

La solución al tranvía sin catenaria

The solution to the trams without catenary

Con el sistema de Acumuladores de Carga Rápida (ACR), se inicia la implantación de un nuevo sistema más seguro, sencillo y económico.

With the Quick Charge Accumulators (ACR in Spanish) begins the implementation of a new and more secure, easy and economical system

El pasado 20 de enero del 2010, fue presentado en Zaragoza por parte de la empresa Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF) la nueva solución para tranvías con acumulación de energía, que la compañía, en colaboración con Tranelec, conjuntamente con Ikerlan y el Instituto Tecnológico de Aragón (ITA), ofrece para solventar uno de los problemas que plantea la instalación de redes tranviarias, como es el impacto urbanístico y visual que representa la instalación de catenaria.

La demanda de un sistema de transporte cada vez más limpio y eficiente desde el punto de

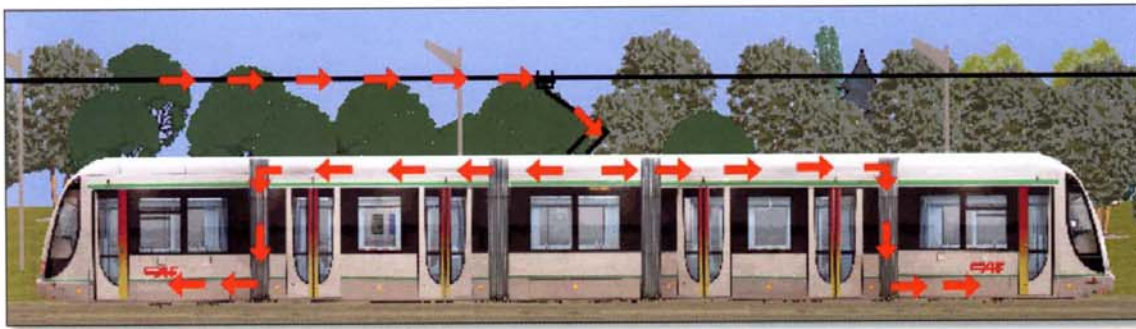
On January 20, 2010, the company Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF) introduced in Zaragoza the new solution with energy accumulation for trams, which the company, in collaboration with Tranelec and together with Ikerlan and the Technological Institute of Aragón (ITA), offers to resolve one of the problems posed by the installation of tramway networks, such as urban and visual impacts that represents the overhead line equipment or catenary.

The demand for a transport system increasingly clean and efficient from the energy standpoint had led to the implantation again of tram

Tranvía Urbos-2, perteneciente a la red de Sevilla, en la que la unidad 105 dispone del sistema ACR.

Urbos-2 tram, belonging to the network of Sevilla, in which the unit 105 has the ACR system.

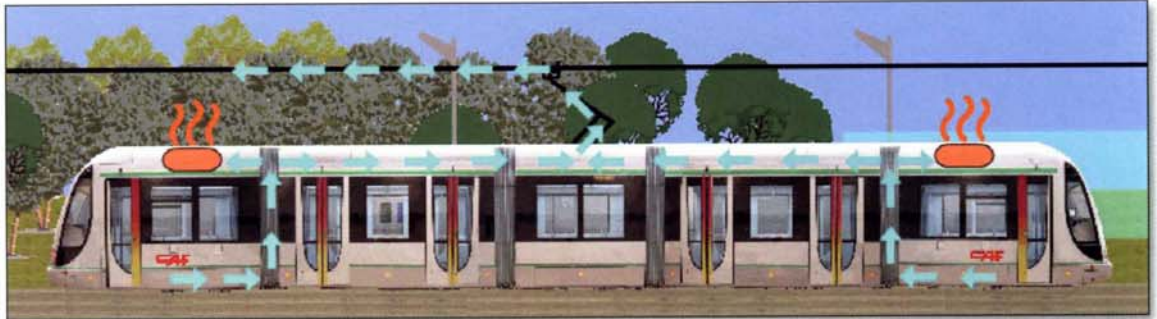




Con el sistema convencional, durante la marcha, el tranvía se alimenta con la energía suministrada por la catenaria.

With the conventional system, during the march, the tram is powered by the energy supplied by the catenary.

Durante el proceso de frenado, la energía cinética es en parte devuelta a la catenaria para ser utilizada por otros tranvías, mientras que el resto es disipada en forma de calor por las resistencias de freno.



During the braking process, the kinetic energy is partly returned to the catenary to be used by other trams, while the rest is dissipated as heat by brake resistance.



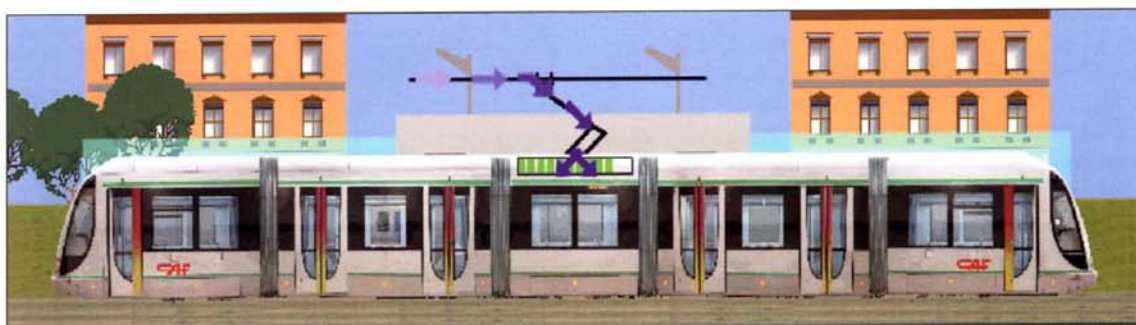
Con el sistema ACR, al iniciar la marcha desde la parada, el sistema ACR está completamente cargado. Durante la marcha entre paradas el sistema ACR suministra al tranvía la energía necesaria.

With the ACR system, when driving away from the stop, the ACR system is fully charged. During the march between stops, the ACR system supplies the tram with the necessary energy.

Durante el proceso de frenado, la energía cinética es recuperada íntegramente en el ACR, que inicia el proceso de carga.



During the braking process, the kinetic energy is recovered in full in the ACR system, which initiates the charging process.



Durante la parada se completa la carga del equipo ACR, antes de iniciar el siguiente ciclo.

During the stop, charging of the ACR equipment is completed, before starting the next cycle.

vista energético ha motivado la implantación de nuevo de redes tranviarias en diferentes ciudades con problemas de circulación. Pero, a pesar de las ventajas de este sistema de transporte, el impacto de la instalación de la catenaria está produciendo reticencias y la búsqueda de soluciones.

En todo el proceso de estudio y desarrollo del proyecto, en el que se han empleado más

networks in several cities with traffic problems. But despite the advantages of this transport system, the impact of the catenary installation is taking reluctances and forcing to seek solutions.

Throughout all the project study and development process, that has lasted more than 3 years, were studied and experienced various solutions, such as fuel cells and flywheels, be-



Acumulador de Carga Rápida que va instalado en el techo de los coches.

Quick Charge Accumulator (ACR) that is installed on the roof of cars.

de 3 años, se estudiaron y experimentaron varias soluciones, como por ejemplo pilas de combustible y volantes de inercia, hasta llegar a los ultracondensadores, los cuales pueden, además, ser complementados por otras tecnologías como las baterías para mejorar su comportamiento.

El sistema ACR está basado en unos ultracondensadores embarcados que son capaces de cargarse en las paradas y emplear la energía almacenada y producida durante la frenada, para poder realizar el recorrido entre paradas. La autonomía sin catenaria del sistema se sitúa en torno a los 1000 metros, en función de las características del trazado. El sistema está controlado por el inversor de tracción e integrado en la red informática del tren, y es posible incorporarlo a material ya existente, independientemente de su origen y de la infraestructura por la que circula.

El sistema ACR se estructura en dos elementos:

- **Convertidor DC/DC:** Gestiona la carga y descarga de la energía.
- **Sistema de almacenamiento:** Almacena la energía en supercondensadores y baterías.

El sistema tiene, además, la característica de ser modular, de forma que dispone de bloques independientes para una mayor disponibilidad, siendo posible configurar el número de módulos para ajustar la cantidad de energía instalada a las necesidades de cada proyecto.

Partiendo de estudios en los que el consumo medio de un tranvía es entre 4 y 6 kWh/km, con este sistema se puede conseguir un ahorro entre el 25 y 35%, es decir, la energía que el propio vehículo recupera en la frenada.

El diseño base que se ha utilizado es la de un tranvía de 5 coches, con una potencia nominal entre 600 y 800 kW y con una velocidad máxima de 70 km/h. La autonomía en trazados

fore reaching to the ultracapacitors, which, in addition, can be complemented with other technologies, such as batteries, for improving their behavior.

The ACR system is based on the onboard ultracapacitors that are capable of being charged at the stops and using the energy stored and produced during braking to make the journey between stops. The system autonomy without catenary is around 1000 meters, depending on the characteristics of the route. The system

is controlled by the drive in-

verter and integrated into the computer network of the train, and can be incorporated into existing material, regardless of their origin and the infrastructure through which circulates.

The ACR system is divided into two elements:

- **DC/DC converter:** Manages charging and discharging of energy.
- **Storage system:** Stores energy in supercapacitors and batteries.

The system also has the characteristic of being modular, so that has separate blocks for higher availability, being possible to configure the number of modules to adjust the amount of installed power to the needs of each project.

Based on studies in which the average consumption of a tram is 4 to 6 kWh/km, this



Unidad 105 en pruebas, por el centro de Sevilla, en la que podemos apreciar el tramo de circulación sin pantógrafo.

Unit 105 in testing phase, in the center of Seville, where can be seen the circulation section without pantograph.



uniformes y sin problemas de desniveles, considerando que las paradas se encuentran entre los 400 y 600 metros, permite mantener un amplio margen en la carga de los acumuladores.

La tecnología ACR permitirá no solo eliminar el impacto visual de las catenarias, sino que también mejorará la eficiencia energética generada en el frenado, frente a los tranvías convencionales. En el proceso de funcionamiento de los tranvías convencionales, durante la marcha, los motores y equipos auxiliares son alimentados por medio del pantógrafo de la energía que circula por la catenaria. Durante el frenado, parte de la energía cinética puede devolverse a la catenaria para su uso en otros trenes que estén circulando en proximidad, mientras que el resto de la energía se disipa en forma de calor por las resistencias de freno.

Por su parte los tranvías equipados con ACR, parten de la parada con sus equipos ACR completamente cargados y el pantógrafo bajado, circulan por un tramo sin catenaria y durante la marcha los motores y equipos auxiliares se alimentan de la energía acumulada. Al acercarse la siguiente parada y durante el proceso de

system can achieve savings between 25 and 35%, i.e., the energy the vehicle itself recovers in braking.

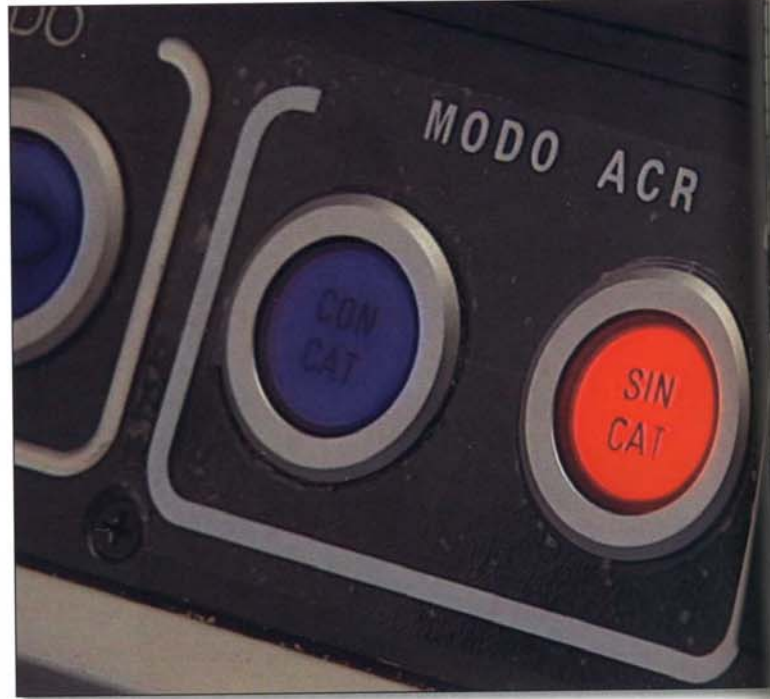
The basic design used is a 5 cars tram, with a rated capacity between 600 and 800 kW and a maximum speed of 70 km/h. The autonomy in uniform and one level routes and considering that stops are between 400 and 600 meters, allows maintaining a wide margin in the charge of accumulators.

ACR technology will not only eliminate the catenary visual impact, but will also improve the efficiency of the energy generated in braking, compared with conventional trams. In the process of conventional trams operation, during the march the engines and auxiliary equipments are powered via the pantograph by the energy that flows through the catenary. During braking, a part of the kinetic energy can be returned to the catenary for use on other trains that are circulating in the area, while the rest of the energy is dissipated as heat by brake resistance.

For their part, trams equipped with ACR are leaving away from the stop with their ACR equipment fully charged and pantograph low-

Tranvía Urbos-3, que realizará las pruebas en Zaragoza.

Urbos-3 tram, which will conduct testing in Zaragoza.



Conmutadores instalados en la cabina de conducción, donde se indica el estado del pantógrafo durante la circulación.

Switches installed in the driving cabin, indicating the state of the pantograph during circulation.

frenado, la energía cinética se recupera íntegramente y se almacena en el ACR, iniciando con ello el proceso de carga. Cuando llega a la parada y mientras se produce la subida y bajada de viajeros, sube el pantógrafo en el tramo de catenaria instalado en la parada y se completa la carga, para iniciar de nuevo un ciclo.

Los ultracondensadores consiguen altos parámetros de energía específica almacenada y potencia específica disponible. La velocidad de carga es alta, aproximadamente 20 segundos, y su durabilidad se sitúa en torno a los 15 años, lo que supone que serían 2 equipos los utilizados durante la vida útil de su vehículo tranviario. El ACR es, además, compatible con otras tecnologías, por lo que puede integrarse en material móvil de cualquier fabricante. Su instalación y mantenimiento son sencillos y económicamente competitivos con la inversión necesaria para su implantación.

Una vez hechas todas las validaciones y ensayos en laboratorio sobre temperaturas extremas, vibraciones, carga, etc., y después de realizar más de 1000 km. de pruebas sin catenaria y más de 1500 maniobras, este sistema se integró en los tranvías del modelo URBOS-2 de CAF, que en estos momentos están circulando por ciudades españolas como: Bilbao, Vélez-Málaga, Vitoria, etc.

Las primeras pruebas en red se han realizado en Sevilla, con unos resultados muy satisfactorios y está previsto iniciar los ensayos en el nuevo tranvía de Zaragoza.

Pero no termina aquí el desarrollo de este nuevo sistema, sino que el proceso de investigación para incrementar la eficiencia y autonomía, la reducción del volumen y peso, junto con la reducción de costes, son los siguientes objetivos que se plantea CAF.

red, circulate through a section without catenary and during the march the engines and auxiliary equipment are powered by the stored energy. When approaching the next stop and during the braking process, the kinetic energy is fully recovered and stored in the ACR, thus starting the charging process. When the tram reaches the stop and while passenger boarding and disembarking, the pantograph is raised up on the catenary section installed at the bus stop and charging is completed, to start the cycle again.

The ultracapacitors reach high parameters of specific energy stored and specific power available. The charging speed is high, about 20 seconds, and its durability is around 15 years, representing that only 2 equipments will be used during the life of the tramway vehicle. The ACR is also compatible with other technologies, so it can be integrated into any manufacturer's rolling material. Its installation and maintenance are simple and economically competitive with the investment required for implementation.

Once made all the validations and laboratory tests on extreme temperatures, vibration, charges, etc., and after making more than 1000 km. of tests without catenary and more than 1500 maneuvers, this system was integrated into the model trams URBOS-2 from CAF, which are currently circulating in Spanish cities such as: Bilbao, Vélez-Málaga, Vitoria, etc.

The first tests on a network have been performed in Seville, with very satisfactory results, and is scheduled the beginning of tests on the new Zaragoza tram.

The development of this new system does not end here, but the research process to increase efficiency and autonomy, reducing the volume and weight, along with reducing costs, are the following objectives that arises CAF.