



EN CAMINO HACIA FRMCS

DISEÑANDO EL FUTURO DE LAS COMUNICACIONES FERROVIARIAS

Traditional. Innovative. SOLUTIONS.

funkwerk)))





Desde 1981, Funkwerk desarrolla y fabrica sistemas de radio para empresas ferroviarias de todo el mundo. Como líderes del mercado mundial, ofrecemos soluciones a medida para la comunicación de voz y datos a través de redes móviles analógicas y digitales (GSM-R/4G/5G) en el ferrocarril.

Los sistemas de comunicación de Funkwerk están preparados para los retos del futuro gracias a su modularidad. Tenemos en cuenta las tecnologías y los estándares más modernos y desarrollamos soluciones a medida.

DISEÑAR EL FUTURO DE LAS COMUNICACIONES FERROVIARIAS

Gracias a la integración de tecnologías pioneras, Funkwerk ya ha contribuido de manera decisiva en el pasado a la transición de la radio analógica a la digital en los trenes. Hoy en día se avecina un nuevo cambio tecnológico con la introducción de FRMCS como estándar europeo basado en 5G para las comunicaciones ferroviarias del futuro.

Funkwerk está muy involucrado en el diseño del estándar y ya fabrica toda una serie de módulos y dispositivos para que las instalaciones nuevas y existentes sean compatibles con FRMCS.

Este folleto le ofrece una visión general de nuestra estrategia de migración hacia FRMCS.

COMUNICACIÓN FERROVIARIA DE ÚLTIMA GENERACIÓN



La introducción del FRMCS es la base para el funcionamiento ferroviario digital del futuro, que tiene como objetivo aumentar la eficiencia, la fiabilidad y la seguridad. Basado en la tecnología de radio 5G, el nuevo estándar sienta las bases para la comunicación basada en IP al separar el sistema de transmisión de la aplicación. El FRMCS complementa al GSM-R y lo sustituirá más adelante para llevar la comunicación entre los vehículos y la infraestructura a un nuevo nivel.

Desarrollamos componentes FRMCS para reequipar los sistemas de radio ferroviaria existentes, así como soluciones completas para vehículos nuevos. Nuestro objetivo es facilitar una transición fluida y apoyar las vías de migración individuales. De este modo, garantizamos **la seguridad de la inversión** a largo plazo para sus sistemas existentes. Funkwerk le acompaña como socio en su camino hacia el futuro de las comunicaciones ferroviarias.

Además de seguir desarrollando nuestros sistemas certificados, ponemos mucha pasión y motivación en el desarrollo de soluciones futuras, como nuestros próximos sistemas de radio para trenes **MESA all:nexo®**.

SU CAMINO HACIA FRMCS

Funkwerk participa de forma decisiva en el proceso de estandarización, el desarrollo y las pruebas para la introducción de FRMCS y colabora activamente en los comités europeos. Los planes actuales de la Comisión Europea prevén crear el marco legal para la introducción y homologación de FRMCS hasta 2028 y, a continuación, permitir el despliegue de la tecnología. Se estima que la fase de migración de GSM-R a FRMCS llevará entre 10 y 15 años adicionales en Europa.

Funkwerk ya está desarrollando conceptos y soluciones de migración. La familia de productos MESA® existente se puede actualizar para el uso de FRMCS. La **plataforma MESA®**, preparada para el futuro, permite una migración segura hacia FRMCS gracias a su arquitectura modular. La actualización es posible sin necesidad de sustituir todo el sistema de radio, lo que requeriría una inversión considerable y llevaría mucho tiempo.

Las futuras plataformas **MESA all:nexo®** serán compatibles de forma nativa con FRMCS y serán retrocompatibles con estándares anteriores a través de módulos ya disponibles.

SOLUCIONES INTEGRADAS DE FUNKWERK

Como proveedor de soluciones de comunicación a bordo, desarrollamos y fabricamos componentes relevantes para el sistema para vehículos nuevos y usados, así como para la migración de sistemas de radio para trenes ya existentes:

- ▶ Equipos/sistemas de radio para trenes
- ▶ Pasarelas FRMCS como interfaz para aplicaciones a bordo
- ▶ **Aplicaciones cliente FRMCS MCX** para comunicación de voz y datos
- ▶ Unidades de control/MMI (componentes de visualización y audio)
- ▶ Sistemas de antenas innovadores para una comunicación optimizada

Además de la tecnología FRMCS, Funkwerk también ofrece servicios para la integración satisfactoria del sistema en el vehículo:

- ▶ Gestión de la certificación
- ▶ Asistencia en la homologación de vehículos
- ▶ Servicios de ingeniería

COMUNICACIÓN MULTIMODAL SEGURA MÁS ALLÁ DE LAS FRONTERAS

Desde la introducción del GSM-R a principios de la década de 1990, desarrollamos todos los sistemas de radio para trenes para varios modos de funcionamiento, con el fin de garantizar su funcionamiento en las más diversas regiones y países, más allá de las fronteras nacionales.

Gracias a su diseño modular coherente y a la separación entre el hardware y el software, podemos implementar cualquier estándar de radio actual y futuro en un solo sistema. Esto garantiza un soporte y un servicio a largo plazo para su inversión.

La **familia de productos MESA®** se puede configurar para cualquier tipo de uso con la ayuda de nuestros diversos módulos adicionales. Desde la comunicación de voz FRMCS independiente hasta las pasarelas totalmente integradas, implementamos opciones que se adaptan a sus necesidades específicas.

Los sistemas de radio móvil de Funkwerk están diseñados como dispositivos multimodo para garantizar su funcionamiento en diferentes regiones y países más allá de las fronteras nacionales.



” Con la introducción de FRMCS, proporcionaremos un sistema FRMCS a bordo que cumple con la TSI-CCS y que integra tecnología de vanguardia para la seguridad de la información y la protección contra ciberataques.

LA PASARELA FUNKWERK

A diferencia del GSM-R, el FRMCS se basa completamente en la tecnología IP. Esto aumenta los requisitos de seguridad de los componentes (ciberseguridad). Con la introducción del FRMCS, proporcionaremos **un sistema FRMCS a bordo que cumple con la TSI-CCS** y que integra la tecnología más avanzada para la seguridad de la información y la protección contra ciberataques.

La pasarela Funkwerk, su variante interna y la futura evolución hacia un sistema basado en rack proporcionarán interfaces que cumplen plenamente con la definición y la estandarización de la UIC. Funkwerk participa continuamente en el proceso de estandarización, en el que probamos nuestros sistemas en diversos proyectos piloto y de investigación. Estas pruebas constituyen la base para los siguientes pasos de desarrollo.



ACTUALIZACIÓN DE SU SISTEMA DE RADIO MESA EXISTENTE

PROTEGE TU INVERSIÓN ACTUAL

La migración a FRMCS es posible para todos los sistemas de radio para trenes MESA®. Ofrecemos varias soluciones para los requisitos específicos de su proyecto.



Diseño modular para soluciones flexibles



Probado y certificado según las normas más recientes



Protección de la inversión a largo plazo



Con el **CRLT.50**, Funkwerk ha desarrollado una radio de cabina basada en 5G. La **radio de cabina** compacta de última generación se utiliza en modernos sistemas de comunicaciones móviles y ferroviarias (5G/FRMCS). Se aloja en una carcasa doble DIN estándar y ofrece servicios de telefonía y datos, incluida la posibilidad de utilizar **aplicaciones MCX**.

El módulo de radio digital MTC18 basado en 5G con módem integrado no solo ofrece la compatibilidad ya existente con diferentes sistemas de telefonía móvil y bandas de frecuencia, sino también una excelente capacidad de futuro y flexibilidad, ya que también puede integrar sin problemas módems FRMCS certificados.



- Compatibilidad con una amplia gama de bandas de frecuencia 3GPP 5G NR y LTE
- Compatibilidad con FRMCS 900 y 1900 MHz (bandas n100 y n101)
- Potente CPU Arm® Cortex® de cuatro núcleos
- Interfaces GBit Ethernet para OB_{APP} y OB_{RAD}
- GNSS
- eSIM integrada y ranura para tarjeta SIM
- Fuente de alimentación de amplio rango de 24 a 110 VCC
- Conforme con las normas ferroviarias



MÁS DE 20 000

dispositivos portátiles focX® de Funkwerk
están en uso en todo el mundo

MÁS DE 55 000

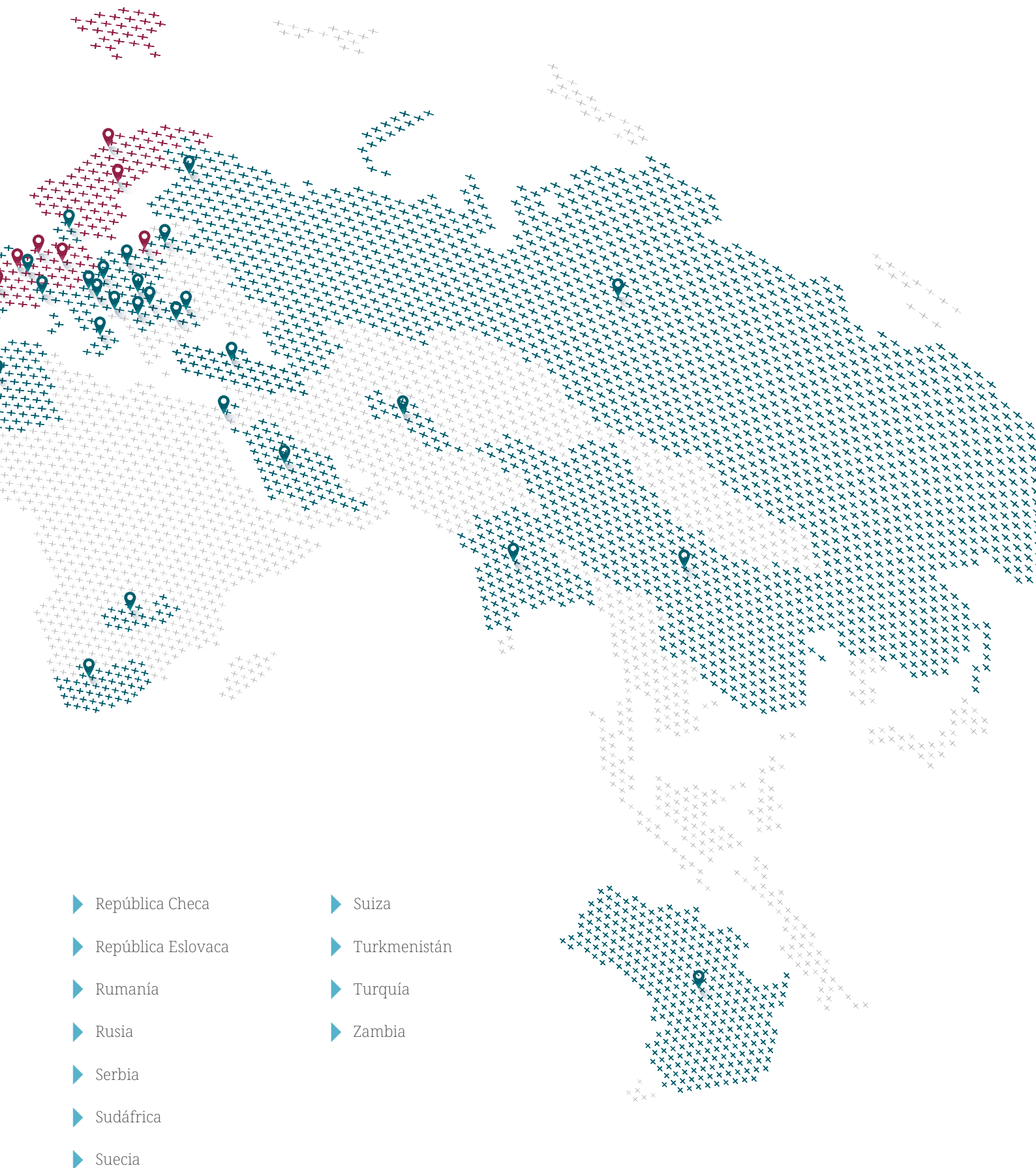
cabinas de conducción de trenes en todo el mundo
están equipadas con sistemas de radio MESA®

● Funkwerk es el principal proveedor de terminales móviles GSM-R

● Sistemas de radio para trenes de Funkwerk

- | | | | |
|----------------|-------------|----------------|----------------|
| ▶ Alemania | ▶ China | ▶ Gran Bretaña | ▶ Luxemburgo |
| ▶ Arabia Saudí | ▶ Croacia | ▶ Hungría | ▶ Marruecos |
| ▶ Argelia | ▶ Dinamarca | ▶ India | ▶ México |
| ▶ Australia | ▶ Eslovenia | ▶ Israel | ▶ Noruega |
| ▶ Austria | ▶ España | ▶ Italia | ▶ Países Bajos |
| ▶ Bélgica | ▶ Finlandia | ▶ Letonia | ▶ Polonia |
| ▶ Bulgaria | ▶ Francia | ▶ Lituania | ▶ Portugal |

MÁS DE 75 000 EN TODO EL MUNDO



SOLUCIONES PARA GSM-R Y FRMCS

TELÉFONO INTELIGENTE focX[®]2

Este robusto smartphone cuenta con un módem de radio GSM-R dedicado y cumple los requisitos de las normas EIRENE.

Las futuras generaciones de nuestros smartphones focX[®] también serán compatibles con los **requisitos FRMCS**. El focX[®]2 es compatible con GSM-R y con **clientes MCX**.

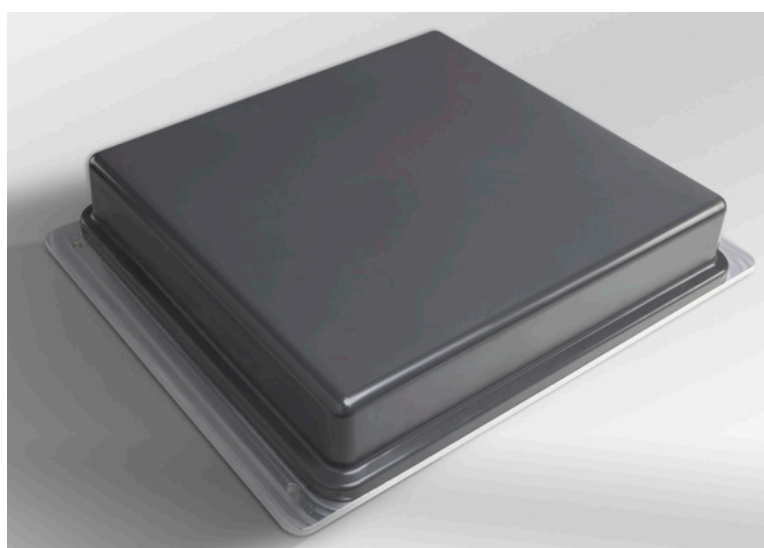


FOCX²
RESISTENTE A LAS INTERFERENCIAS
Y EXTREMADAMENTE ROBUSTO

ANTENA

Con nuestra innovadora antena Funkwerk, se pueden utilizar dos módulos de radio GSM-R en una sola antena sin interferencias mutuas, lo que libera espacio para instalar una antena FRMCS dedicada, necesaria para su migración a FRMCS.

Una vez completado el proceso de migración, la antena FANT muestra todo su potencial y es compatible con todo el espectro FRMCS regulado en Europa.



DISPOSITIVOS DE PRUEBA

Funkwerk ofrece equipos de prueba profesionales para la puesta en marcha y el mantenimiento de sistemas de radio para trenes, entre los que se incluyen

- ▶ Equipos de prueba de antenas
- ▶ Simulador de red GSM-R NETSi.1
- ▶ Probador analógico ARSIS.1
- ▶ Simulador de red analógica ETS
- ▶ Medidor de potencia de RF



Funkwerk ofrece una amplia gama de productos para el funcionamiento completo de GSM-R y FRMCS

HITO ALCANZADO

INTEROPERABILIDAD FRMCS

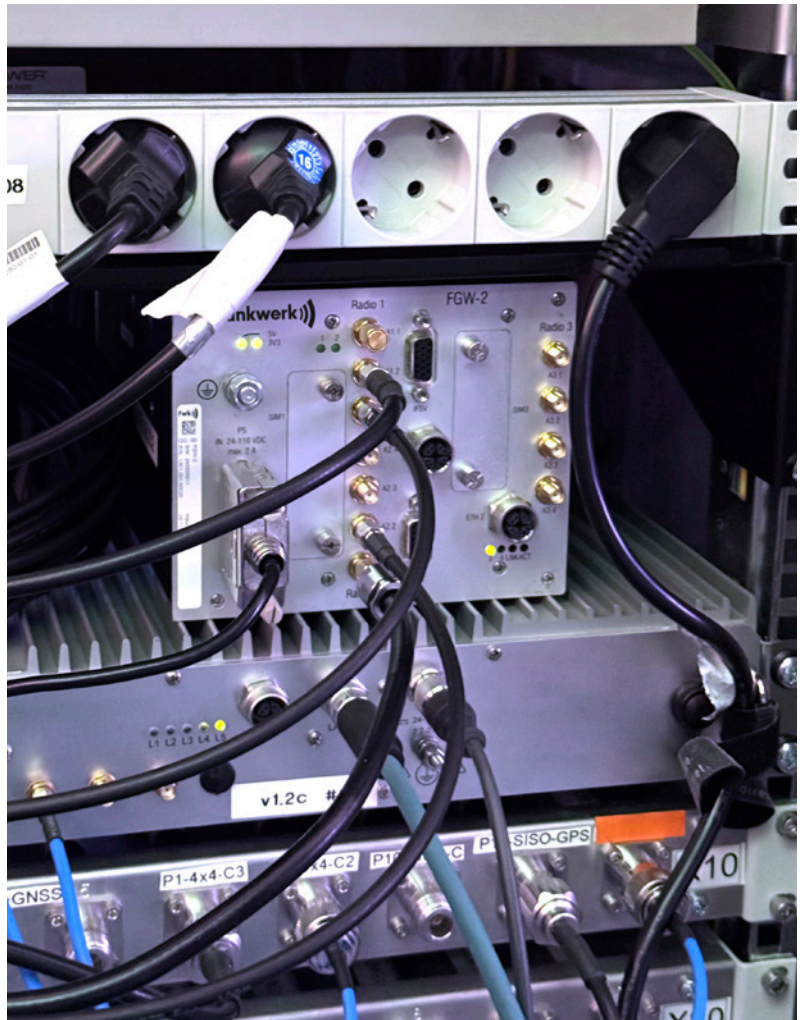
En el verano de 2025, Funkwerk alcanzó un hito importante en el camino hacia la implementación conforme a los estándares de FRMCS. En exhaustivas pruebas y demostraciones en entornos de laboratorio, así como en el campo de pruebas real del ferrocarril digital en los Montes Metálicos, Funkwerk probó con éxito la implementación IP Multipath con la **pasarela TOBA (FGW)**.

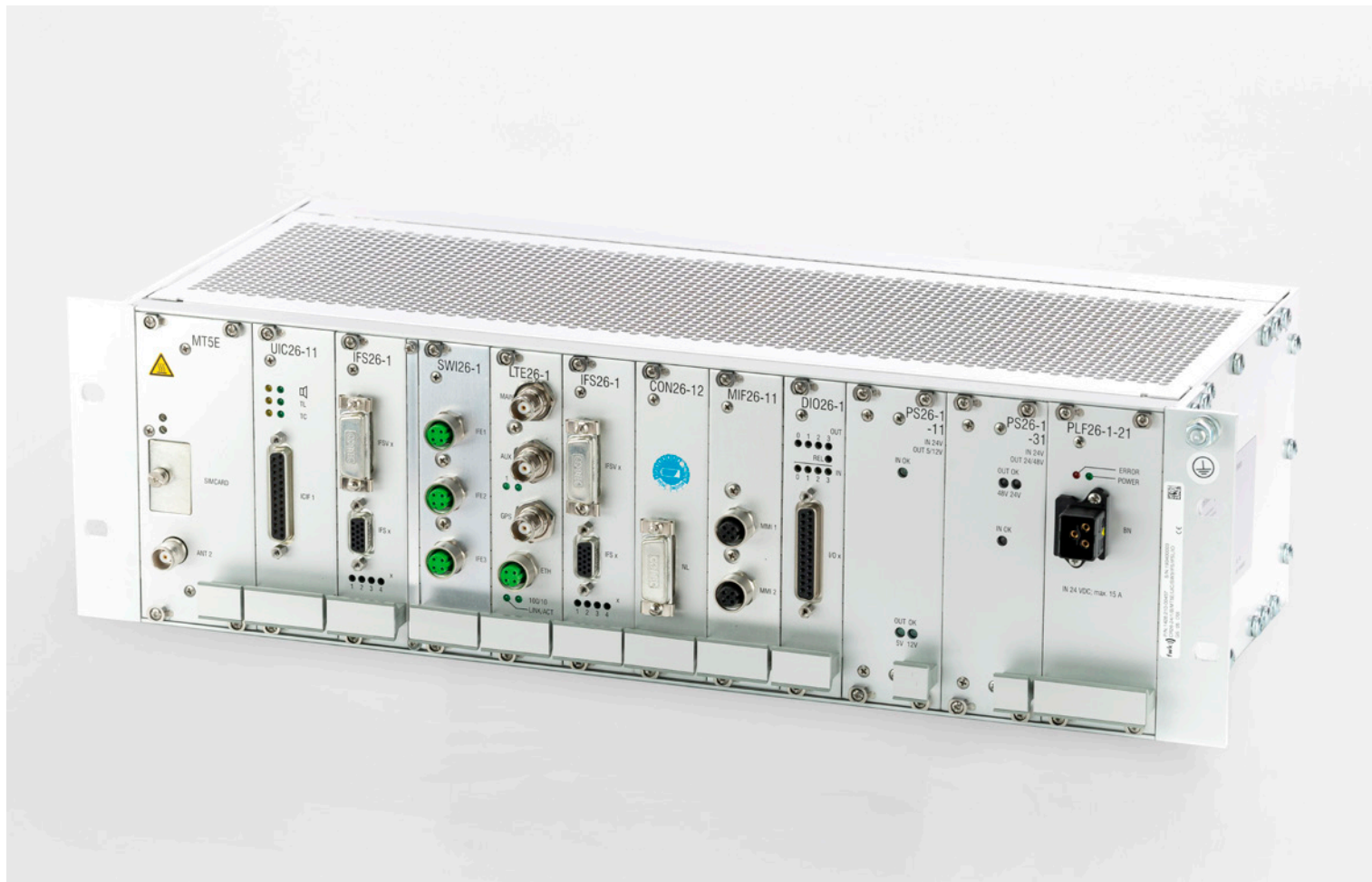
Las pruebas en condiciones reales se centraron en la interoperabilidad de nuestra aplicación con varios servidores de vía. **El cambio ininterrumpido** de los flujos de datos entre la red DB FRMCS y la red pública 5G de Vodafone fue especialmente impresionante.

Un paso más para garantizar el futuro del ferrocarril digital en Alemania.

Para el acoplamiento virtual de trenes de mercancías, Funkwerk también ha podido demostrar en el laboratorio, basándose en la pasarela, que la transmisión segura de los datos de control entre varios vehículos funciona en la multitracción.

En este caso, Funkwerk ha obtenido la **autorización** para ampliar las pruebas de funcionamiento. Durante este desarrollo, también se han reforzado los requisitos de ciberseguridad de los productos. La autorización incluye la prueba del cumplimiento de estos requisitos. De este modo, Funkwerk está en camino de implementar los requisitos de la **Ley Europea de Ciberresiliencia (CRA)**.





Incluso con la futura introducción del FRMCS y la consiguiente sustitución de los estándares existentes, el GSM-R y la radio ferroviaria analógica seguirán existiendo después de 2035 por motivos operativos.

Como fabricante y proveedor líder mundial de soluciones de comunicación ferroviaria, somos conscientes de nuestra responsabilidad de suministrar continuamente productos y sistemas GSM-R.

Hemos realizado inversiones estratégicas para garantizar la disponibilidad a largo plazo de toda la **familia de productos MESA®** y sus componentes.

”

Sea cual sea la tecnología de comunicación que necesite, **Funkwerk es su socio** y le apoya con una disponibilidad a largo plazo.

CIBERSEGURIDAD Y PROCESOS CERTIFICADOS

Los sistemas de radio móvil de Funkwerk cumplen los requisitos de ciberseguridad a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, que puede durar varias décadas. Esto incluye también los procesos de desmantelamiento y la destrucción de datos asociada. Ya en la fase de **desarrollo apostamos** por la **seguridad integrada**. Le damos prioridad ya en la fase de desarrollo, reforzamos continuamente los sistemas y ofrecemos soluciones de reequipamiento para los sistemas existentes. También ofrecemos soluciones de ciberseguridad a medida para sistemas antiguos.

Gracias a nuestra amplia experiencia en el ámbito de las infraestructuras críticas, ofrecemos una amplia gama de conocimientos y servicios en materia de ciberseguridad. Impartimos cursos de formación al personal, elaboramos documentación detallada para sensibilizar sobre temas relacionados con la ciberseguridad y ayudamos a realizar análisis complejos de amenazas y riesgos en la interfaz con el vehículo y la interfaz de radio.



Para garantizar que nuestros productos cumplan con los últimos estándares de seguridad informática, Funkwerk somete sus procesos y productos a auditorías y **certificaciones según la norma ISO 27001**.

Además, Funkwerk ha superado con éxito una auditoría para componentes de trenes y de radioenlace de datos según la norma **IEC 62443**. Esta norma industrial de ciberseguridad está integrada en nuestro proceso de desarrollo, en el que se asigna un responsable de seguridad informática a cada proyecto de desarrollo.

DESARROLLO DE PRODUCTOS DE ACUERDO CON LA NORMA IEC 62443

Aplicamos de forma sistemática el sistema de gestión de requisitos para garantizar que nuestros productos cumplan las **normas IEC 62443**. Tras un análisis de seguridad exhaustivo, definimos e implementamos medidas adecuadas durante el proceso de desarrollo para alcanzar el nivel de seguridad deseado.

Para cada sistema, creamos una documentación detallada sobre seguridad informática que confirma el cumplimiento de las normas pertinentes y contiene especificaciones precisas para el uso seguro y conforme a las normas del sistema, de acuerdo con las disposiciones de seguridad informática.

” Nos centramos en la seguridad integrada ya en la fase de desarrollo y contamos con las certificaciones **ISO 27001** e **IEC 62443**.



LABORATORIO DE ENSAYOS CERTIFICADO POR DAKKS

Todos los productos y soluciones destinados a su uso en infraestructuras críticas, como el transporte ferroviario, están sujetos a requisitos especiales. Las mediciones, pruebas y ensayos son especialmente importantes. Para hacer frente a todos los retos que esto conlleva, realizamos mediciones, pruebas y ensayos exhaustivos en nuestro laboratorio de pruebas interno, **certificado por DAKKS** y equipado con la tecnología más avanzada.

Gracias a nuestros conocimientos especializados, nuestra competencia técnica y nuestras óptimas condiciones de laboratorio, podemos comprobar los desarrollos y ofrecer una amplia gama de homologaciones según las normas ferroviarias europeas e internacionales.

Además, abrimos nuestras puertas a sus escenarios de prueba individuales. Le acompañamos desde la especificación de la prueba, pasando por las pruebas durante el desarrollo, hasta la prueba de homologación certificada.

Todos los documentos e informes de ensayo se elaboran y se ponen a disposición de acuerdo con las normas internacionales.

ACREDITACIÓN Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

NORMAS FERROVIARIAS EUROPEAS

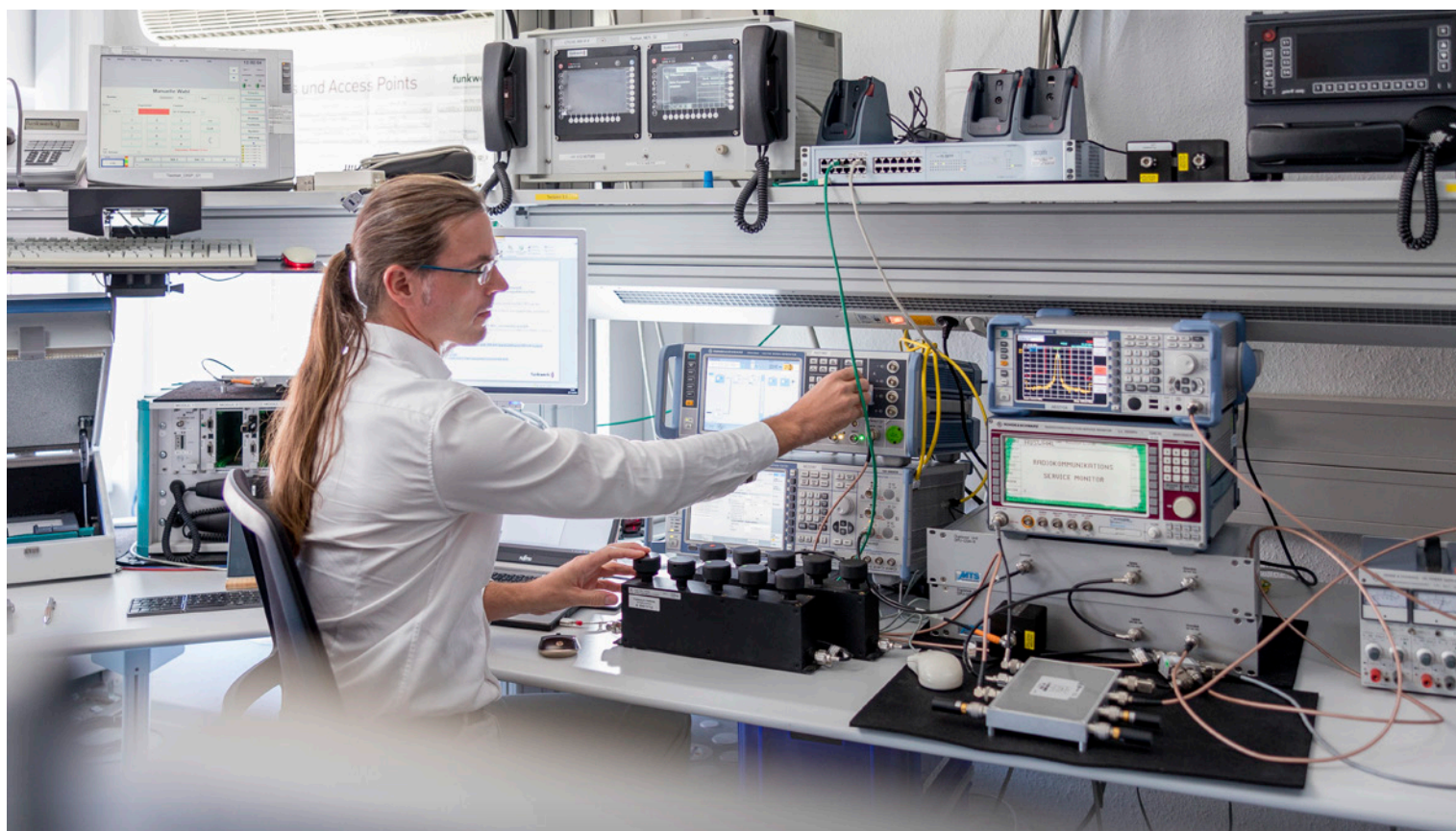
- ▶ EIRENE FRS/SRS
- ▶ UNISIG Subset-093 Radio Transmission FFFIS para Euroradio
- ▶ Código UIC 751-3 Radio analógica para trenes

NORMAS FERROVIARIAS INTERNACIONALES

- ▶ Temperatura DIN-EN-60068-2
- ▶ RED Directiva sobre equipos radioeléctricos 2014/53/UE
- ▶ Mediciones de RF, antenas, bloqueo e intermodulación

TAREAS Y RESPONSABILIDADES

- ▶ Mediciones durante el desarrollo
- ▶ Validación funcional
- ▶ Garantía de calidad y validación de los resultados de las pruebas
- ▶ Estudios y análisis
- ▶ Preparación y asistencia en pruebas de homologación



” Nuestro laboratorio cuenta con una amplia gama de acreditaciones según las normas ferroviarias europeas e internacionales.

CONOCIMIENTO. CALIDAD. MADE IN GERMANY.

Funkwerk es el proveedor líder de equipos de radio analógicos y digitales para trenes, que se utilizan en más de 40 países de todo el mundo.

Nos esforzamos por seguir ampliando los límites técnicos y, en el pasado, hemos impulsado la migración de la comunicación analógica a los sistemas digitales, y seguiremos haciéndolo desarrollando soluciones para la migración eficiente de GSM-R a FRMCS.

Con nuestros futuros sistemas de radio para trenes **MESA all:nexo®**, damos el siguiente paso hacia FRMCS y seguimos apoyando los estándares anteriores.

Funkwerk trabaja de forma totalmente integrada. Desarrollamos y fabricamos nuestros productos de forma independiente en Alemania, en nuestra sede central de Kölleda (Turingia). Nuestros empleados, altamente cualificados y con amplia experiencia, garantizan una disponibilidad y calidad de producto constantemente elevadas, que cumplen con los más altos estándares de fabricación y seguridad.

El equipo de nuestra organización internacional de ventas y servicios garantiza una atención al cliente personalizada durante todo el ciclo de vida del producto y más allá.

Nuestro departamento interno de homologación y autorización de sistemas a bordo certifica las soluciones según las normas más recientes y la normativa TSI CCS actualmente vigente.





© Funkwerk. Sujeto a cambios. 251009

Funkwerk Systems GmbH

Im Funkwerk 5 · 99625 Kölleda · Alemania

funkwerk.com

