
Identificación de la Sociedad – año 2025

<i>Detalle</i>	<i>Información</i>
Razón Social	B&B Asociados SpA.
Nombre de Fantasía	B&B Ingenieros
Dirección	Los Militares 5002(Ofc. 502)-Las Condes
RUT	76.528.695-6
Tipo de Sociedad	Sociedad por Acciones
Código Postal	7560547
Teléfono/Fax	+56 9 7976 3341
Sitio Web	https://bybingenieros.net/
Representante Legal	Francisco Alejandro Beltrán Jara

<i>Cargo</i>	<i>Nombre</i>
Socio	Pablo Federico Benario Troncoso
Socio	Yasmin del Carmen Figueroa Uribe
Socio	Paula Yasmin Benario Figueroa
Socio	Maria Jose Benario Figueroa
Representante Legal	Francisco Alejandro Beltrán Jara
Teléfono/Fax	+56 9 7976 3341
Sitio Web	https://bybingenieros.net/

Antecedentes Generales

Uno de los principales desafíos año 2024 – 2025, corresponde al proyecto tiene como objetivo diseñar y validar una plataforma de software avanzada que permita simular y optimizar sistemas de electromovilidad ferroviaria, maximizando la eficiencia energética y operacional. Mediante el uso de inteligencia artificial y análisis determinístico, buscaremos ofrecer soluciones tecnológicas que impacten positivamente en la sostenibilidad del transporte ferroviario.

Organigrama Proyecto Energy Simutren

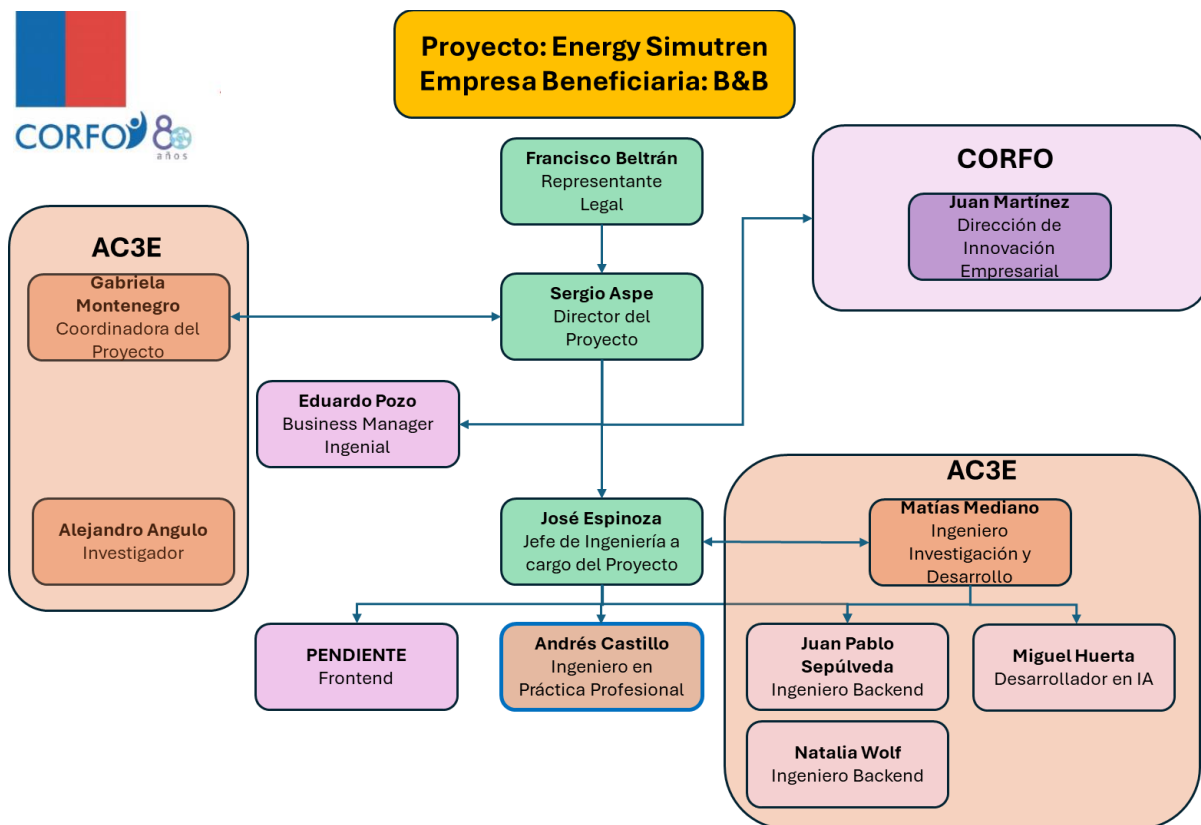


Figura 1: Organigrama Proyecto Corfo "EnergySimutren"

Proyectos 2024 – 2025 Energy Simutren

Hitos a la Fecha

07-11-2024: Resolución Electrónica Exenta APRUEBA CONVENIO DE SUBSIDIO ENTRE B & ASOCIADOS SPA Y EL COMITÉ INNOVA CHILE, PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DENOMINADO "ENERGYSIMUTREN -SIMULADOR DE SISTEMA DE ELECTROMOVILIDAD FERROVIARIA BASADO EN ANÁLISIS DETERMINÍSTICO Y AI, PARA LA OPTIMIZACIÓN DINÁMICA DEL CONSUMO

11-11-2024: Carta Electrónica REF: NOTIFICA RESOLUCIÓN ELECTRÓNICA (E) No 434, DE 2024, RELATIVA AL PROYECTO "ENERGYSIMUTREN - SIMULADOR DE SISTEMA DE ELECTROMOVILIDAD FERROVIARIA BASADO EN ANÁLISIS DETERMINÍSTICO Y AI, PARA LA OPTIMIZACIÓN DINÁMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL SISTEMA", CÓDIGO 24CVC-264686. ENERGÉTICO DEL SISTEMA", CÓDIGO 24CVC- 264686.

29-11-2024: Aporte INNOVA CHILE \$178.844.000

Resumen Financiero

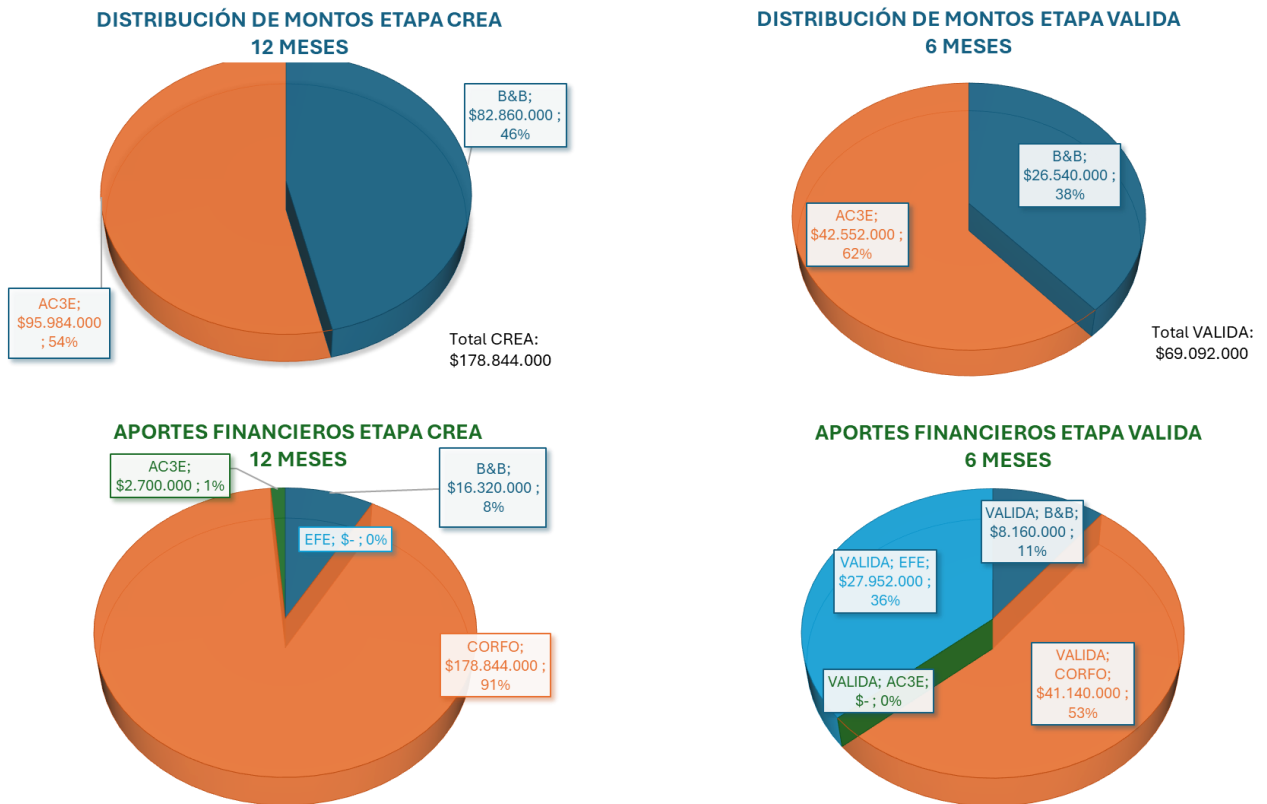


Figura 2: Resumen financiero proyecto Corfo "EnergySimutren"

B&B Asociados SpA – Resumen Técnico Proyecto ENERGYSIMUTREN

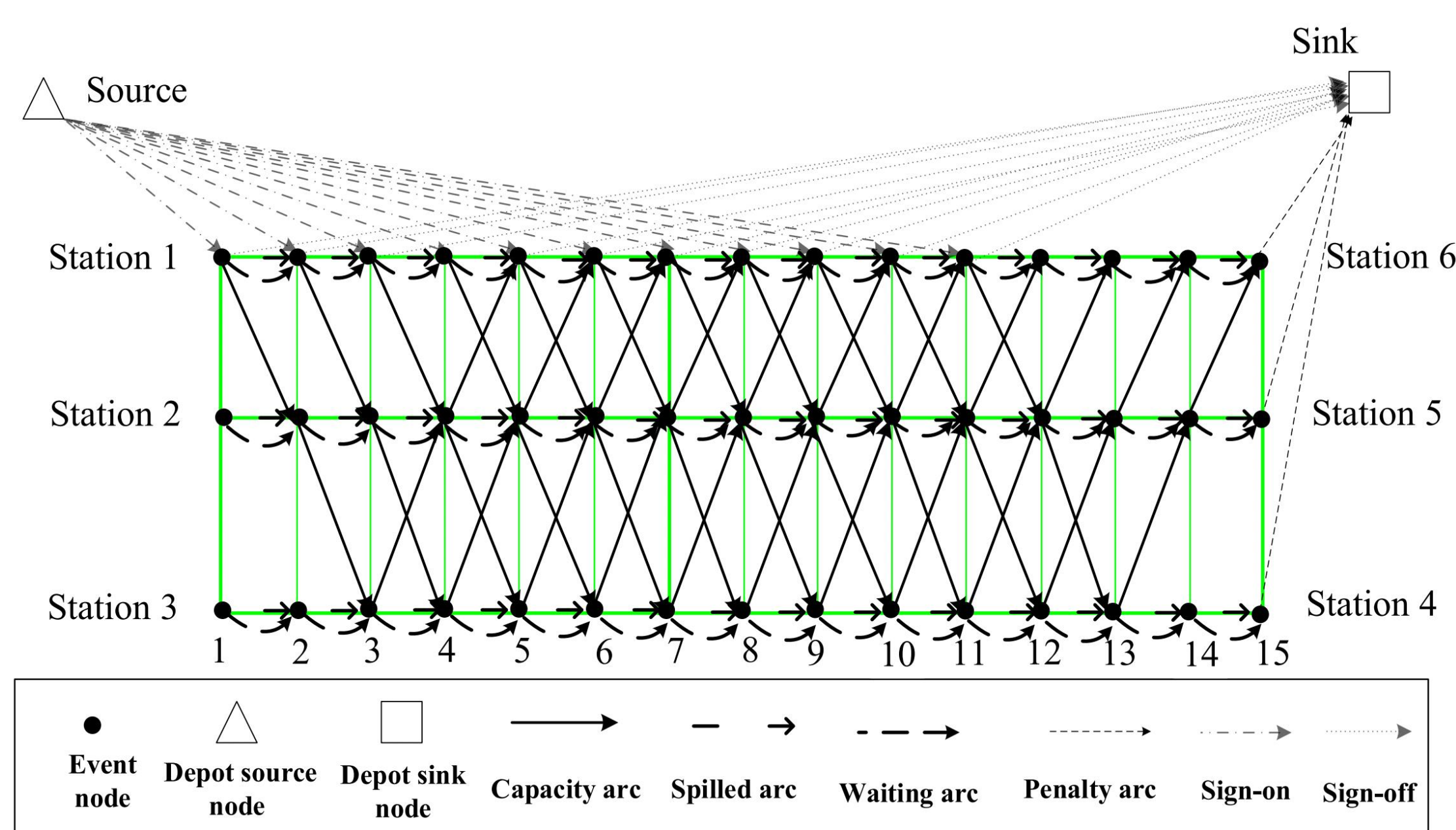
CÓDIGO 24CVC-264686 – Julio 2025

EnergySimutren: Simulador Ferroviario para la optimización Energética del sistema

Matias Mediano¹, Alejandro Angulo¹, Miguel Huerta¹, Andrés Castillo^{1,2}, Sergio Aspe²
¹Universidad Técnica Federico Santa María, Chile; ²B&B Ingenieros

Introducción

La creciente demanda por sistemas de transporte más eficientes ha impulsado el desarrollo de herramientas avanzadas de simulación para analizar y optimizar el consumo energético en redes ferroviarias eléctricas. **EnergySimutren** es una plataforma que combina modelos de optimización con inteligencia artificial (IA) para evaluar el desempeño operativo y energético de trenes eléctricos, integrando un modelamiento híbrido de la red eléctrica AC/DC junto con un modelamiento dinámico del comportamiento de los trenes.



Metodología

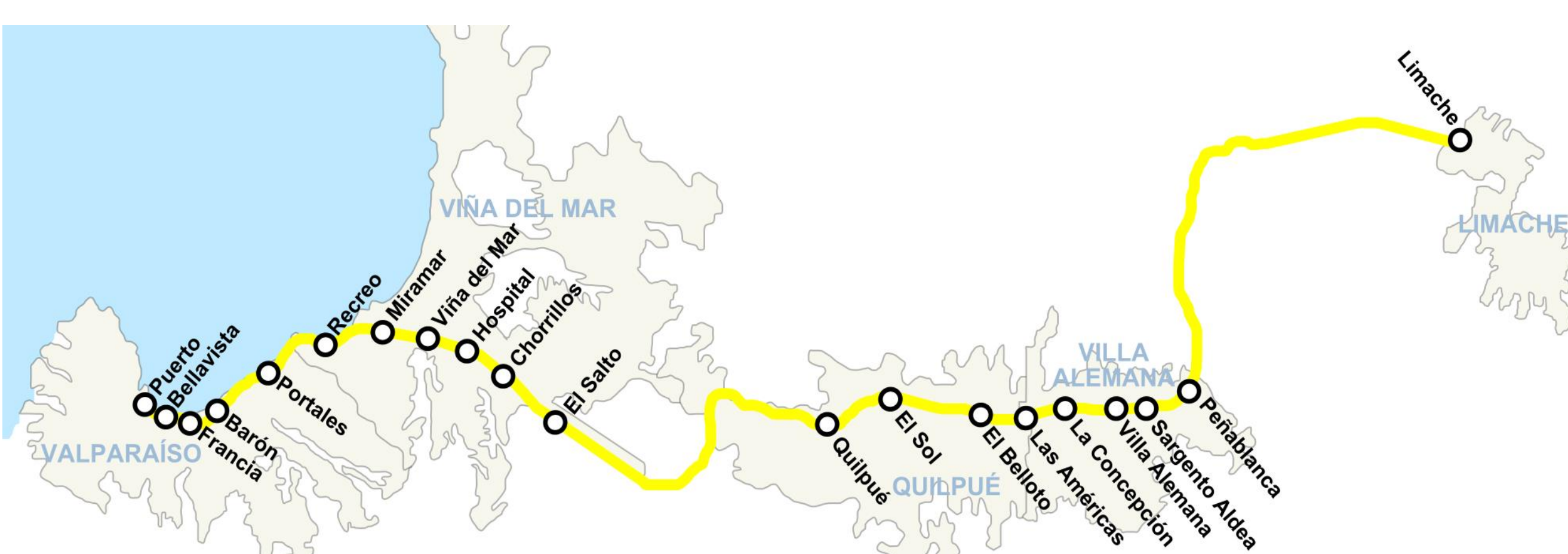
La metodología propuesta para abordar el desarrollo de la herramienta considera las siguientes etapas:

- M1. Caracterización del sistema ferroviario:** Identificar trazado ferroviario, y recopilar datos de infraestructura, material rodante y operación.
- M2. Análisis de datos:** Analizar perfiles de operación para identificación de patrones y estrategias de conducción, además de patrones del uso del servicio a partir de registros históricos.
- M3. Módulo de trayectorias:** Desarrollo de modelo de optimización de trayectorias entre estaciones según características del tren y trazado.
- M4. Simulación de trayectorias y consumo energético:** Ejecutar simulaciones de trayectorias para validación del modelo de optimización.
- M5. Módulo de despacho:** Desarrollo de modelo de optimización sobre la programación horaria y la rotación del material rodante en líneas de metro, considerando configuraciones flexibles de trenes.
- M6. Modelación híbrida AC/DC:** Modelado del flujo de carga en red integrado con el movimiento del material rodante, utilizando IA para asistir en la resolución del sistema acoplado.

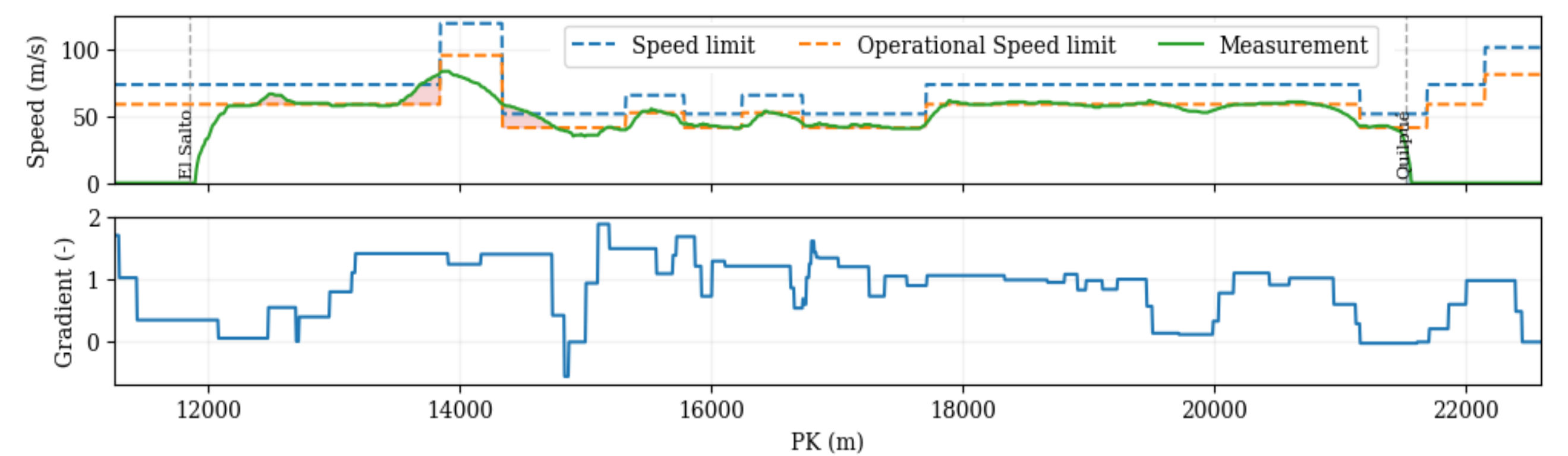
Avances del Proyecto

Actualmente el proyecto se encuentra ejecutando la etapa M5:

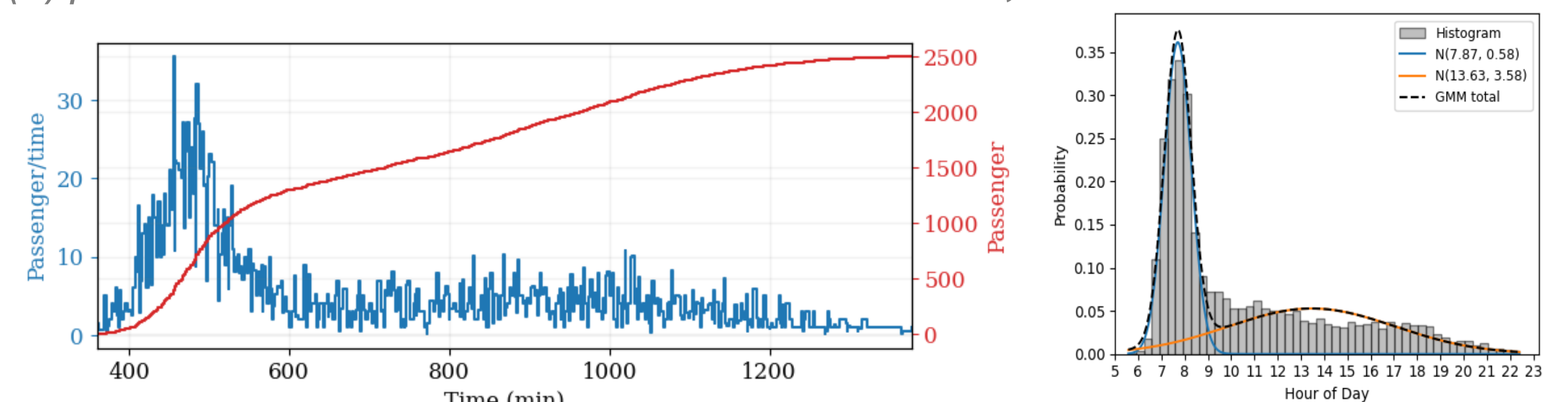
A1. El proyecto se desarrolla utilizando el sistema ferroviario de EFE Valparaíso y su material rodante como base de estudio.



A2. A partir de técnicas de clusterización, ajuste de modelos de mezcla gaussiana (GMM) y simulación de procesos de Poisson no homogéneos, se obtienen: (1) perfiles de operación históricos ubicados espacialmente,



(2) perfiles sintéticos del uso de servicio de metro,



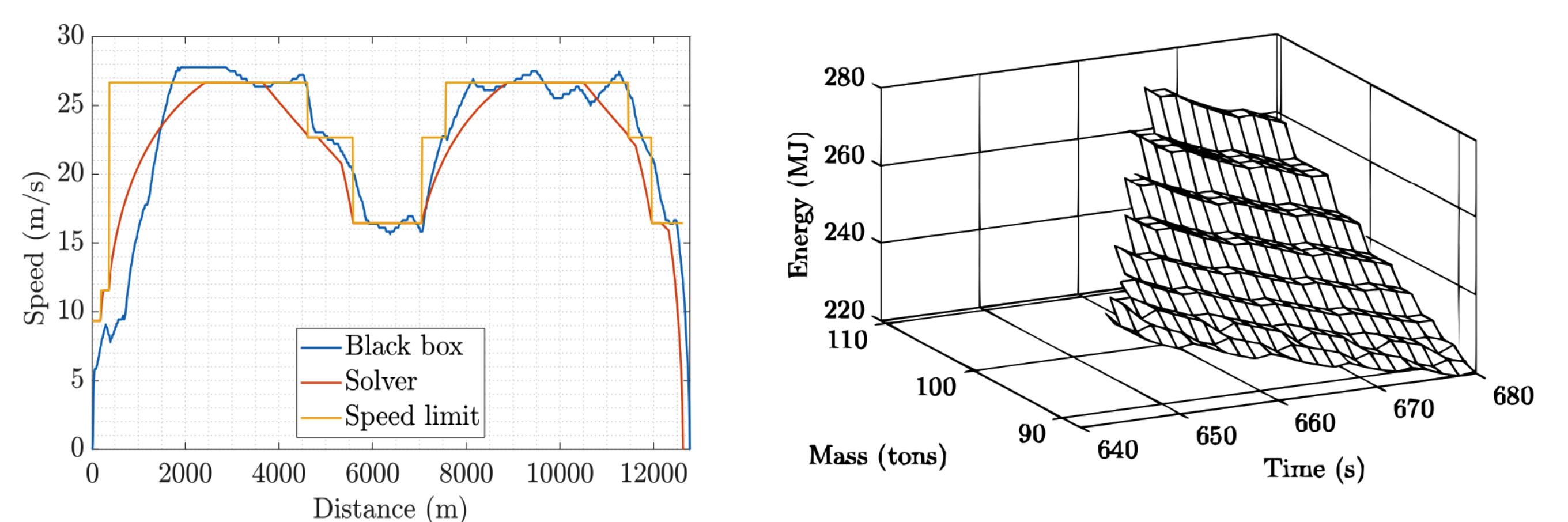
A3. Se implementa un modelo de optimización discretizado en la distancia, que integra

$$\min_{e_i, a_{i,i}, a_{b,i}} J = \sum_{i=1}^{N_x} \lambda \frac{\sqrt{2} dx}{\sqrt{e_{i-1}} + \sqrt{e_i}} + dx(1-\lambda) \left(\frac{a_{t,i}}{\eta_t} - \eta_b a_{b,i} \right) + \frac{dx(1-\lambda)}{\rho m} \left(lQ_0 \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{e_{i-1}} + \sqrt{e_i}} + lQ_2 \sqrt{e_{i-1}} + e_i \right)$$

- Tiempo total de viaje
- Consumo eléctrico irreversible
- Pérdidas eléctricas no ideales

El problema de optimización está sujeto a las ecuaciones dinámicas, discretizadas en distancia, que describen la operación de un tren. Esto incluye aceleración, curvas de tracción/frenado, confort del usuario, etc.

A4. El modelo es validado utilizando perfiles de operación obtenidos en el punto A1. El análisis de sensibilidad del consumo energético respecto a las componentes de la función es resumido en la curva 3D.



Comentarios Finales

El módulo de despacho se encuentra en desarrollo y, una vez concluido, se realizarán las pruebas computacionales para validar su implementación. Paralelamente, se avanza en la documentación y recopilación de información necesaria para el desarrollo del modelo híbrido, con énfasis en métodos numéricos para resolver el problema AC/DC y en el diseño de estrategias de integración de IA en el ambiente de simulación, utilizando enfoques basados en *Physics-Informed Neural Networks* (PINNs).

Referencias

- [1] Pan, H., Yang, L., & Liang, Z. (2023). Demand-oriented integration optimization of train timetabling and rolling stock circulation planning with flexible train compositions: A column-generation-based approach. *European Journal of Operational Research*, 305(1), 184-206.
- [2] Allende-Bustamante, J. L., Yuz, J. I., & Rodo, J. (2016, November). Application of point processes estimation to a metro system. In *2016 Australian Control Conference (AuCC)* (pp. 232-237). IEEE.
- [3] Ko, H., Koseki, T., & Miyatake, M. (2004). Application of dynamic programming to the optimization of the running profile of a train. *WIT Transactions on The Built Environment*, 74.

Contacto:
matias.mediano.14@sansano.usm.cl;
alejandro.angulo@usm.cl;
miguel.huerta@sansano.usm.cl;
andres.castillo@usm.cl;
saspe@bybingenieros.cl;