



## CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN INTERNET DE LAS COSAS

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

# **Diseño e implementación de una central operativa para el control y monitoreo en el material rodante**

**Autor:**

**Fernando Julio Iglesias**

Director:

Fernando Lichtschein (FI-UBA)

Jurados:

Nombre del jurado 1 (pertenencia)

Nombre del jurado 2 (pertenencia)

Nombre del jurado 3 (pertenencia)

*Este trabajo fue realizado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires,  
entre marzo de 2022 y agosto de 2023.*



## *Resumen*

Ante la falla de sistemas como el control de puertas o la cámara frontal de registro de accidentes viales, las formaciones ferroviarias activan automáticamente el corte de tracción y el freno de emergencia. En esas circunstancias la formación queda detenida y los pasajeros deben descender a las vías si la detención no se produce en una estación ferroviaria. En este trabajo se presenta el desarrollo para Trenes Argentinos de una arquitectura modular basada en el paradigma de Internet de las Cosas (IoT) que permite visualizar y gestionar los sistemas involucrados en esas situaciones.



## *Agradecimientos*

Esta sección es para agradecimientos personales y es totalmente **OPCIONAL**.



# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>I</b>
<b>1. Introducción general</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción . . . . .	1
1.1.1. La Internet de las Cosas y las formaciones ferroviarias . . .	1
1.1.2. Motivación . . . . .	1
1.1.3. Estado del arte . . . . .	3
1.1.4. Alcance y objetivos . . . . .	3
<b>2. Introducción específica</b>	<b>5</b>
2.1. Protocolos de comunicación utilizados . . . . .	5
2.1.1. Protocolos de comunicación según el Modelo OSI . . . . .	5
2.1.2. LwIP Stack . . . . .	6
2.1.3. Servidor dedicado . . . . .	6
2.1.4. Protocolos por analizar si estan involucrados en algun punto de la arquitectura . . . . .	7
2.2. Tecnologías del <i>frontend</i> . . . . .	7
2.3. Tecnologías del <i>backend</i> . . . . .	7





# Índice de figuras

1.1. Panel de control de la Central Operativa SAL/T para la visualización de datos en tiempo real. . . . .	2
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---



# Índice de tablas



***Dedicado a... [OPCIONAL]***



# Capítulo 1

## Introducción general

### 1.1. Introducción

#### 1.1.1. La Internet de las Cosas y las formaciones ferroviarias

La Internet de las Cosas (*IoT*, por sus siglas en inglés) es una tecnología que se ha convertido en una tendencia en la actualidad. Este concepto se estableció en el mercado en la década de 1990, aunque su verdadero auge comenzó en los últimos años gracias a la aparición de dispositivos interconectados y al aumento en el uso de internet. La IoT se enfoca en la interconexión de objetos cotidianos con la red, lo que permite recopilar datos en tiempo real, optimizar procesos y tomar decisiones basadas en la información recolectada. Algunos beneficios que la IoT ofrece son una mayor eficiencia, una reducción de costos, un mejor monitoreo y control, y una mejor calidad de vida para las personas.

En el sector ferroviario, la IoT ha demostrado ser una tecnología clave para mejorar la eficiencia y la seguridad de las formaciones ferroviarias. Las formaciones ferroviarias pueden ser equipadas con sensores y dispositivos interconectados que permiten recopilar información sobre la ubicación, velocidad, consumo de energía, estado mecánico y otros aspectos importantes. Esta información se puede enviar en tiempo real a la red, lo que permite una mejor gestión del tráfico ferroviario y una toma de decisiones más rápida y eficaz. Además, la IoT también puede ayudar a prevenir accidentes ferroviarios al detectar problemas mecánicos antes de que se conviertan en un riesgo para la seguridad.

#### 1.1.2. Motivación

El sistema ferroviario de la República Argentina cuenta con una gran cantidad de formaciones ferroviarias en las que se encuentran diferentes sistemas de seguridad a bordo. Estos equipos se encargan de supervisar el correcto funcionamiento de los subsistemas críticos. Ante una falla en uno de los subsistemas, una formación ferroviaria se detiene inmediatamente por la activación automática de las señales de corte de tracción (*CT*) y frenado de emergencia (*FE*). En esta situación, el conductor debe llevar la formación a un lugar seguro para que los pasajeros puedan descender y, posteriormente, trasladarla a un taller para que pueda ser reparada.

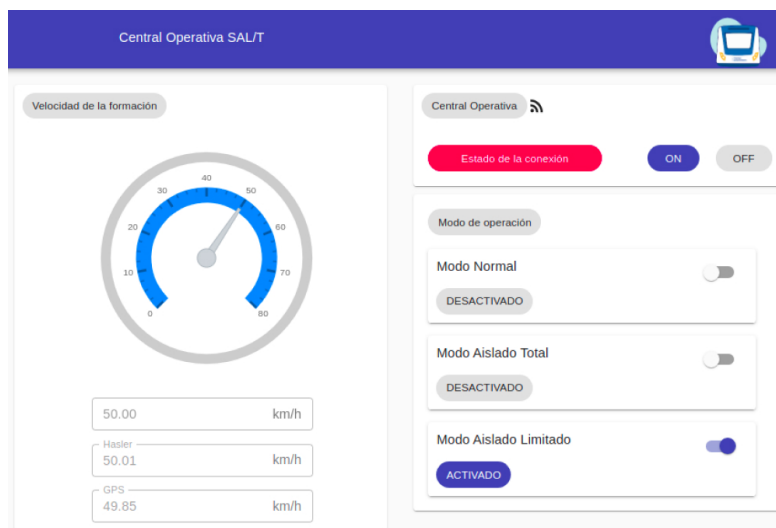


FIGURA 1.1. Panel de control de la Central Operativa SAL/T para la visualización de datos en tiempo real.

El *SAL/T*, según sus siglas, Sistema de Aislamiento Limitado y Total [1], es un dispositivo del cual se cuenta con una primera versión prototipada; que se presenta como solución a las contingencias descritas anteriormente. De esta manera, el maquinista de una formación ferroviaria cuenta con la posibilidad de activar y desactivar el *modo aislado limitado*. En este modo, el equipo permite la circulación de la formación al desactivar las señales de corte de tracción y freno de emergencia generadas por los subsistemas críticos. Para que esta operación se complete de forma segura, se debe monitorear la velocidad de la formación tal que sea posible garantizar que no se supere cierto valor máximo.

A partir del desarrollo previo del prototipo, se presentan los avances en la implementación de una central operativa que centraliza los dispositivos *SAL/T* para su respectiva administración, configuración y monitoreo en tiempo real de la información recibida y transmitida desde una plataforma digital. El proyecto se desarrolla por *CONICET-GICSAFe* [b2] para la empresa Trenes Argentinos [3].

Los subsistemas asociados al *SAL/T*, como la seguridad de puertas, el sistema de hombre vivo y la protección de coche a la deriva, son críticos debido a que, en caso de fallar, pueden ocasionar lesiones o muertes de personas e incluso generar pérdidas materiales.

La central operativa permite la administración y configuración en forma remota de los dispositivos de supervisión de seguridad de cada formación ferroviaria, la visualización de los diferentes parámetros de interés involucrados por las personas asignadas dentro de una entidad y de este modo es posible optimizar la toma de decisiones.



### 1.1.3. Estado del arte

A partir del análisis en las últimas tendencias referidas a la Central Operativa SAL/T, se listan aquellas herramientas, de gestión y control de dispositivos de seguridad en el sector ferroviario, que presentan características similares al producto propuesto,

1. *Indra*: ofrece una solución integral de seguridad para el sector ferroviario, que incluye una plataforma de gestión centralizada y un sistema de supervisión remota de dispositivos de seguridad.
2. *Thales Group*: desarrolla soluciones de seguridad para el sector ferroviario, que incluyen una aplicación de gestión y control centralizada para supervisar y configurar dispositivos de seguridad de forma remota.
3. *Alstom*: ofrece una plataforma de gestión y control para el sector ferroviario, que permite la supervisión y configuración de dispositivos de seguridad de forma remota, así como el análisis en tiempo real de los datos recopilados por estos dispositivos.
4. *Siemens Mobility*: ofrece una solución de gestión y control para el sector ferroviario, que incluye una aplicación web de central operativa para supervisar y configurar dispositivos de seguridad de forma remota, así como un sistema de análisis de datos en tiempo real.

### 1.1.4. Alcance y objetivos

El sistema resultante de este trabajo se encuentra destinado al desarrollo del software para una central operativa que permite administrar y configurar de forma remota dispositivos de supervisión de seguridad de formaciones ferroviarias denominados SAL/T (Sistema de Aislamiento Limitado/Total).

El alcance del proyecto comprende los siguientes puntos,

- Servicio de monitoreo y control: visualizar en tiempo real los datos recibidos y enviar comandos de control a los dispositivos activos.
- Gestión de configuración de dispositivos: visualizar y modificar los parámetros configurables de los dispositivos.
- Base de datos: registrar la información recibida desde todos los dispositivos.
- Componentes de seguridad: brindar seguridad a las comunicaciones y a la información almacenada.
- Gestión de usuarios y perfiles: administrar roles y permisos de acceso.
- Realizar la migración de un microcontrolador de la familia Cortex tipo M a uno de la misma familia que disponga de características destinadas a la seguridad funcional del sistema.



## Capítulo 2

# Introducción específica

### 2.1. Protocolos de comunicación utilizados

Comenzar escribiendo que aqui se detallaran los protocolos utilizados segun el modelo OSI y hablar sobre el diagrama

**\*\*AGREGAR UNA IMAGEN CON LOS 3 ENTES INTERCONECTADOS BAJO EL MODELO OSI !\*\***

Nucleo F429ZI Board <—>Dedicated Server <—>Web Client

#### 2.1.1. Protocolos de comunicación según el Modelo OSI

1. Capa física:
 

NUCLEO: LwIP utiliza los protocolos de hardware subyacentes del dispositivo, como Ethernet o Wi-Fi. Como la nucleo no viene con wi-fi, se usa ethernet.

Los protocolos de la capa física utilizados por un servidor dedicado y/o un ordenador dependen del tipo de medio físico que se utiliza para transmitir datos a través de la red. Algunos protocolos físicos comunes incluyen par trenzado, fibra óptica y cable coaxial.

Se utiliza Wi-Fi entre el servidor dedicado y el ordenador? es una posibilidad pensando en tener el servidor hosteado en un data center de Trenes Argentinos y se pueda acceder via VPN u otro medio.
2. Capa de enlace:
 

NUCLEO: LwIP utiliza el protocolo ARP (Address Resolution Protocol) para mapear direcciones IP a direcciones físicas (MAC).

server+web client: Los protocolos de la capa de enlace de datos utilizados por un computador dependen del tipo de tarjeta de interfaz de red (NIC) que se esté utilizando. Algunos protocolos comunes de la capa de enlace de datos incluyen Ethernet, Wi-Fi y Token Ring.
3. Capa de red:
 

NUCLEO: En la capa de red, LwIP utiliza el protocolo IP (Internet Protocol) para enrutar los paquetes de datos a través de la red.

El protocolo de la capa de red utilizado por un servidor dedicado es típicamente IPv4 o IPv6, que es responsable de enrutar paquetes entre diferentes dispositivos en la red.

IPv4/6 es un protocolo? me parece que IP es el protocolo.
4. Capa de transporte:
 

NUCLEO: LwIP admite varios protocolos de transporte, incluyendo TCP

(Transmission Control Protocol) y UDP (User Datagram Protocol), que se utilizan para proporcionar una conexión confiable o no confiable, respectivamente.

Los protocolos de la capa de transporte utilizados por un servidor dedicado incluyen TCP (Protocolo de control de transmisión) y UDP (Protocolo de datagramas de usuario), que se utilizan para proporcionar comunicación confiable y/o rápida entre diferentes aplicaciones que se ejecutan en el servidor.

5. Capa de sesión:

NUCLEO: La pila de protocolos LwIP no tiene protocolos específicos de sesión.

el servidor dedicado y/o el ordenador ofrecen capa de sesión ?

6. Capa de presentación:

NUCLEO: La pila de protocolos LwIP no tiene protocolos específicos de presentación.

el servidor dedicado y/o el ordenador ofrecen capa de presentación ?

7. Capa de aplicación:

NUCLEO: En la capa de aplicación, LwIP admite varios protocolos de aplicación, incluyendo HTTP (Hypertext Transfer Protocol), FTP (File Transfer Protocol) y DNS (Domain Name System), entre otros.

Los protocolos de la capa de aplicación utilizados por un computador dependen de las aplicaciones específicas que se utilizan en el mismo. Algunos ejemplos de protocolos de la capa de aplicación comúnmente utilizados incluyen HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto), FTP (Protocolo de transferencia de archivos), SMTP (Protocolo simple de transferencia de correo) y SSH (Shell seguro).

HABLAR SOBRE MQTT entre el servidor dedicado y la núcleo

### 2.1.2. LwIP Stack

- La pila de protocolos LwIP (Lightweight IP) desarrollada por STMicroelectronics para sus dispositivos STM32 también sigue el modelo OSI de siete capas.
- Es importante destacar que la pila de protocolos LwIP desarrollada por STM32 es altamente configurable y se puede adaptar a diferentes necesidades y requisitos de la aplicación. Además, STMicroelectronics proporciona una variedad de ejemplos y documentación para ayudar a los desarrolladores a implementar la pila de protocolos LwIP en sus dispositivos STM32.

### 2.1.3. Servidor dedicado

- Un servidor dedicado y/o un ordenador típicamente utiliza una variedad de protocolos basados en el modelo OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos) para admitir diferentes funcionalidades de red.
- Es importante tener en cuenta que los protocolos específicos utilizados por un servidor dedicado y/o un ordenador pueden variar según el sistema operativo del servidor, la configuración del hardware y la configuración de la red.

### 2.1.4. Protocolos por analizar si están involucrados en algún punto de la arquitectura

WebSocket: WebSocket is a communication protocol designed for bi-directional, real-time communication between IoT devices and a dashboard. It can be used to provide real-time updates to the dashboard and enable real-time control of IoT devices.

RESTful API: Representational State Transfer (REST) is an architectural style used for creating web services. RESTful APIs can be used to transfer data between IoT devices and a web dashboard.

GraphQL API <https://hub.qovery.com/guides/tutorial/deploy-fullstack-application-composed-of-hasura-postgresql-angular>

## 2.2. Tecnologías del *frontend*

- typescript
- react + react-dom + react-router-dom
- parcel
- graphql
- apollo
- material ui
- jwt-decode
- query string
- WebSocket
- uuid
- process
- tsutils

## 2.3. Tecnologías del *backend*

- kotlin
- kafka: clients, streams, avro-serializer, schema-registry
- paho mqtt client
- ktor: server-netty, server-core, server-host-common, server-tests, auth, client-core, client-cio, client-serialization, client-serialization-jvm, serialization, serialization-json, network,
- kgraphql + kgraphql-client
- apollo: runtime, api
- krypto
- PostgreSQL

- docker
- hasura
- mosquitto mqtt broker

# Bibliografía

- [1] 'Sistema de supervisión de la seguridad del material ferroviario utilizando patrones de diseño', Ivan Mariano Di Vito, Pablo Gomez, Ariel Lutenberg, Libro de trabajos del CASE2019, Congreso Argetino de Sistemas Embebidos, Santa Fe, Argentina. (2019).
- [2] CONICET-GICSAFe (June 2022). [Online]. Disponible:  
<https://sites.google.com/view/conicet-gicsafe/inicio>
- [3] Trenes Argentinos (June 2022). [Online]. Disponible:  
<https://www.argentina.gob.ar/transporte/trenes>