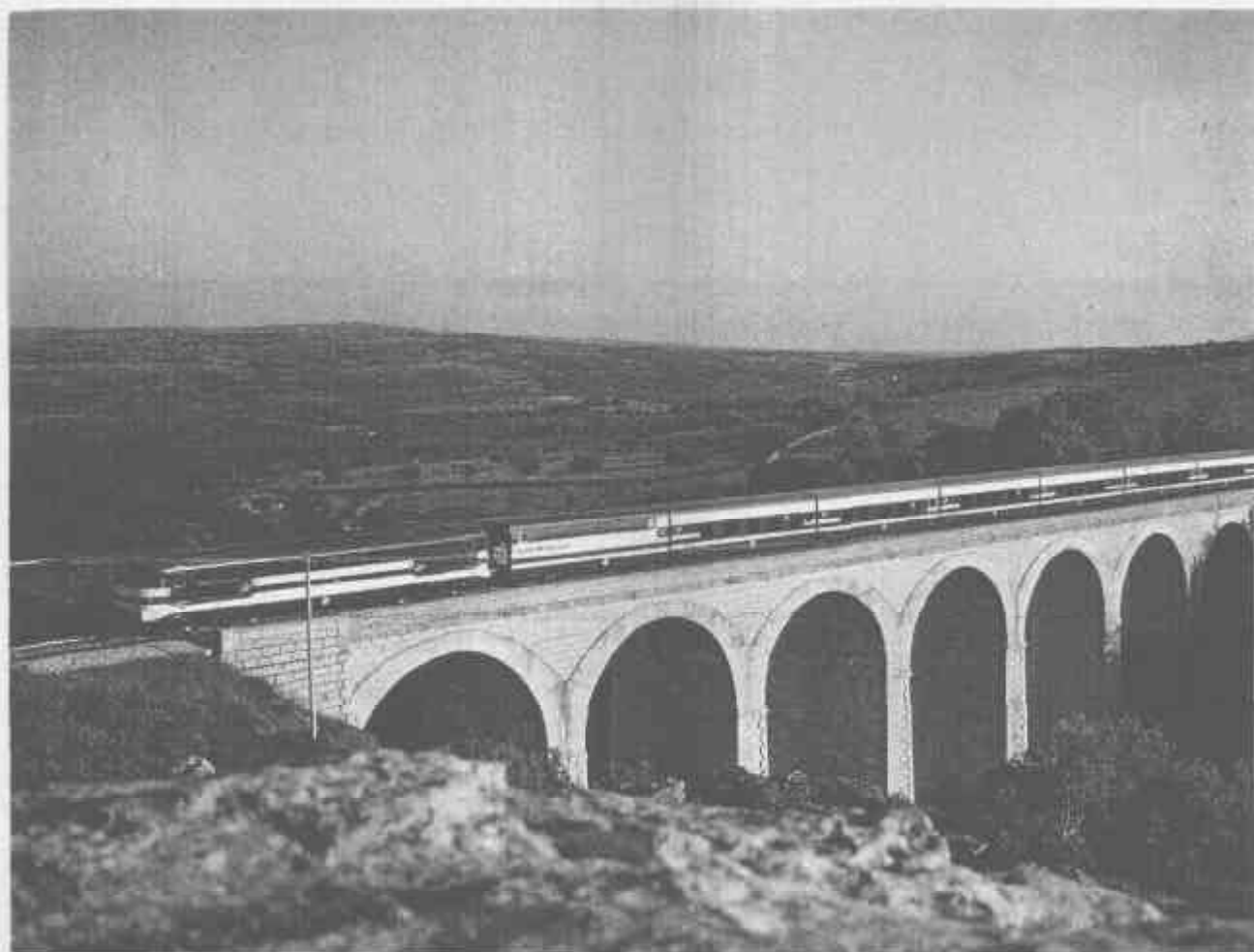


Fig. 6. EL TALGO III.

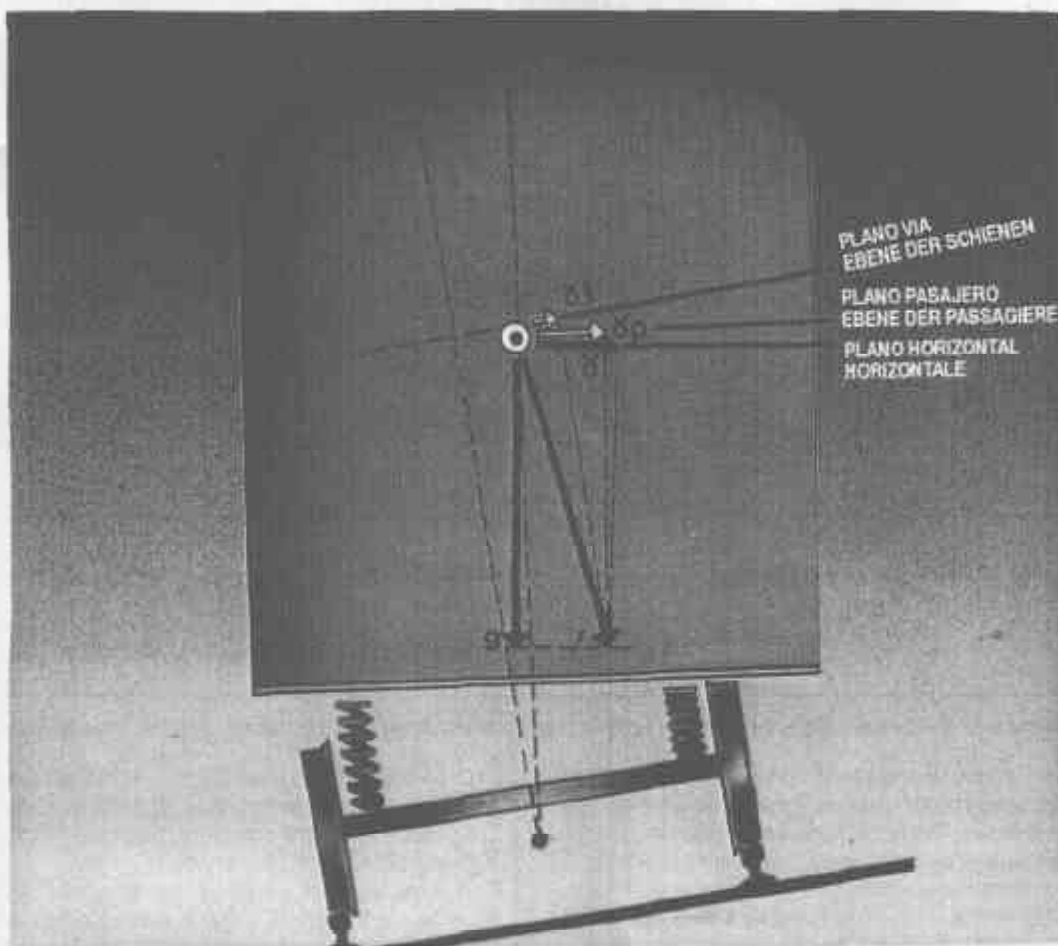


Fig 7. Trenes convencionales

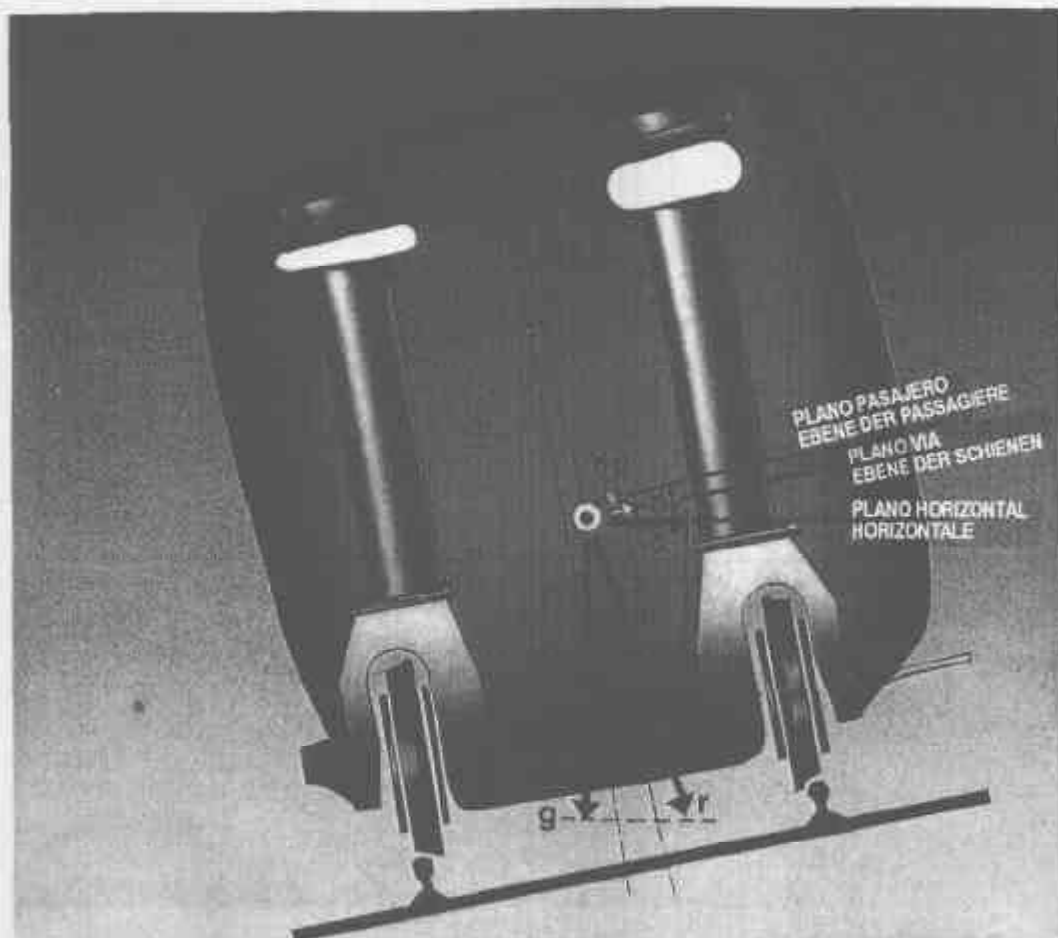


Fig-8. TALGO PENDULAR