



---

# CÁLCULO Y COMPARATIVA DE CAPACIDAD PARA UN TRAMO DE LÍNEA FERROVIARIA EN TURQUÍA

---

TRABAJO FIN DE MASTER



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

**ICAI**

Máster Universitario en  
Sistemas Ferroviarios

**AUTOR: RAÚL BLANCO GÓMEZ**

7 DE JULIO DE 2020

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA ICAI

DIRECTORA: ARACELI DE DIEGO PALACIOS

## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar, me gustaría dar las gracias a Araceli, mi directora del Trabajo Fin de Máster y mi compañera durante las prácticas en Indra. Por su constancia, su interés y su preocupación en el desarrollo de todo el trabajo. Su empeño en formarme día a día y su paciencia infinita. Sin ella jamás podría haberlo conseguido.*

*A mi familia y amigos, por todo el ánimo y cariño que he recibido a lo largo de todo el curso.*

*A mi novia, por estar al pie del cañón es los momentos de mayor estrés este año y ser un pilar fundamental en mi día a día.*

*A todos y cada uno de mis compañeros, por todo lo que he aprendido con ellos y lo bonita que ha sido esta vivencia.*

*A los profesores, por su gran profesionalidad y el amor por el mundo ferroviario que nos han transmitido.*

*A ICAI, por darme la oportunidad de realizar este maravilloso máster y aprender tanto en tan poco tiempo.*

*A Indra, por la posibilidad de realizar las prácticas profesionales y formarme en el mundo laboral.*

*Por último, me gustaría no sólo agradecer la labor de Antonio y Paloma sino felicitarles por este increíble máster en sistemas ferroviarios.*



**TÍTULO:** “CÁLCULO Y COMPARATIVA DE CAPACIDAD PARA UN TRAMO DE  
LÍNEA FERROVIARIA EN TURQUÍA”.

**AUTOR:** RAÚL BLANCO GÓMEZ

Firma:



**DIRECTOR:** ARACELI DE DIEGO PALACIOS

Firma:





ALUMNO	Raúl Blanco Gómez
DIRECTOR DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER	Araceli de Diego Palacios
PROGRAMA CURSADO	Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios
CURSO ACADÉMICO	2019/2020
TÍTULO DEL TRABAJO	Cálculo y comparativa de capacidad para un tramo de línea ferroviaria en Turquía.

### RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto que se desarrollará a continuación, consta de un estudio de capacidad para un tramo de línea ferroviaria entre la estación de Mamure y la estación de Ayran, ubicadas ambas en Turquía. Dicho tramo consta de 5 estaciones independientes conectadas por vía única.

Todo este tramo ha sido creado desde cero mediante planos de las estaciones para posteriormente realizar el estudio de capacidad.

Por un lado, se ha diseñado el trayecto en tecnología TMI, que básicamente se basa en un tipo de control de tráfico manual que utiliza órdenes de tren escritas.

Por otro lado, se ha vuelto a diseñar de forma idéntica el tramo con las mismas estaciones, pero esta vez con tecnología TSI. En esta tecnología se incluye señalización en la vía y existe un enclavamiento que controla el estado de las señales en función de la ocupación de los circuitos de vía. Por tanto, la localización de los trenes vendrá dada por la ocupación de circuitos de vía.

Una vez realizados los diseños en ambas tecnologías, se explicará cómo se realizan los itinerarios y los ejercicios de capacidad mediante un programa desarrollado por Indra.

Con los ejercicios ya ejecutados se han comparado los resultados y se han sacado las conclusiones pertinentes.

Alumno: Raúl Blanco Gómez  
Palacios

Firma:



Directora: Araceli de Diego

Firma:





## ÍNDICE

RESUMEN.....	9
ESTADO DEL ARTE.....	9
OBJETIVOS .....	10
PLANIFICACIÓN DE TAREAS .....	10
INTRODUCCIÓN .....	11
SERVICIOS DE PASAJEROS .....	13
SERVICIOS DE MERCANCIAS.....	15
LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	15
INTRODUCCIÓN A LAS TECNOLOGÍAS EMPLEADAS EN SEÑALIZACIÓN.....	17
TECNOLOGÍAS EMPLEADAS EN EL ESTUDIO.....	18
SISTEMA TMI .....	18
SISTEMA TSI.....	20
ATS .....	20
HISTORIA DE CTC .....	21
EL DESPACHADOR DE CTC .....	22
DPAT .....	22
BREVE INTRODUCCIÓN A LA ALTA VELOCIDAD EN TURQUÍA.....	24
LOS TRENES DE ALTA VELOCIDAD .....	24
DISEÑO DE ESTACIONES .....	25
DISEÑO DEL TRAMO DE LÍNEA FERROVIARIA “MAMURE - AYRAN” EN TMI Y TSI. .....	29
TIRA DE BLOQUEO .....	32
ITINERARIO.....	33
EJERCICIO.....	36
MATERIAL RODANTE.....	38
TSI.....	38
TMI .....	40
ESTUDIO DE CAPACIDADES .....	42
TMI MAMURE – AYRAN .....	42
TMI AYRAN – MAMURE .....	47
COMBINADO IDA Y VUELTA TMI.....	53
TSI MAMURE-AYRAN .....	54
TSI AYRAN – MAMURE.....	60
TSI COMBINADO IDA Y VUELTA .....	65
COMPARACIÓN SISTEMA TMI VS SISTEMA TSI.....	66
SERVICIO DE MAMURE A AYRAN .....	66



SERVICIO DE AYRAN A MAMURE .....	67
SERVICIOS DE MAMURE A AYRAN Y DE AYRAN A MAMURE.....	68
CONCLUSIÓN .....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	70

## RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Máster (TFM) tiene como objetivo principal dar a conocer la tecnología TMI y la tecnología TSI, los dos sistemas de explotación más empleados en las líneas ferroviarias de Turquía. Para ello, se va a construir de cero un tramo de línea ferroviaria compuesto por un total de 5 estaciones: Mamure, Yarbasi, Tasoluk, Bahçe y Ayran.

Este trabajo mostrará todo el proceso constructivo del diseño de la línea en TMI y TSI, cómo se construye una tira de bloqueo en el programa y cómo se generan los itinerarios. Dentro de los itinerarios habrá que definir la ruta que queremos que sigan los trenes.

También muestra el proceso que se ha de realizar para crear un ejercicio de cálculo de capacidades y la elaboración de los servicios.

Una vez se hayan creado los ejercicios, se ejecutarán para conocer y comparar los resultados obtenidos para ambas tecnologías. Al igual que el diseño, estos ejercicios de capacidad se han desarrollado con un programa que Indra ha diseñado específicamente para el TCDD en Turquía.

Por último, se ha realizado una comparativa de los resultados obtenidos con TMI y los resultados obtenidos con TSI comentando las conclusiones finales del estudio.

## ESTADO DEL ARTE

Hoy en día en el mundo ferroviario la señalización ha tomado un papel fundamental e indispensable en la evolución de los sistemas ferroviarios. Esta evolución va ligada a la economía del país, en el estudio [1] *“El mercado del sector ferroviario en Turquía”* realizado por La Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Ankara se puede observar cómo Turquía siendo un país con una calidad de vida relativamente baja está invirtiendo fuertemente en el desarrollo del ferrocarril dentro país.

Como documentación histórica y actual de las líneas y ferrocarriles de Turquía se han usado los artículos [2] *“Ferrocarriles Estatales de la República de Turquía”* y [3] *“Turquía, destino clave para las exportaciones ferroviarias españolas”* como guía de conocimiento en el presente trabajo.

Para la descripción de los sistemas TMI y TSI se ha utilizado material proporcionado por Indra y como apoyo complementario el texto [4] *“TCDD signaling system types”*, y los artículos [5] *“TURKEY - Railway Signalization Systems”* [6] *“Signal Crossing Prevention System (Automatic Tran Stop): KFS”* donde se explican los sistemas ATS que podrían encontrarse implantados en la red turca.

Por otro lado, en la exploración de documentos para conocer el material rodante de alta velocidad que circula por las líneas ferroviarias de Turquía se ha encontrado un par de informes de la revista Vía Libre donde queda ilustrada tal información: [7] *“Trenes de CAF en la red de alta velocidad de Turquía”* y [8] *“Diez trenes Velaro más para los ferrocarriles turcos”*. Estos informes detallan los trenes CAF y Siemens que operan en el país.

De esta forma y junto con el material que se me ha proporcionado por la empresa se ha recopilado la información suficiente para llevar a cabo este trabajo de la forma más real y actualizada posible.

## OBJETIVOS

Los sistemas ferroviarios han ido evolucionando a lo largo de la historia de la mano de la señalización. Por esta razón, a lo largo de los últimos años se han realizado fuertes inversiones en esta industria con el fin de transportar de la manera más eficiente posible tanto a personas como a mercancías.

En este trabajo se pretende dar a conocer parte del sistema ferroviario implantado en Turquía, así como dos de las tecnologías implantadas con las cuales se está operando en el país.

Los objetivos principales del presente documento son:

- Creación del tramo de línea ferroviaria en sistema TMI.
- Creación del tramo de línea ferroviaria en sistema TSI.
- Realizar los ejercicios de capacidad en ambas tecnologías.
- Comparar los estudios.
- Sacar las conclusiones oportunas.

Estos diseños y ejercicios de capacidad se han ejecutado con el programa que la empresa Indra creó específicamente para la explotación ferroviaria de Turquía. Actualmente es el programa en uso y con el que se está operando día a día.

Este proyecto se ha creado con el fin de comparar la capacidad máxima que ofrece el sistema TMI y la capacidad máxima que ofrece el sistema TSI en una línea ferroviaria.

Por otro lado, esta comparativa sirve para actualizar un tramo compuesto por 5 estaciones e implantar señalización (TSI) a una red ferroviaria gobernada por un sistema obsoleto como es el TMI. De esta forma se dejarán atrás los bloqueos telefónicos y se dará paso a un sistema de regulación por señales, mucho más seguro que el anterior.

## PLANIFICACIÓN DE TAREAS

- En primer lugar, se expone una introducción al sistema económico y ferroviario de Turquía.
- Ubicación y datos principales del proyecto.
- Introducción a las tecnologías empleadas en señalización.
- Tecnologías empleadas en el estudio:
  - ✓ Sistema TMI
  - ✓ Sistema TSI
- Diseño de estaciones.
- Diseño de Itinerarios.
- Diseño de ejercicios de capacidad.
- Ejecución de los ejercicios de capacidad y exposición de resultados.
- Comparativa TMI vs TSI.
- Conclusiones finales.

## INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos ya sea en el mundo ferroviario, de la aviación o de las TICS principalmente evolucionan acorde al desarrollo de cada país. Razón por la cual, podemos ver a día de hoy que los países pioneros tecnológicamente son los países más desarrollados en el mundo. Ejemplo como Japón o Corea de Sur reflejan esta similitud.

Pues bien, esto mismo ocurre en el sector ferroviario. Tenemos países consolidados que a lo largo de los años han invertido en desarrollo ferroviario, países que no han tenido la oportunidad, bien por falta de recursos o falta de interés y países que actualmente están incorporando las nuevas tecnologías.

Turquía podríamos considerarlo como uno de estos últimos países que hemos citado anteriormente, el cual se encuentra en vías de mejora de la actual red ferroviaria.

Será aquí donde se desarrollará el proyecto que se explicará a continuación. Para ello comenzaré realizando una breve introducción sobre el país.

La república de Turquía se encuentra situada en Asia Occidental mayoritariamente, a excepción, de una parte minoritaria que corresponde a Europa meridional. Se encuentra ubicado en la zona de los Balcanes.



*Figura 1. Mapa geográfico de Turquía.*

Es un país dónde han residido numerosas civilizaciones a lo largo de la historia debido a su posición estratégica. Esto le ha favorecido enriqueciéndose de cultura, pero le ha perjudicado en su desarrollo interno debido a las numerosas guerras allí vividas.

En la actualidad, Turquía es uno de los países en proceso de adhesión a la Unión Europea, es decir, pendiente de incorporar la legislación de la Unión Europea como Derecho Nacional.

En la siguiente tabla se muestra una serie de datos para dar a conocer cuál es la actualidad del país:

<b>Capital</b>	<b>Ankara</b>
<b>Superficie</b>	<b>785.350 km</b>
<b>Población</b>	<b>82.003.882 hab.</b>
<b>Densidad de Población</b>	<b>104 hab. Por Km2</b>
<b>Religión</b>	<b>Mayoritariamente Islam</b>

<b>Moneda</b>	<b>Liras turcas (1 EUR=7,697 TRY)</b>
<b>Pertenece a</b>	<b>ACD,CoE,OCE,G20,FMI,OTAN,OCDE,ONU.OSCE</b>
<b>Volumen de PIB</b>	<b>Economía número 19</b>
<b>Deuda pública (2018)</b>	<b>196.944 millones de euros</b>
<b>Deuda del PIB</b>	<b>30.17%</b>
<b>Deuda per cápita</b>	<b>2.402 euros por hab.</b>
<b>Tasa variación anual del IPC</b>	<b>11.4%</b>
<b>Tasa de desempleo</b>	<b>Una de las mayores tasas de desempleo en el mundo</b>
<b>PIB per cápita</b>	<b>8.210 euros</b>
<b>Salario medio</b>	<b>De los más bajos del mundo</b>

*Figura 2. Tabla de datos generales de Turquía.*

*“Tabla extraída de un estudio de mercado del ICEX”*

Podemos destacar 3 ciudades de mayor relevancia debido a su tamaño:

- Ankara: Es la capital del país y uno de sus motores al igual que Estambul. Cuenta con una población de 5.270.575 habitantes.
- Estambul: Quizás la ciudad más relevante del país debido a su tamaño, localización y su atractivo turístico. Cuenta con una población de 15.523.696 habitantes.
- Esmirna: Es la tercera ciudad en población, pero no por ello menos importante. Tiene el segundo puerto más importante del país por detrás de Estambul y cuenta con una población de 3.789.449 habitantes.

Debido al elevado número de habitantes del país, se requiere una interconexión entre núcleos poblacionales. Es aquí donde el ferrocarril desempeña un relevante papel en dicha unión debido a su carácter poco ecológico e innovador.

En su empeño por el desarrollo económico y social, Turquía al igual que muchos otros países, ha decidido dar un cambio hacia el futuro. Se ha volcado de lleno con una mejora en su red ferroviaria y nuevas incorporaciones de la misma.

Según muchos expertos, el tren será el transporte del futuro debido a la cantidad de personas que puede llegar a movilizar y a los reducidos niveles de contaminación.

Los **Ferrocarriles del Estado de la República de Turquía**, en turco: “*Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları*”, cuyas siglas son **TCDD** es la empresa ferroviaria cuya propiedad pertenece al gobierno turco. Esta empresa es la encargada de la explotación de la red, del mantenimiento de la infraestructura ferroviaria y de la construcción y planificación de nuevas líneas que se incorporen a la red de Turquía.



*Figura 3. Logo del TCDD turco.*

Como dato curioso, la formación de la TCDD fue parte de un proceso de nacionalización de ferrocarriles en Turquía y data del 4 de junio de 1929.

A demás de mantener y poseer todos los ferrocarriles de carácter público en Turquía, los Ferrocarriles Estatales de Turquía (TCDD) se hacen cargo también de estaciones de ferrocarril, puentes, túneles, puertos marítimos e instalaciones ferroviarias dedicadas al mantenimiento.

El día 24 de abril de 2013 se aprobó la Ley de “Liberación del Transporte Ferroviario Turco” siendo publicada en el Boletín Oficial. La cual divide la explotación de la infraestructura siendo la TCDD encargada de gestionar la infraestructura ferroviaria turca.

Tras este proceso se ha creado una empresa afiliada llamada TCDD Tasimacilik A.S que entrará en el sector de operadora bajo un régimen empresarial de competencia de mercado abierto.

A día de hoy no se ha completado el proceso de liberación y eso por eso que la TCDD sigue siendo la gestora de la infraestructura y la que opera las líneas ferroviarias.

La red ferroviaria activa en Turquía constaba de 12.532km en el año 2016, actualmente la red ha crecido debido a nuevas incorporaciones de líneas. Este dato muestra que estamos hablando de una red posicionada en el puesto 22 de redes ferroviarias más extensas en el mundo.

### SERVICIOS DE PASAJEROS

En la actualidad, el 90% se los servicios que opera la TCDD son de pasajeros, quedando el transporte de mercancías en un segundo plano. Los principales servicios de operación de pasajeros son: interurbano, cercanías, regional y servicios internacionales.

En los orígenes de la primitiva red ferroviaria de Turquía, se llegaron a transportar por ferrocarril el 52% de los viajeros del país. Fue el principal modo de transporte en las décadas siguientes; aunque tenía una red carente de numerosas conexiones con núcleos poblacionales; alcanzando un máximo histórico del 57% del transporte de viajeros en el año 1947. Posteriormente en la década de los 50 sufrió un fuerte declive causado por el auge de la construcción de carreteras y el transporte por las mismas.

Actualmente el transporte por ferrocarril está volviendo poco a poco a tener la relevancia que merece debido a la incorporación de las nuevas líneas de alta velocidad en Turquía.

En el año 2013 casi 21 millones de personas usaron el ferrocarril como medio de transporte, siendo 16.7 millones las que usaron líneas principales y 4.3 millones las que se desplazaron en alta velocidad. Esto supuso un aumento de movilidad en alta velocidad del 25% respecto al año anterior.

Año	Acontecimiento
1856	Primer ferrocarril en suelo turco entre Izmir y Aydin
1924	Comienzo de la nacionalización de los Ferrocarriles y más de 4.000 Kilómetros operables.
1953	Los ferrocarriles se convierten en una empresa estatal y se crea el TCDD
2008	Se construye la primera línea de alta velocidad
2013	Se liberaliza el sector ferroviario mediante la ley 6461
2023*	Red de más de 25000 km. Incorporación de casi 15000 km más, 10.000 de los cuales serán de alta velocidad.
2035*	1200 Km adicionales de alta velocidad.

Figura 4. Tabla de acontecimientos históricos ferroviarios en Turquía.

“Tabla extraída de un estudio de mercado del ICEX”

Existen los siguientes tipos de servicios de pasajeros:

- ✓ Servicios de alta velocidad (Hızli Tren): son los servicios de primer nivel de TCDD.
- ✓ Servicio en la línea principal (Anahat): estos servicios son desarrollados por los trenes interurbanos que operan entre las principales ciudades.
- ✓ Servicio internacional (Uluslararası): son servicios que operan rutas internacionales hacia Europa o bien hacia el Medio Oriente.
- ✓ Servicios regionales (Bölgesel): servicios de trenes que operan dentro de los distritos correspondientes.
- ✓ Servicios de cercanías (Banliyö): son los servicios que operan en las grandes ciudades como Estambul y Ankara.

En la imagen que se muestra a continuación podemos ver un esquema de las principales líneas ferroviarias que se encuentran activas en el país:

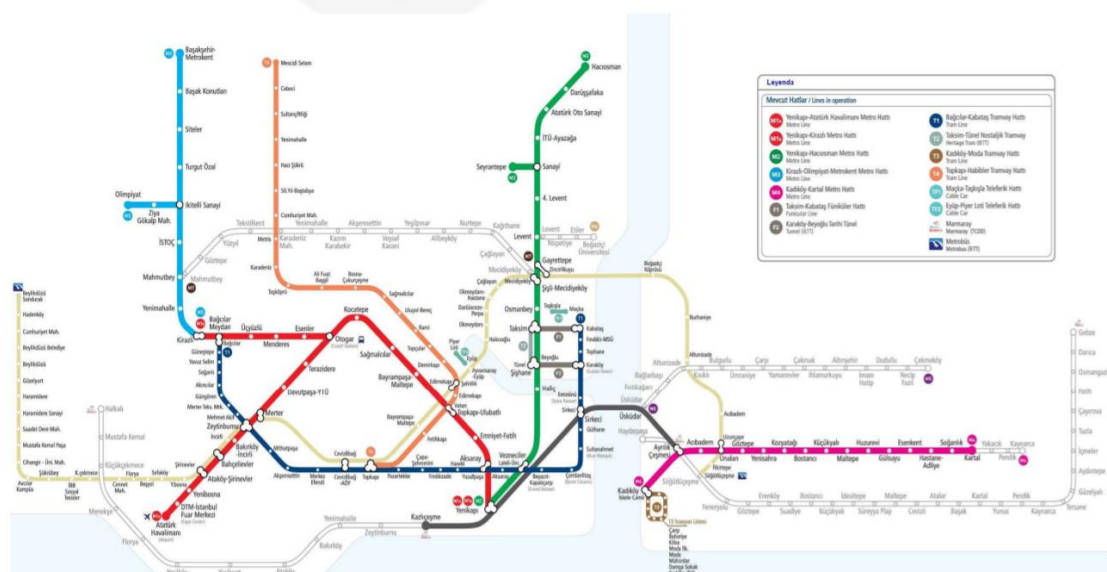


Figura 5. Esquema de líneas ferroviarias operativas en Turquía

“Fotografía extraída de un estudio de mercado el ICEX”

## SERVICIOS DE MERCANCIAS

El TCDD encargado de las operaciones ferroviarias como bien sabemos, consiguió transportar alrededor de 5.000 millones de toneladas-km en la década de los 80. Aumentando dicha cifra a 7.000 millones de toneladas-km en los 90 y 9.000 millones en el año 2000.

La carga transportada en su mayoría constaba de minerales y materiales de construcción, aunque también cobraba un papel importante el mercado siderúrgico en lo que transporte de mercancías se refiere. Por otro lado, estaba también incluido el transporte de petróleo, químicos y productos agrícolas.

En el año 2012 se llegaron a transportar 25,7 millones de toneladas a lo largo de la red ferroviaria de Turquía. Buena parte corresponde al transporte de mineral de hierro y carbón efectuado por dos empresas que se dedican al acero, llamadas Erdemir y Kardemir. Los dos mejores clientes de la TCDD que llegaron a movilizar alrededor de 4,5 millones de toneladas en el 2012. Otros 2,1 millones de toneladas transportadas por ferrocarril corresponden al tráfico internacional de mercancías.

La mayor parte de este tráfico internacional corresponde a las relaciones con Europa siendo Kapikule la empresa encargada de dicha operación mediante vagones convencionales y trenes de contenedores.

En el año 2014 la cifra asciende a 26,6 millones de toneladas de mercancías transportadas, dónde 7.1 millones se realizaron por vagones privados.

El TCDD ha invertido y apoyado el transporte de mercancías en contenedores, razón por la cual, las empresas privadas han realizados grandes inversiones en vagones portacontenedores. Obteniendo como resultado un 20% de todo el transporte de mercancías en dichos vagones.

Para el año 2023 el TCDD ha propuesto la ampliación de 4.000 kilómetros de líneas convencionales y la construcción de 18 centros logísticos reforzando así el transporte de mercancías y posibilitando las conexiones con Georgia, Irak e Irán.

El TCDD ha desarrollado importantes proyectos centrados en el transporte de mercancías por ferrocarril:

- En el año 2011 la “Ruta de la seda de hierro”
- En el año 2015 “Marmaray”
- En el año 2017 “Kars-Tbilisi-Baku”
- El TCDD a través de la línea “Kars-Idgir-Nakhcivan” quiere tener la cuota de tráfico de mercancías entre Europa y China.

## LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El tramo de línea ferroviaria en estudio se encuentra situado al sur del país. Concretamente en una línea costera que conecta la ciudad de Mersin, Payas y Osmaniye con el norte del país. Esta zona es un lugar estratégico en la entrada y salida de mercancía debido a su actividad costera. Debido



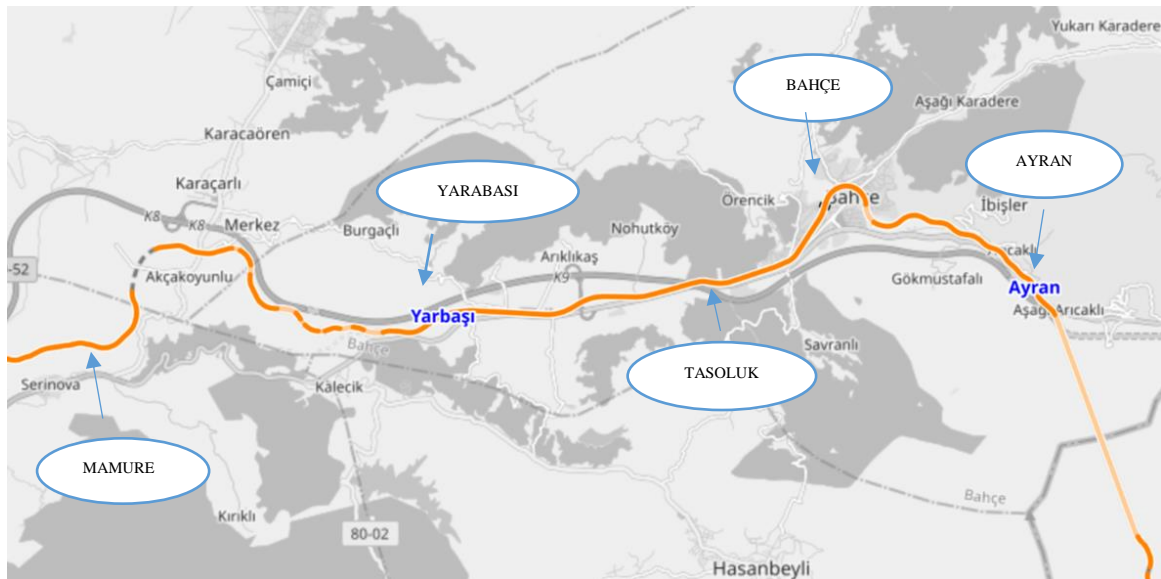
a su localización, es una zona de gran afluencia en lo que al tráfico ferroviario de pasajeros debido también al paso de barcos y cruceros.



*Figura 6. Localización del proyecto.*

La sección en estudio pertenece a la línea Konya-Meydanekbez. Con una dimensión de 34.044 kilómetros, está formado por 4 tramos de línea y 5 estaciones:

- **Mamure:** pk 466+843
- **Yarbasi:** pk 479+623
- **Tasoluk:** pk 485+913
- **Bahçe:** pk 492+954
- **Ayran:** pk 500+887



*Figura 7. Ubicación de las 5 estaciones que componen el tramo ferroviario en estudio.*

## INTRODUCCIÓN A LAS TECNOLOGÍAS EMPLEADAS EN SEÑALIZACIÓN

En la actualidad, existen 3 tecnologías de señalización ferroviaria que conviven a la vez en Turquía:

- TMI
- TSI
- ERTMS

Siendo la tecnología TMI (bloqueo telefónico) la más primitiva de las tres y también la más empleada. Esto se debe a la falta de inversión tiempo atrás que el país no ha proporcionado al sector ferroviario.

Por otro lado, con la llegada de la señalización ferroviaria aparece la tecnología llamada TSI. Se introducen señales de bloqueo, entrada y salida, facilitando el tráfico ferroviario y los tiempos de recorrido.

La tecnología TSI es la segunda tecnología más empleada en el país.

Por último y con la llegada de la alta velocidad a las líneas ferroviarias turcas, entra el sistema ERTMS en acción. Es la tecnología más moderna en el país y la menos utilizada hasta el momento.

Actualmente se opera con ERTMS-1, siendo objetivo de futuro la ampliación de la red dotada con este sistema y la introducción de ERTMS-2.

### Distribución de las tecnologías empleadas por estación/instalación en el país:

- **TMI:** 540 251 estaciones/instalaciones.

Ejemplo:

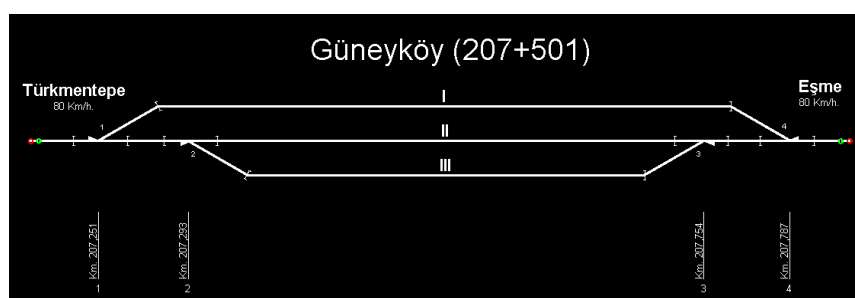
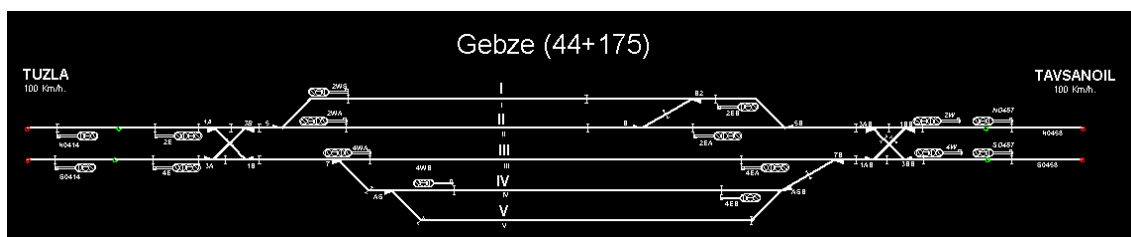


Figura 8. Esquema de estación en tecnología TMI.

- **TSI:** 251 estaciones/instalaciones.

Ejemplo:



*Figura 9. Esquema de estación en tecnología TSI.*

- **ERTMS:** 112 estaciones/instalaciones.  
Ejemplo:



*Figura 10. Esquema de estación en tecnología ERTMS.*

## TECNOLOGÍAS EMPLEADAS EN EL ESTUDIO

Para el estudio de capacidad del tramo ferroviario que vamos a desarrollar en el presente trabajo fin de máster, se van a utilizar las tecnologías de señalización TMI y TSI.

Se diseñará la línea en una tecnología y otra mediante el programa de diseño desarrollado por INDRA, y posteriormente se realizará un ejercicio de capacidad con el mismo programa. De esta forma veremos la mejoría de capacidad (en el caso de haberla) que gana la línea con la incorporación de señales o lo que es lo mismo, con la implantación del sistema TSI.

A continuación, se presentará el sistema TMI y el sistema TSI por separado, dando a conocer las características, diferencias y similitudes de cada uno.

### SISTEMA TMI

Las siglas TMI significan “Telefonla Merkezden Idare”. Esta tecnología se basa en un tipo de control de tráfico manual que utiliza órdenes de tren escritas. Es el bloqueo más sencillo de todos tecnológicamente hablando y su objetivo es permitir a un tren circular por un tramo de vía sin que alcance o colisione con otro tren. Es similar al bloqueo telefónico BT que se utilizaba en España. Este sistema es controlado por estaciones locales y regulado por un despachador de línea.

En el sistema TMI, el despachador trabaja desde una oficina centralizada. Dicho despachador observa constantemente el tráfico actual de los trenes a través de hojas de datos tabulares del tráfico o mediante diagramas de tráfico. Prepara y analiza las soluciones de regulación de tráfico más apropiadas y se las comunica a los operadores locales. El personal de la estación local recibe las órdenes y posteriormente repiten dicho pedido al despachador para que finalmente el pedido se vuelva válido.

El personal local de la estación prepara las órdenes escritas a partir de las órdenes que reciben del despachador para posteriormente entregárselas a los equipos.

Para que los trenes puedan salir de un área de estación local, deben obtener primero la orden adecuada para poder partir.

Otra función que tienen los operadores locales es la de llamar bajo su responsabilidad al despachador y comunicarle la llegada y salida de trenes desde/hacia sus estaciones. De esta forma, el despachador es capaz regular el tráfico y las maniobras de adelantamiento entre trenes.

En el sistema TMI, los trenes pueden llegar a seguirse entre sí a una distancia mínima de la estación. Esto quiere decir, que un tren solamente podrá salir de una estación cuando su predecesor haya llegado a la estación siguiente y además haya despejado la entrada de la misma. Esta tecnología como podemos ver, no proporciona una alta capacidad en las líneas instaladas, pero antiguamente era el sistema de control y regulación del tráfico que se instalaba debido a su sencillez y carácter seguro.

Hoy en día hay numerosas estaciones e instalaciones en Turquía dotadas con este sistema cuyo objetivo es una transformación hacia TSI y ERTMS.

En una minoría de estaciones, el sistema TMI puede estar combinado o integrar un sistema mecánico de señalización. En este caso las señales se colocarían a la entrada y salida del enclavamiento, dando por sentado que las señales de bloqueo intermedio no existen. Por lo tanto, el principio de separación y seguimiento de trenes viene dado al igual que antes por la distancia entre estaciones.

En estas líneas mencionadas, las señales se usan para indicar al maquinista que ha de detenerse y recoger una nueva orden. Además, pueden indicar al maquinista que detenga el tren antes de entrar en la estación. Este sistema de señales establece un sistema de enclavamiento dentro de la estación proporcionando mayor flexibilidad y seguridad. En el caso más común y en ausencia de señales, las indicaciones al maquinista del tren se darán mediante banderas rojas y verdes.

Cuando no existan señales el maquinista deberá acercarse a la estación a una velocidad tan baja que tenga la posibilidad de detener el tren antes de llegar a la estación en caso que sea necesario. Además, al no saber el maquinista si la ruta establecida será recta o desviada, deberá pasar los puntos de entrada a la estación a una velocidad de 30 km/h.

En caso de existir señalización, la llamada señal de aproximación anticipará el aspecto de la señal de entrada al maquinista pudiendo aumentar la limitación de velocidad de entrada en la estación a 40-55 km/h, dependiendo del tipo de sistema de enclavamiento que esté instalado en la estación.

Por último, decir que en las líneas TMI las operaciones de adelantamiento se encuentran programadas y se muestran en los horarios y diagramas de tráfico. En caso de no haber ningún sistema de señalización los trenes han de detenerse en todas las estaciones de adelantamiento programadas. En caso de haber un sistema de señalización podrán pasar sin detenerse debido a que el enclavamiento proporciona la seguridad requerida para la operación.

Algunos ejemplos de líneas en uso equipadas con el sistema TMI son las siguientes:

- Eskişehir a Alayunt; Afyon Konya Ulukışla y Yenice
- Alayunt a Kütahya; Balıkesir; Manisa Izmir
- Manisa a Uşak y Afyon
- Esmirna a Aydın; Goncalı y Denizli
- Irmak a Zonguldak

## SISTEMA TSI

El sistema de señalización TSI fue el primer paso que tomaron los ferrocarriles turcos hacia la señalización ferroviaria tras el sistema TMI. A día de hoy es el segundo sistema más empleado en la red ferroviaria de Turquía.

Datos característicos de sistema TSI:

- Es un sistema de señalización ferroviaria dotado con las siguientes señales:

- Señal de bloqueo —————> 3 focos.
- Señal de entrada externa —————> 4 focos.
- Señal de entrada interna —————> 3 focos.
- Señal de salida externa —————> 3 focos.
- Señal de salida interna —————> 3 focos.

Señal 3 focos: amarillo-verde-rojo.



*Figura 11. Señal de 3 focos.*

En este caso es una señal de bloqueo, pero el tipo de señal sigue siendo el mismo en el resto de señales con 3 focos.

Señal 4 focos: amarillo-verde-rojo-amarillo.



*Figura 12. Señal de 4 focos.*

El uso de las señales de 4 focos es exclusivo para las señales de entrada exterior a las instalaciones/estaciones.

- Tiene un enclavamiento que controla el estado de las señales en función de la ocupación de los circuitos de vía. Por tanto, la localización de los trenes vendrá dada por la ocupación de circuitos de vía.

- Existe un puesto (o más) de control desde el cual se puede controlar la apertura de señales (y por consiguiente el paso de los trenes) sin vulnerar la seguridad que establece el enclavamiento.

- En ciertas zonas de la línea TSI existe un sistema llamado ATS-101 (Automatic Train Stop) que mediante unos pulsos electromagnéticos fuerzan un frenado automático del tren si este sobrepasa cierta velocidad. Es un sistema que se instala a lo largo del circuito de vía.

## ATS

El ATS es un dispositivo de seguridad a bordo junto con transpondedores laterales de línea. Se utiliza junto con CTC. El ATS activará el frenado de emergencia en las siguientes condiciones:

- Si se pasa una señal que muestra un aspecto de parada.
- Si se pasa una señal que muestra aspectos amarillos a una velocidad superior a 65 km/h.
- Si la velocidad 300 m antes de la señal de entrada a la estación supera los 40 km/h.

El ATS es un dispositivo de seguridad básico y sencillo. Por ejemplo, el ATS no proporciona protección en el caso de una obstrucción en la vía colocada próxima de la señal de parada.

El ATS implica que el maquinista debe poder reducir la velocidad de su tren a 65 km / h dentro de su línea de visión. Por lo tanto, dificulta la conducción en condiciones de baja visibilidad donde las señales se ven a corta distancia.

### HISTORIA DE CTC

En el TCDD el CTC (Central Traffic Control / Demiryol Trafikinin Elektrikli Sinyallerle Merkezden İdaresi) es una señalización automática de bloqueo ampliamente similar a las recomendaciones estándar de OSJD (u OSShD Organización para la Colaboración entre Ferrocarriles). Dichas recomendaciones descienden de la práctica alemana, aunque con un número reducido de luces.

En los países de Europa Central, la mayoría de operadores siguen en mayor o menor medida las recomendaciones de OSJD. Incluidos los ferrocarriles rusos y algunos ferrocarriles más que no pertenecen a OSJD, como es el caso de TCDD.

La política actual de TCDD es actualizar la señalización de la línea antes de la electrificación, pero los dos proyectos generalmente están vinculados. Hay casos como por ejemplo el área de Ankara donde se realizó la electrificación antes de la señalización de CTC.

El CTC fue desarrollado después del DRS y debido a su ascendencia alemana común, ambos sistemas tienen varios aspectos de señal similares. La diferencia fundamental es la luz verde. En el área CTC, el verde indica (si se muestra desde una señal alta) un funcionamiento básicamente sin restricciones hasta la próxima señal. En el área DRS, un verde puede ser dado por una señal principal que muestra "ruta divergente". En este caso, el maquinista deberá reducir la velocidad incluso después de un "green".

Algunas de las líneas ferroviarias turcas donde el CTC está actualmente instalado:

- Haydarpaşa - Ankara - Kayaş (instalado desde finales de 1960 hasta finales de 1970 por Westinghouse).
- Kayaş a Çetinkaya: instalado a mediados de la década de 1990. Hanlı a Sivas y Çetinkaya podrían no estar operativos todavía (desde 2002)
- Divriği - Çetinkaya - Malatya - Fevzipaşa -Toprakkale Iskenderun (instalado a fines de la década de 1980 por Iskra de Yugoslavia)
- Halkalı - Edirne - Kapıkule.
- Área de Izmir: esto se está haciendo actualmente y aún no está operativo (el trabajo comenzó en 2001).

La mayoría de estas líneas son líneas de vía única con una velocidad máxima permitida de 100-120 km/h. Las secciones del bloque tienen en promedio de unos 5 km de largo.

## EL DESPACHADOR DE CTC

El despachador de CTC tiene un papel fundamental, especialmente para líneas de vía única. El despachador es responsable de un área para una o varias líneas principales, incluidas todas las estaciones en dicha área.

Por defecto, cada línea de vía única entre dos estaciones está cerrada. Todas las señales que protegen esta vía única muestran un aspecto de parada. Para un tren que se aproxima, el despachador establecerá una ruta.

El enclavamiento cambiará el aspecto de las señales a un aspecto de proceder sólo si la ruta seleccionada o la línea abierta no se encuentra ocupada por otro tren y no hay ningún movimiento de conflicto.

Por último, el despachador de CTC será el encargado de establecer el paso de trenes (ya sea cruzando o adelantando) para así optimizar los movimientos del tren y la capacidad de la línea.

Para este proceso se emplean herramientas clásicas:

- Pronóstico y gráficos reales de todas las vías del tren.
- Visualización del diseño de la vía que muestra el estado de la señal y la ubicación de los trenes.
- Teléfono y radio de tren (cuando esté disponible).

## DPAT

Por último, comentar que para el sistema TSI se ha desarrollado una nueva tecnología llamada DPAT (Dispositivo de Parada Automática del Tren). Es el sistema más innovador hasta la fecha implantado en las líneas TSI. Actualmente una minoría de líneas equipan este sistema y en parte de ellas se encuentra en pruebas.

Se trata de un sistema de protección ante el rebase de señales. Consta de los 3 elementos siguientes:

- Sensor KFS a bordo.
- Una baliza KFSI instalada en el suelo de la vía
- Un bloque o rack de tratamiento KFS a bordo

### Principio de funcionamiento:

El tren tiene un sensor a bordo KFS que detecta un campo electromagnético o magnético, emitido por una baliza KFSI. Esta baliza se encuentra instalada en el balasto, entre los dos railes a través de un bastidor externo. Se encuentra unida a la señal de maniobra que va a proteger.

El sensor KFS es el encargado de transmitir la información captada al bloque de tratamiento KFS para que este la descodifique y transmita la orden de frenado de emergencia o de alarma al maquinista.

**COMPONENTES DEL SISTEMA KFS**

- **Sensor KFS**

La función principal de estos sensores es detectar dos tipos de campos: campo magnético emitido por un imán/electroimán y el campo magnético de baja frecuencia emitido por una antena.

Estos campos son emitidos por las balizas colocadas entre medias de los carriles.

El sensor KFS envía la información captada al bloque KFS para ser descodificada y emitir una orden de frenada de emergencia o alarma al maquinista.

- **Bloques o bastidor de KFS**

Sus funciones son:

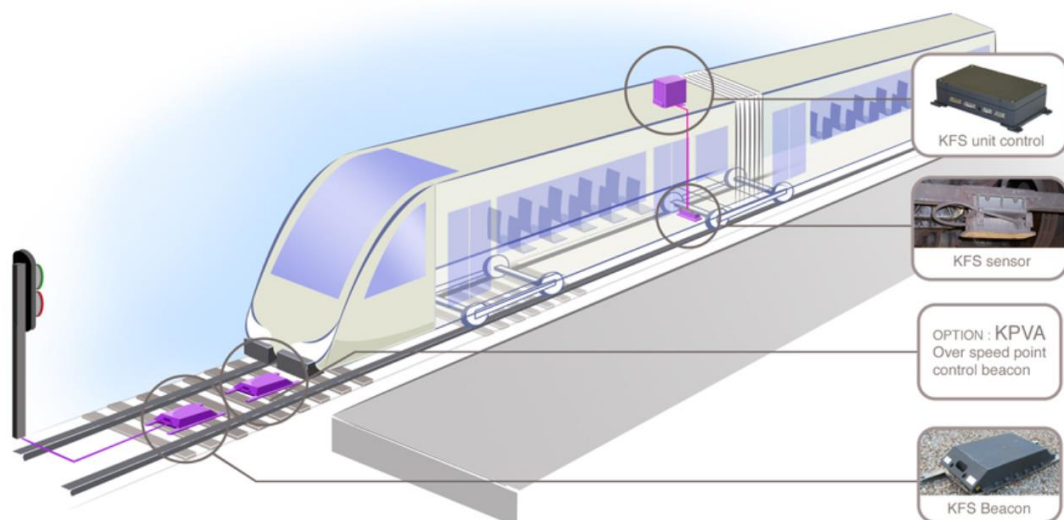
- Descodificar la información transmitida por el sensor magnético KFS y que previamente ha sido generada por las balizas RPS, KPVA o KFSI instaladas en vía.
- Transmitir al maquinista la información de frenada de emergencia o de alarma.

Recibe dos tipos de señales eléctricas del sensor magnético:

- La primera desde la fase de detención del campo magnético continuo. Produce un código binario.
- La segunda es la suma de señales de baja frecuencia que son emitidas por la baliza del suelo y captadas por una antena sintonizada en la banda de dichas frecuencias.

Características:

- Alimentación 24V ó 72V CC; norma EN 50155.
- Compatibilidad electromagnética; norma EN 50121.
- Relé de seguridad: norma NF F 62-002.
- Funciona entre -20°C y + 85°C.



*Figura 13. Componentes del sistema KFS.*



## BREVE INTRODUCCIÓN A LA ALTA VELOCIDAD EN TURQUÍA

Las líneas de alta velocidad en Turquía al igual que las líneas convencionales son operadas por los Ferrocarriles Estatales de Turquía (TCDD), en la actualidad existen varios corredores en operación y otros en construcción o fase de proyecto. El tren de alta velocidad es conocido como “Yüksek Hızlı Tren”.

La alta velocidad llegó a Turquía con la línea de Ankara a Eskisehir en 2009, proyecto que llevaba casi 6 años en construcción. Poco después de inauguró una segunda línea entre Ankara y Konya.

En el año 2015 se lleva a cabo el proyecto que une las dos mayores ciudades de Turquía. Una extensión desde Eskisehir hasta Estambul para lograr un trayecto de 533 km. Gezbe y Hatali se encuentran conectadas gracias al túnel de Marmaray.

La red ferroviaria de alta velocidad está electrificada a 25 kV y 75Hz.

LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD TURCAS	Líneas en explotación			
	Línea	Longitud	Observaciones	Servicios
	Estambul (Pendik) - Ankara	533 km	Entre Gebze y Kosekoy (56 km) los trenes utilizan la línea convencional	5 pares de trenes diarios
	Ankara - Konya	306 km	Velocidad de proyecto >300 km/h.	7 pares de trenes diarios
	Estambul (Pendik) - Konya	(641 km)	Hasta Polatli la línea es común con la de Estambul. Esta línea utiliza los tramos Pendik-Polatli-Konya de las dos líneas anteriores	2 pares de trenes diarios
	Línea en construcción o en proyecto			
	Ankara - Sivas	393 km	Prevista para 2018	
	Ankara - Afyon	281 km	Hasta Polatli es común con las líneas de Estambul y Konya	
	Ankara - Esmirna	624 km	Es una prolongación a Esmirna de la línea Ankara-Afyon	
	Ankara - Kayseri	350 km		
	Bandirma -Bursa	190 km	Se plantea como prolongación a esa ciudad costera de un ramal entre Osmaneli y Bursa de la línea Estambul-Ankara	
	Proyectos a más largo plazo			
	Sivas - Erzincan - Erzurum - Kars	710 km	Esta línea llegaría a corta distancia de la frontera con Georgia	
	Estambul (Halkali) - Frontera búlgara	320 km	Línea hacia el Oeste de Estambul para conectar con futuros desarrollos de alta velocidad europeos	
	Eskisehir - Antalya		Antalya, a pesar de contar con 1,2 millones de habitantes, carece de ferrocarril. Conectaría en Eskisehir con la línea Estambul-Ankara. Terminación prevista en 2023	

*Figura 14. Tabla de las líneas de alta velocidad turcas – Revista Vía Libre*

## LOS TRENES DE ALTA VELOCIDAD

### CAF

Son la clase HT65000 de los ferrocarriles de Turquía y están inspirados en la serie 120 de Renfe. Estos trenes son autopropulsados y constan de 6 coches. Empezaron prestando servicio en el año 2009 con la inauguración de la línea Ankara-Eskişehir llegando en 2014 hasta la estación de Pendik en Estambul. Esta línea tiene una velocidad máxima de 250 km/h.



*Figura 15. Tren HT65000 CAF de alta velocidad.*

## SIEMENS

Conforman la clase HT80000 y son los trenes Velaro de 8 coches. Comenzaron a prestar servicio en el año 2015. Tienen una velocidad máxima de 330 km/h y operan la línea de Ankara – Konya - Eskisehir diseñada con una velocidad de proyecto de 300 km/h.



*Figura 16. Tren Velaro para el TCDD.*

## DISEÑO DE ESTACIONES

Uno de los objetivos de este proyecto, es el diseño del tramo de línea ferroviaria que transcurre concretamente de la estación de Ayvalı a la estación de Karagözler. Para después poder realizar el cálculo de capacidad de trenes que permite esta sección.

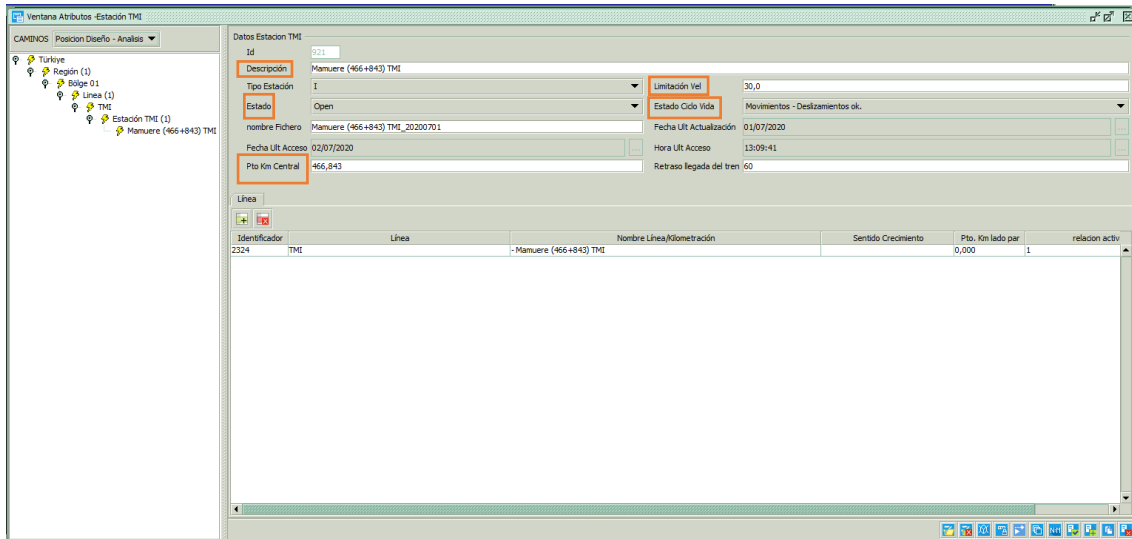
Tanto para el diseño, como para el cálculo de capacidad se ha empleado una herramienta desarrollada por Indra y específica para el TCDD.

En primer lugar, voy a explicar cómo se ha conseguido dibujar el tramo de línea ferroviaria y para ello, voy a ayudarme del programa de diseño.

Una vez elegida la topología en la que vamos a trabajar, empezaremos con la creación de una nueva instalación en tecnología TMI o TSI.

La siguiente ventana de atributos nos pide introducir los datos necesarios para la elaboración:

- **Descripción:** en la que debemos introducir el nombre de la estación seguido de su correspondiente pk.
- **Estado:** deberá estar siempre en “Open” para poder trabajar en ella.
- Punto kilométrico central: el pk de la estación.
- **Limitación de velocidad:** es el límite de velocidad más restrictivo en la instalación. Se toma como valor 30 km/h, restricción dada por infraestructura.
- **Estado ciclo de vida:** si se va a realizar un ejercicio con movimientos deberá estar en “Movimientos - Desplazamientos” sino, estará en “Editado”.

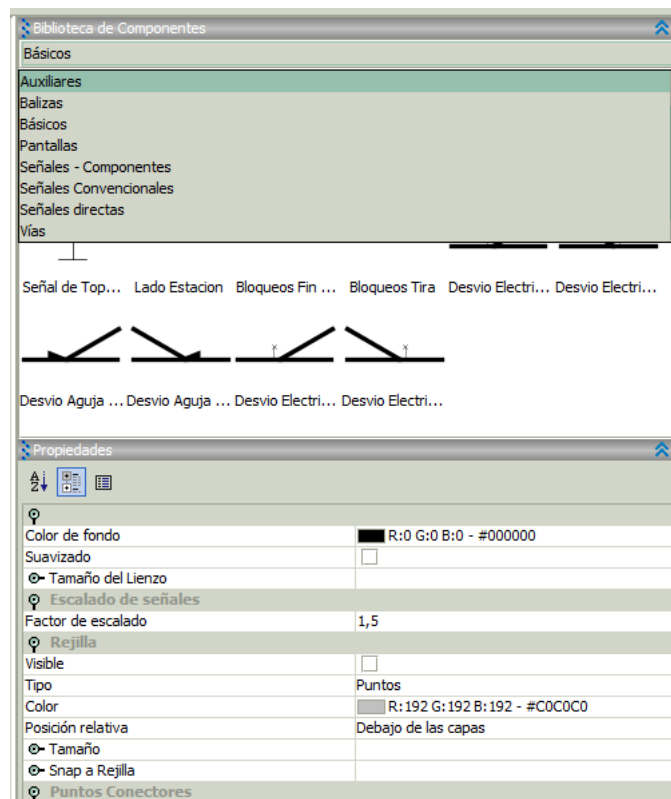


*Figura 17. Ventana de atributos para la creación de una estación en TMI.*

Una vez completados estos datos obligatorios, salvamos la entidad para poder guardar los cambios.

Se abrirá un lienzo de color negro donde vamos a plasmar nuestro diseño gracias a una ventana de herramientas en la que tenemos una serie de elementos previamente diseñados.

Estos elementos pueden ser: circuitos de vía, desvíos, señales, balizas... Se unirán de uno en uno hasta llegar al diseño que queremos.



*Figura 18. Biblioteca de componentes para la creación de una estación en TMI.*

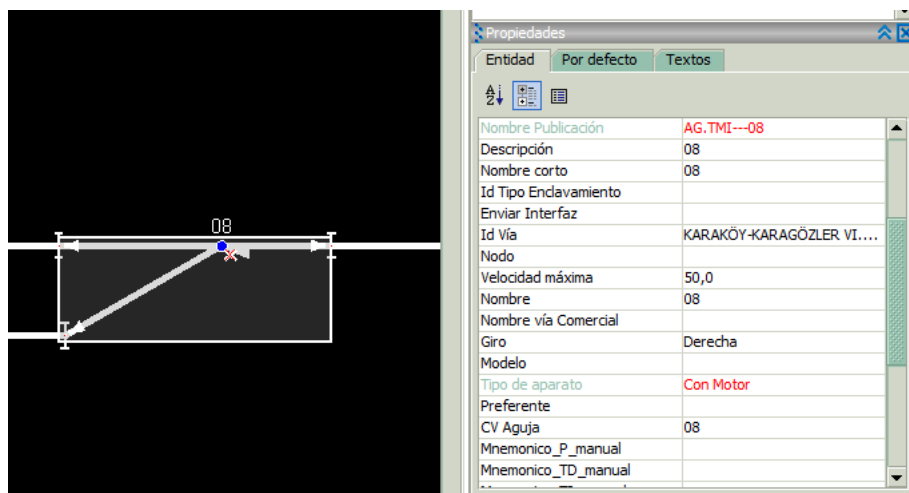
En la imagen que se muestra a continuación, se ha seleccionado una aguja con circuito de vía que ya se encuentra incluida en un diseño. Podemos ver que a la derecha de la imagen se ha desplegado una ventana de propiedades dónde nos pide introducir una serie de valores.

**TMI:**

- Nombre: para identificar la aguja.
- CV: circuito de vía correspondiente. Se llamará igual que la aguja.
- Id vía e Id tramo: dentro de una ventana de múltiples propiedades se elegirá el tramo de vía al que pertenece esta estación.
- Pk: de la junta contra aguja
- Velocidad máxima: es de 50 Km/h en vía directa.

**TSI:**

- Los mismos datos que para la TMI.
- Velocidad máxima: es de 80 Km/h en vía directa.
- El principal cambio a parte de la velocidad máxima, es que tenemos que especificar:
  - ✓ Pk de la junta contra aguja.
  - ✓ Pk de la punta.
  - ✓ Pk talón directo.
  - ✓ Pk talón desviado.



*Figura 19. Ventana de propiedades de una aguja TMI.*

El “Lado estación”, es una etiqueta que se colocará en ambos extremos de una instalación para indicar la instalación próxima. Podemos verlo en la imagen que se muestra a continuación.

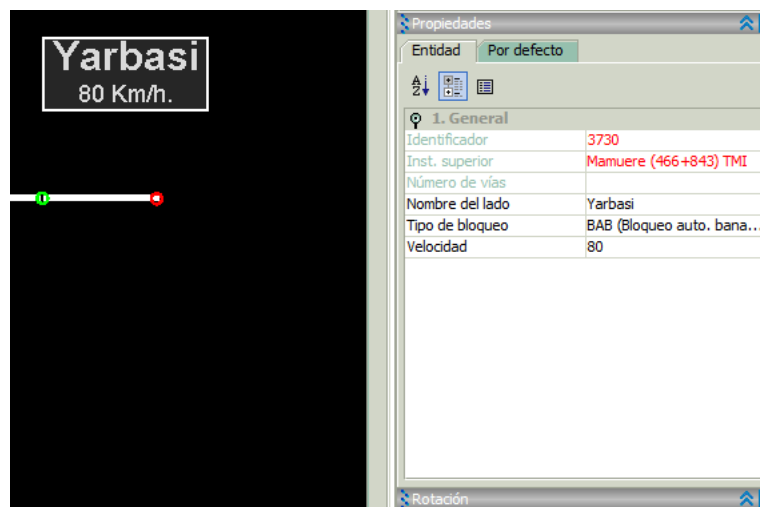
Dicha etiqueta es de carácter informativo, por lo que la velocidad que se muestra en ella es una referencia de la máxima a la que se puede circular y no la velocidad a la que realmente se circulará en ese tramo.

Otro de las funciones para las que se utiliza el Lado estación es para establecer un bloqueo junto con las dos bolas que aparecen en la imagen inferior.

- Bola verde: es la tira de bloqueo. Se indica que dos instalaciones se van a relacionar y además se necesita introducir el pk intermedio.
- Bola roja: fin de tira de bloqueo. Se relacionará con la bola verde y con el lado estación para crear un bloqueo.

En el cuadro de propiedades del lado estación debemos introducir:

- Nombre del lado: de la instalación adyacente.
- Tipo de bloqueo: en este caso es un BAB (Bloqueo automático banalizado).
- Velocidad: máxima velocidad permitida en ese tramo sin contra posibles restricciones por infraestructura u otros motivos.

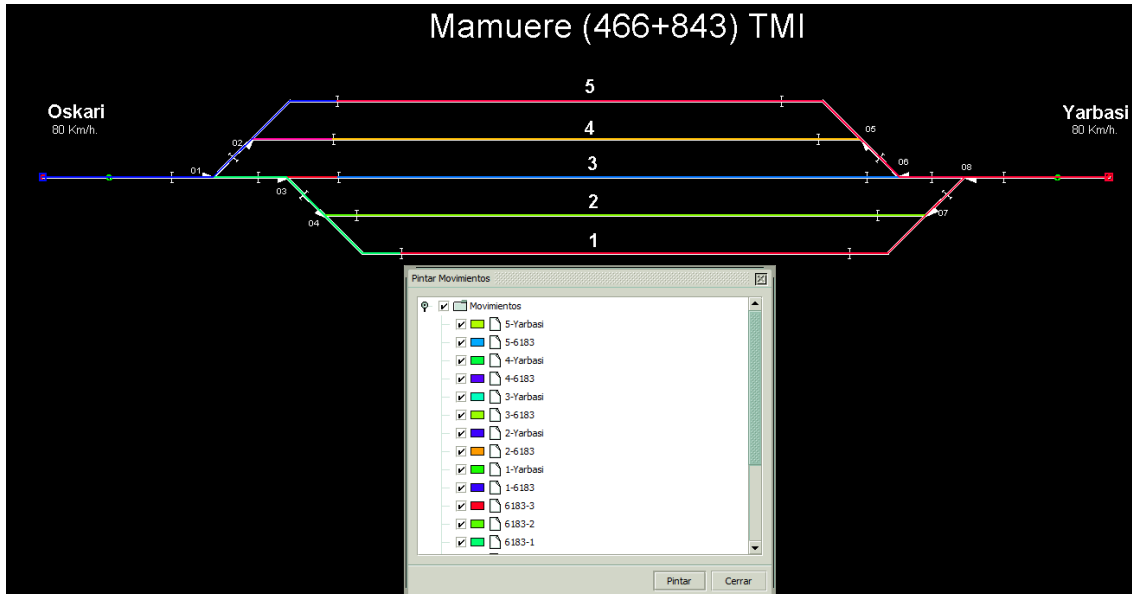


*Figura 20. Ventana de propiedades de un lado-estación.*

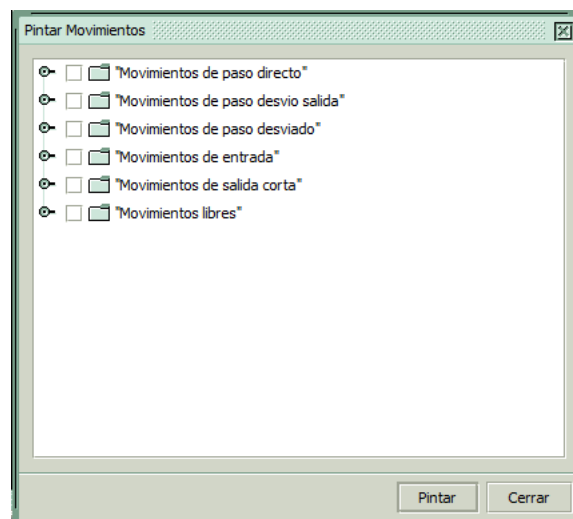
Una vez finalizado el diseño en el layout del programa, se deberá validar que todo esté bien. En caso de que exista algún error de conexión, pk o inconfluencia el programa avisará con un mensaje informativo.

Es importante que esté todo correcto para poder generar los posibles movimientos en la instalación.

En la siguiente imagen podemos ver identificados por colores todos los tipos de movientes que se permiten en dicha estación.



*Figura 21. Representación de todos los movimientos en una estación TMI.*



*Figura 22. Ventana de posibles movimientos a representar en una estación TMI.*

## DISEÑO DEL TRAMO DE LÍNEA FERROVIARIA “MAMURE - AYRAN” EN TMI Y TSI.

En este apartado, se muestra uno por uno el diseño de las 5 estaciones que componen el tramo ferroviario en estudio. Cada estación muestra el diseño en tecnología TMI y en tecnología TSI.

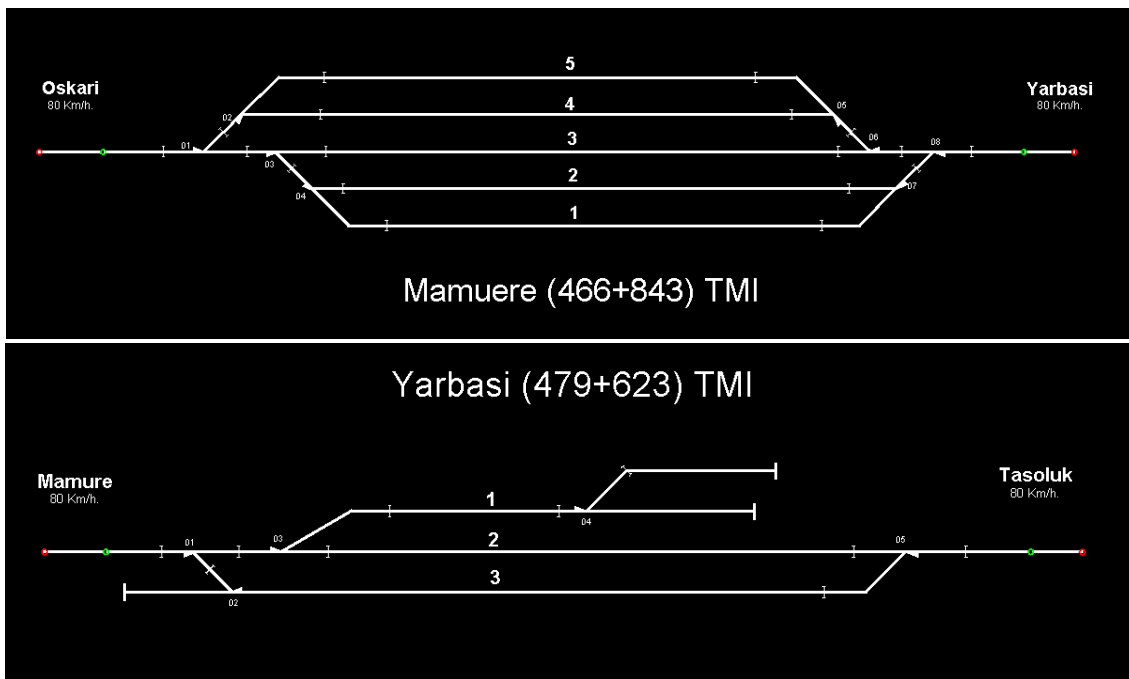
De esta forma podemos ver las diferencias en cuanto a circuitos de vía y señales se refiere.

Un dato característico que debemos conocer, es que tanto en la tecnología TMI como en la tecnología TSI el nombre de las vías comerciales va en función de dónde se encuentre ubicado el edificio de la estación. Es decir, la nomenclatura de vías partirá de más cercana a más lejana, otorgando el número 1 a la vía más próxima al edificio de la estación.

### MAMURE (466+843) – YARBASI (479+623)

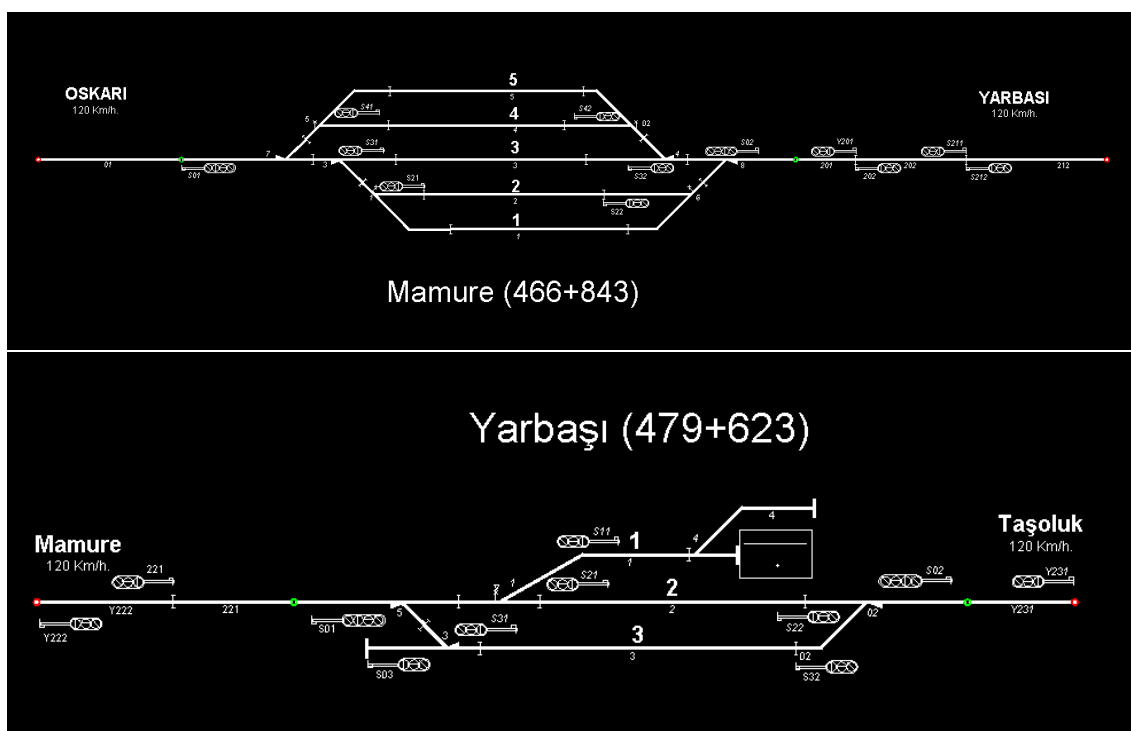
- Entre las dos estaciones hay una distancia de 12.780 metros.

### TECNOLOGÍA TMI



*Figuras 23-24. Estaciones de Mamure y Yarbasi en TMI.*

### TECNOLOGÍA TSI



*Figuras 25-26. Estaciones de Mamure y Yarbasi en TSI*

### YARBASI (479+623) – TASOLUK (485+913)

- Entre las dos estaciones hay una distancia de 6.290 metros.

**TECNOLOGÍA TMI**

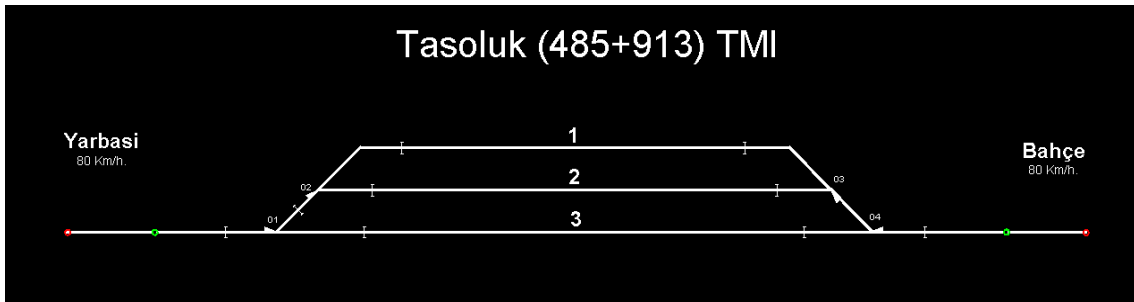


Figura 27. Estación de Tasoluk en TMI.

**TECNOLOGÍA TSI**

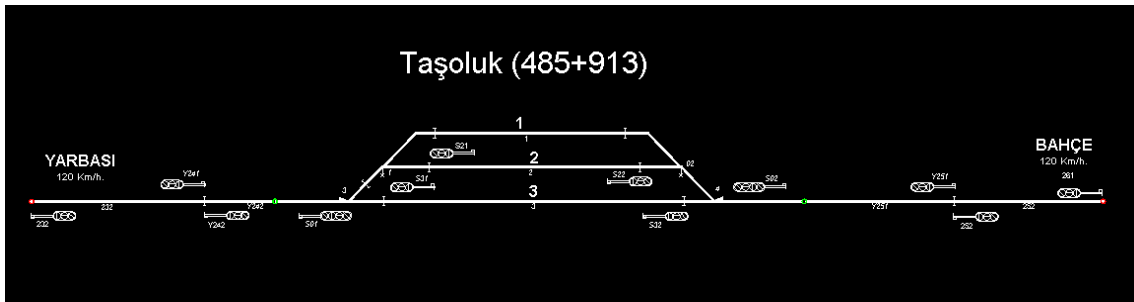


Figura 28. Estación de Tasoluk en TSI.

TASOLUK (485+913) – BAHÇE (492+954)

- Entre las dos estaciones hay una distancia de 7.041 metros.

**TECNOLOGÍA TMI**

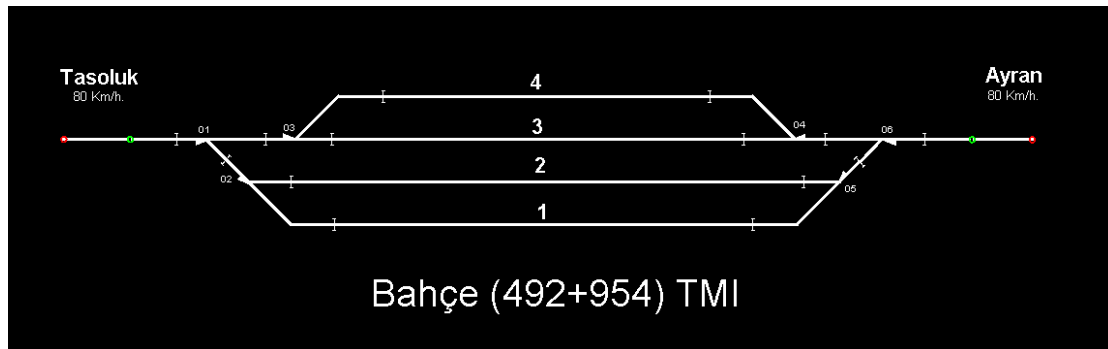


Figura 29. Estación de Bahçe en TMI.

**TECNOLOGÍA TSI**



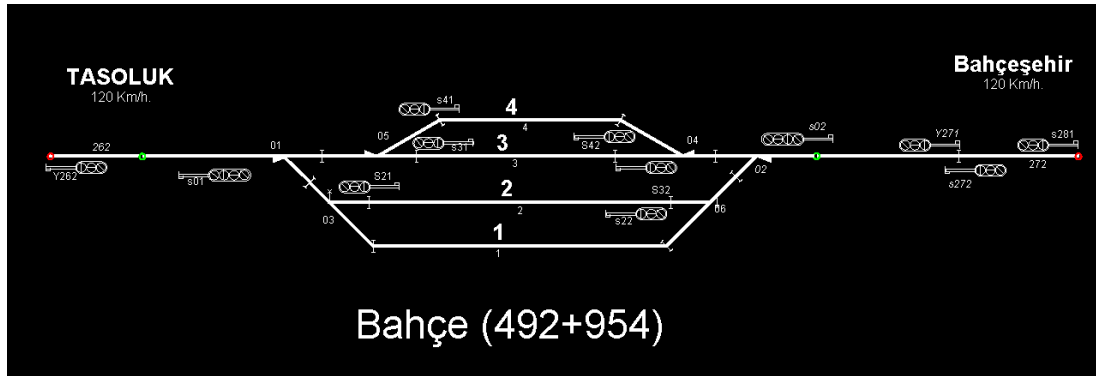


Figura 30. Estación de Bahçe en TSI.

BAHÇE (492+954) – AYRAN (500+887)

- Entre las dos estaciones hay una distancia de 7.933 metros.

**TECNOLOGÍA TMI**

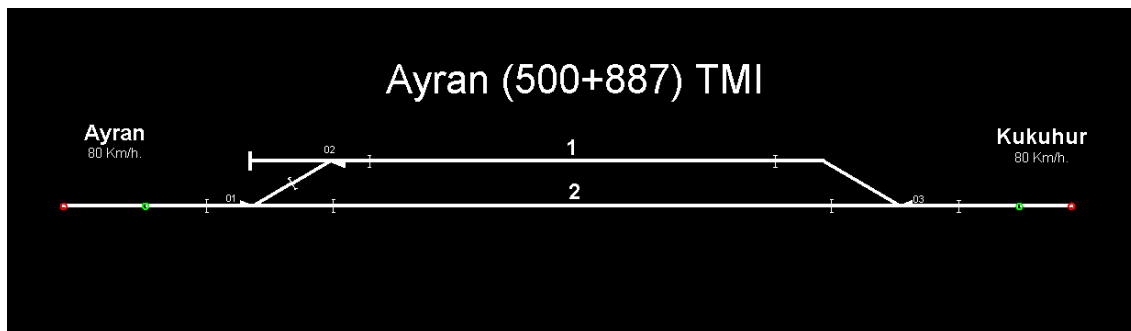


Figura 31. Estación de Ayrán en TMI.

**TECNOLOGÍA TSI**

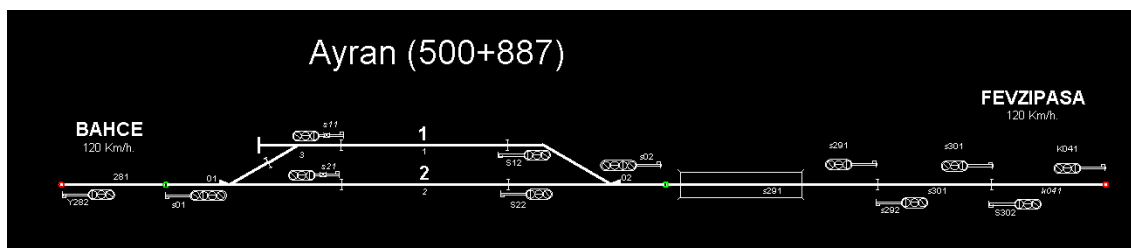


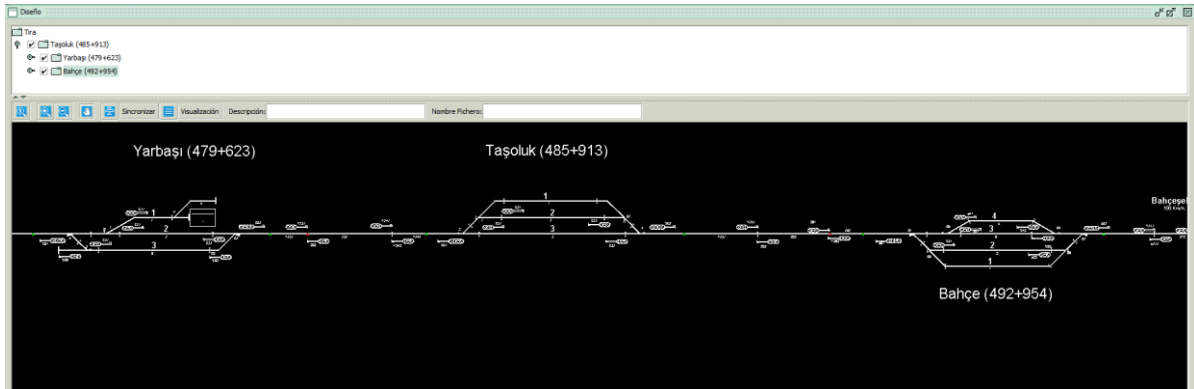
Figura 32. Estación de Ayrán en TSI.

**TIRA DE BLOQUEO**

Una vez se han diseñado las estaciones, se han validado y se han generado los movimientos, debemos unirlos mediante una tira de bloqueo.

De esta forma conseguimos unir y aislar el tramo de Mamure a Ayrán donde vamos a trabajar.

Los pks de las bolas de bloqueo deberán coincidir exactamente en estaciones consecutivas para que a la hora de realizar el ejercicio de cálculo de capacidades no provoque ningún error.



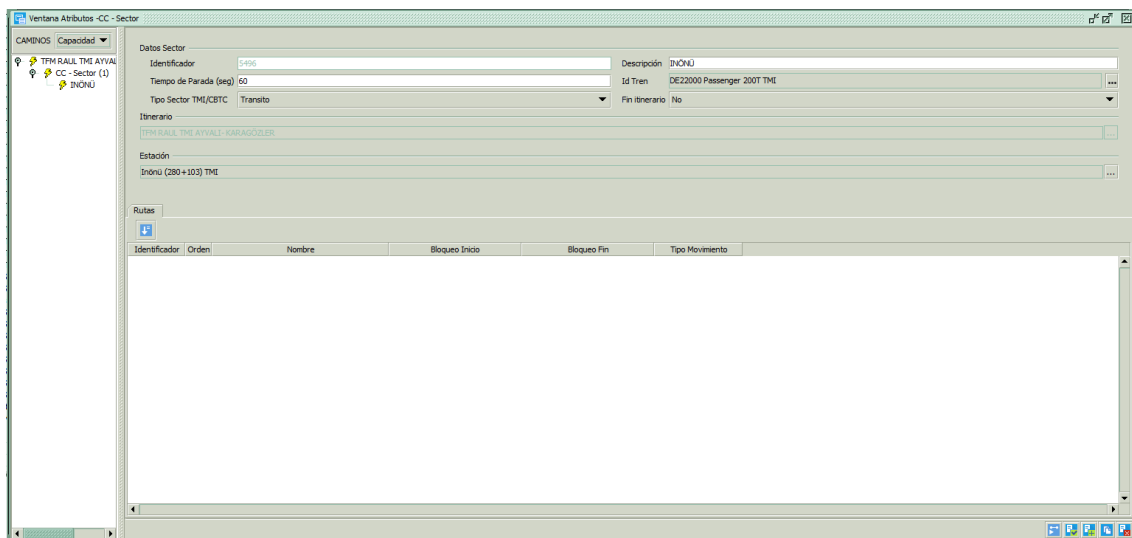
*Figura 33. Tira de bloqueo.*

## ITINERARIO

Antes de realizar el ejercicio de capacidad, es necesario crear un itinerario que van a seguir los trenes que circulan por esta línea.

Se añadirá un sector por estación y se introducirá en cada sector los datos que aparecen en el siguiente cuadro:

- Descripción: nombre de la estación correspondiente.
- Id tren: el tipo de material rodante que se va a utilizar.
- Tiempo de parada: el tiempo que se detendrá el tren en cada estación.
- Tipo de sector
  - ✓ De salida
  - ✓ De tránsito
  - ✓ De llegada
- Fin itinerario: en caso de que lo sea “sí” en caso contrario “no”.

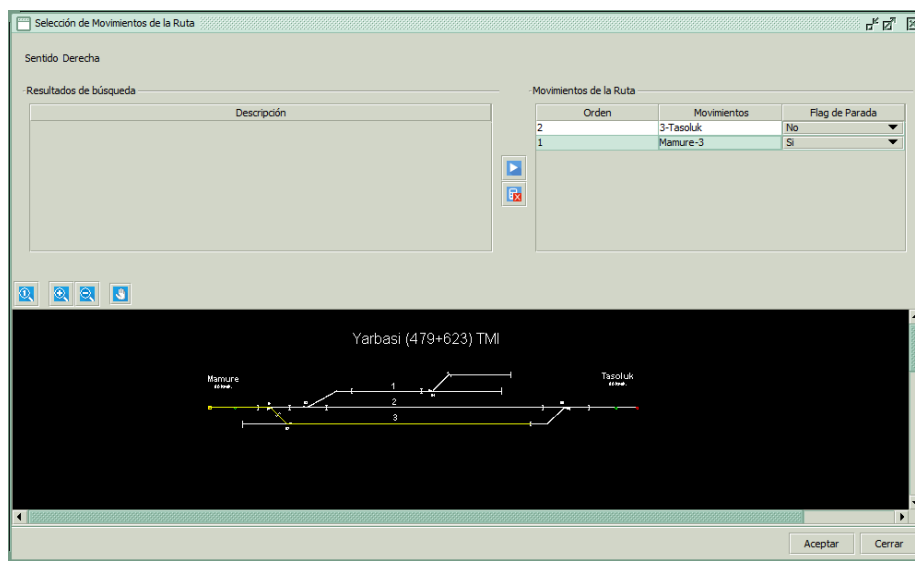


*Figura 34. Ventana de atributos para la creación de un sector del itinerario.*

Dentro de la creación del itinerario y de cada sector, tenemos que elegir la ruta que queremos que siga el tren. Para facilitar la creación de la ruta, el programa nos muestra una lista de los posibles movimientos que podemos realizar dentro de la estación.

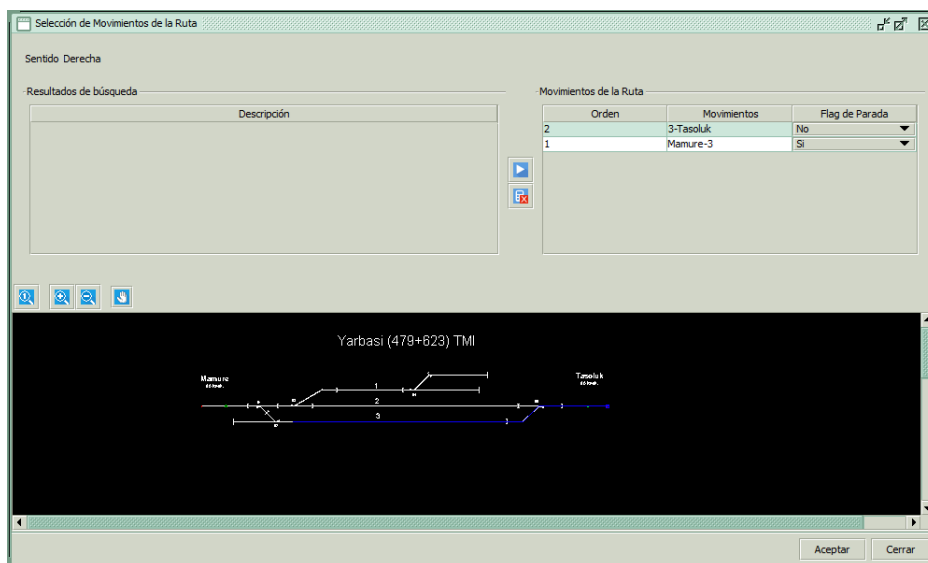
- En las estaciones de salida tendremos un único movimiento de salida.
- En las estaciones de tránsito, debemos introducir dos movimientos:
  - ✓ Un movimiento de llegada en el que tenemos que añadir un “flag de parada”.
  - ✓ Un movimiento de salida.
- En las estaciones de parada tendremos un único movimiento de llegada.

En las siguientes 2 imágenes podemos observar el movimiento de entrada del tren con origen en Mamure, a la estación de Yarbasi en vía 3 y consecutivamente la salida hacia Tasoluk desde vía 3.



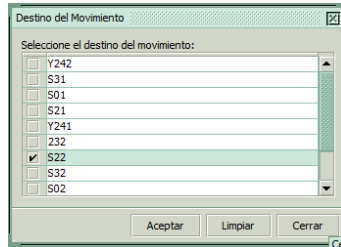
*Figura 35. Movimiento de entrada en Yarbasi TMI.*

En el caso de ser una estación de tránsito y ser un movimiento de entrada, debemos poner: “sí” en “flag de parada” para que el tren efectúe el estacionamiento.

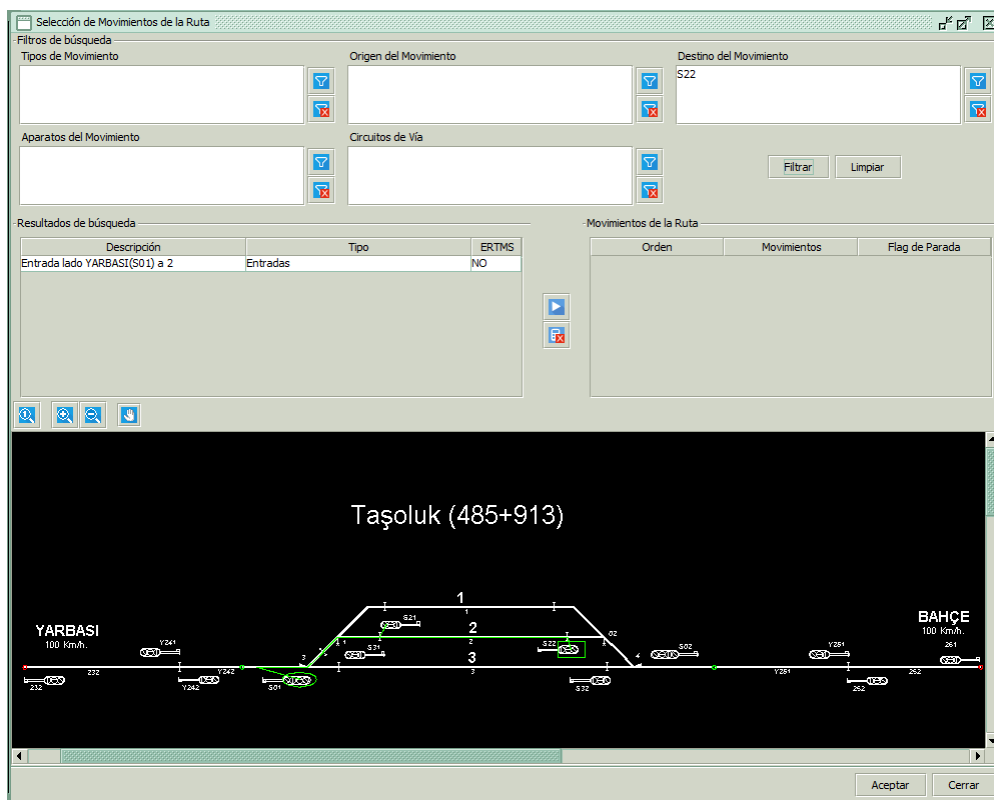


*Figura 36. Movimiento de salida en Yarbasi TMI.*

En el diseño de la ruta en tecnología TSI, será posible establecer un movimiento de entrada o de salida indicando cuál es la señal desde la que parte el tren o la señal a la que queremos que llegue. Posteriormente habrá que darle al botón de filtrar para que nos muestre los movimientos compatibles.



*Figura 37. Tabla de selección de movimientos por señales.*



*Figura 38. Movimiento de entrada en Tasoluk TSI.*

Por otro lado, si no conocemos la señal o no la visualizamos, podemos al igual que en TMI dar al botón de filtrar y aparecerán todos los movimientos que se pueden ejecutar en esa estación.

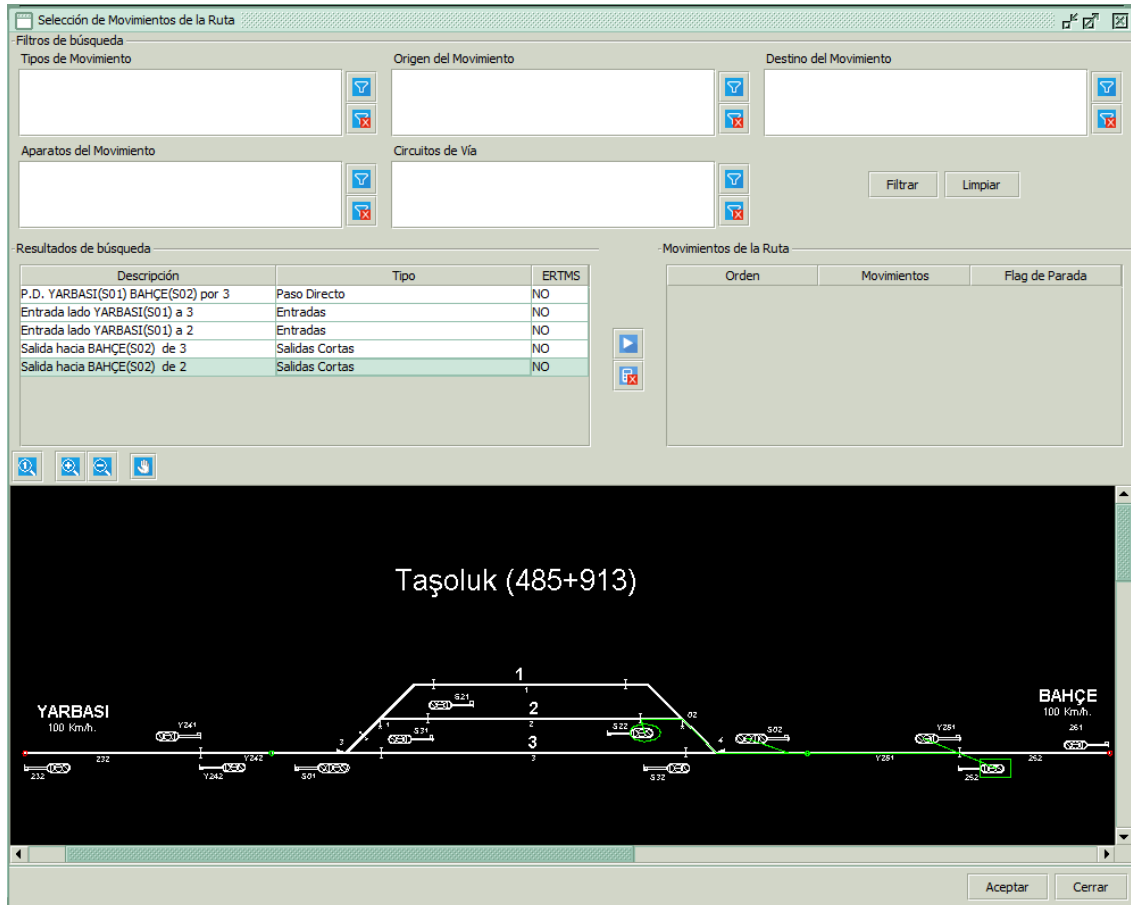


Figura 39. Movimiento de salida en Tasoluk TSI.

Una vez se haya establecida la ruta que queremos que siga el tren en cada una de las estaciones que componen nuestra línea, podemos ver una representación gráfica de la tira de bloqueo con los movimientos representados en ella.

Esta ruta establecida en TSI deberá coincidir de forma exacta con la ruta establecida para TMI.

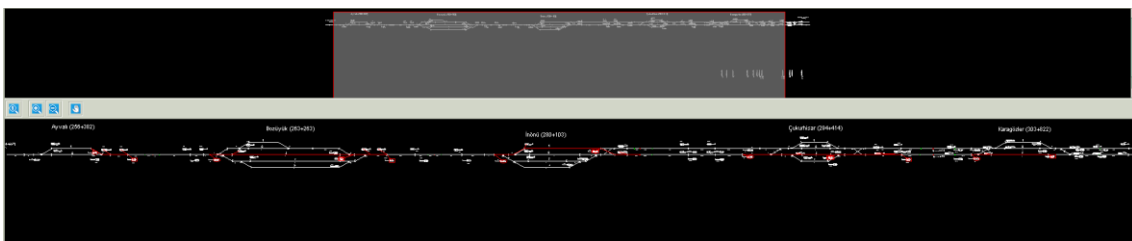


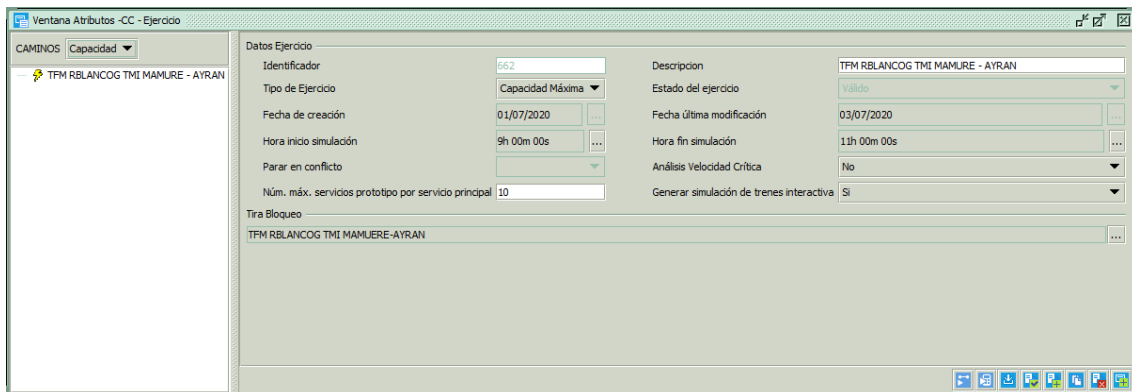
Figura 40. Ruta establecida entre Mamure y Ayran en TSI.

## EJERCICIO

Finalmente, para poder realizar el cálculo de capacidad, debemos crear un ejercicio con el servicio que se va a ofrecer.

Para ello debemos crear una nueva entidad y rellenar una ventana de atributos con una serie de campos obligatorios:

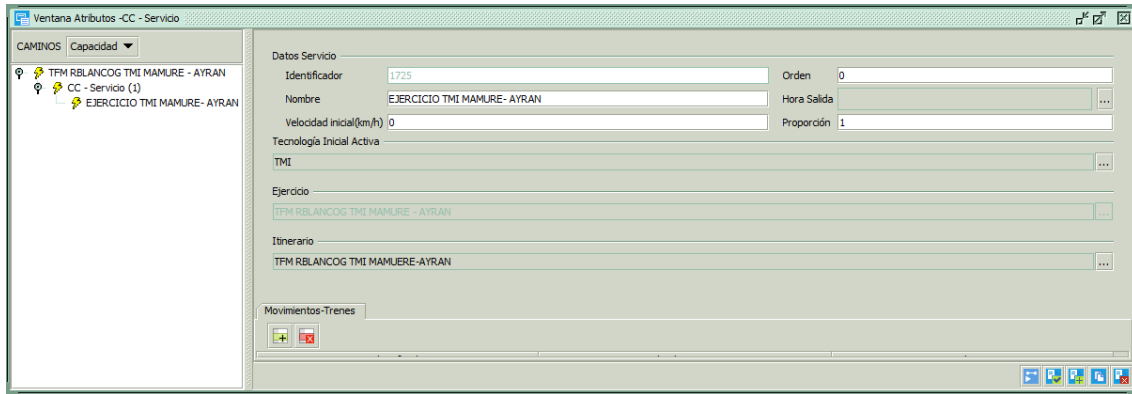
- Tipo de ejercicio: En este caso hemos elegido Capacidad Máxima
- Hora de inicio de la simulación: 9:00:00
- Hora fin de la simulación: 11:00:00
- Descripción: nombre del ejercicio
- Análisis de la velocidad crítica: en este caso tenemos que no realice el análisis, aunque podría realizarlo si así lo queremos.
- Generar simulación de trenes interactiva: sí.
- Número máximo de servicios prototipo por servicio principal: por defecto el programa establece 10.
- Tira de bloqueo: debemos escoger la tira de bloqueo que previamente hemos creado. En este caso es “TFM RBLANCOG TMI MAMURE-AYRAN”.



*Figura 41. Ventana de atributos para la creación de un ejercicio de capacidad.*

A la hora de añadir un servicio debemos tener en cuenta:

- Nombre: debemos asignar un nombre con el sentido de la marcha.
- Velocidad inicial: será siempre 0 Km/h ya que la marcha se iniciará desde una parada.
- Orden: se identifica con el valor 0 para tener prioridad en los cruces o estaciones sobre un tren que circule en sentido opuesto y tenga un valor igual a 1.
- Hora de salida: ya definida en la ventana anterior de atributos.
- Tecnología inicial activa: debemos elegir entre TMI y TSI que serán las tecnologías de estudio, aunque también se podría elegir ERTMS- 1 y ERTMS- 2.
- Itinerario: cada ejercicio tiene asignado un itinerario que previamente se ha diseñado. En este caso es el de “TFM RBLANCOG TMI MAMUERE-AYRAN”.



*Figura 42. Ventana de atributos para la creación de un servicio.*

## MATERIAL RODANTE

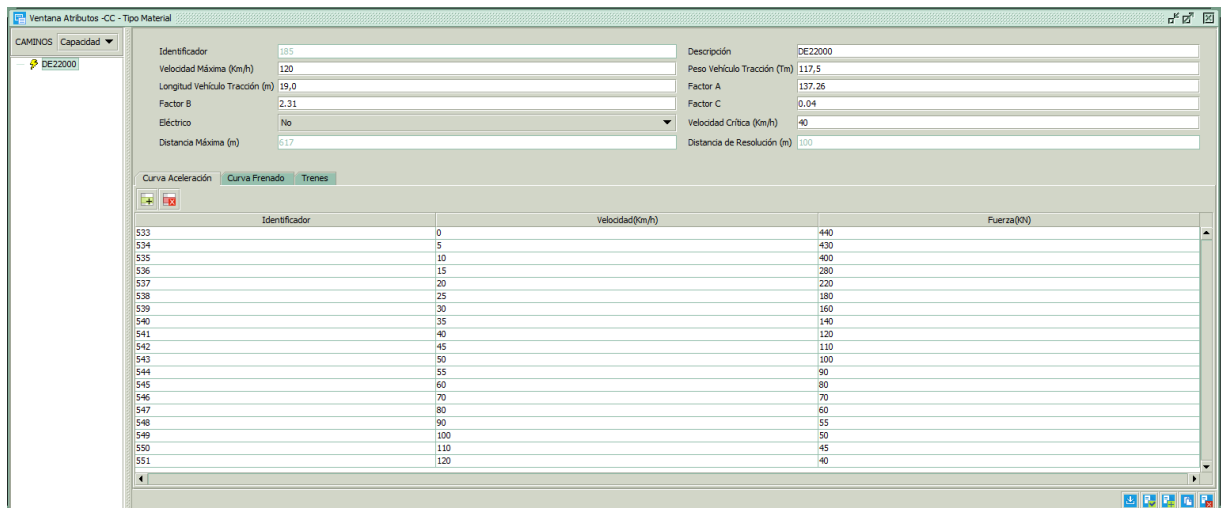
### TSI

Todos los tipos de material rodante que circulan en las líneas ferroviarias de Turquía, se han introducido en el programa para que mediante un desplegable pueda elegirse el que más convenga.

Para cada tecnología, se ha diferenciado un tipo específico de material rodante acorde a los requerimientos exigidos.

En este caso, para la tecnología TSI hemos optado por un tipo de material rodante llamado "DE22000 Passenger 200T TSI" cuyos valores no es necesario introducir puesto que el propio programa tiene una base de datos de cada tren.

A continuación, se muestra una imagen que contiene una ventana con ciertos datos del material rodante y unos valores de la curva de aceleración.



*Figura 43. Ventana de atributos para tipo de material rodante TSI.*

- Velocidad máxima: 120 km/h
- Longitud del vehículo de tracción: 19 metros.
- Peso del vehículo de tracción: 117.5 toneladas.

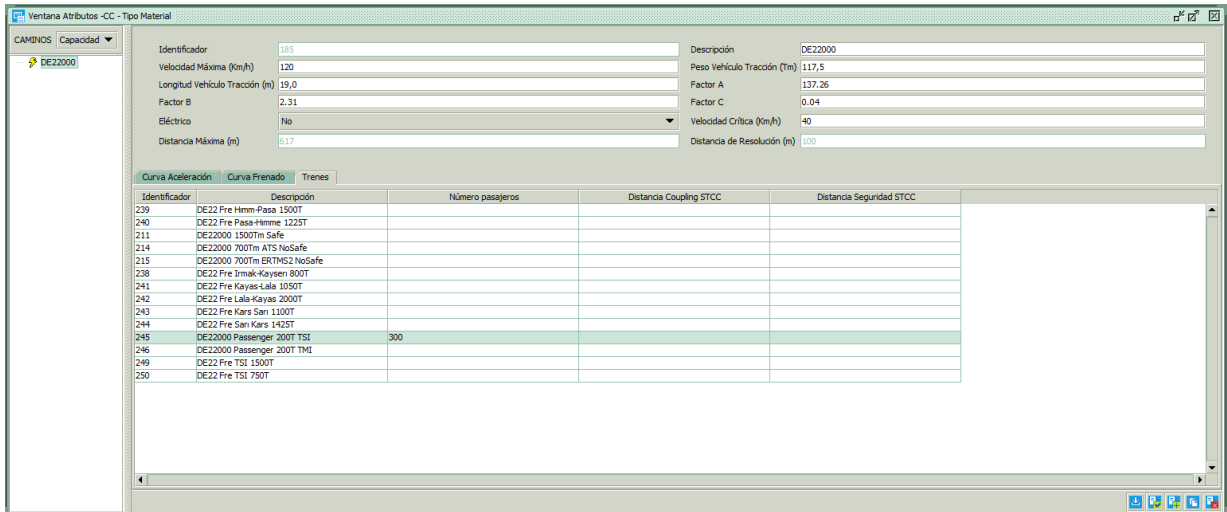


Figura 44. Ventana de atributos para tipo de material rodante TSI.

Estos trenes usados para el estudio TSI, albergan capacidad para movilizar a 300 personas.

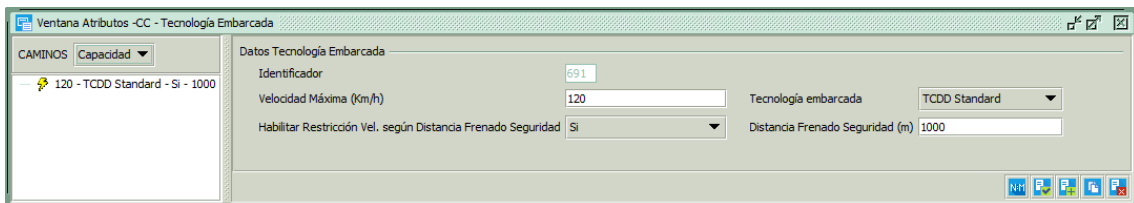


Figura 45. Ventana de atributos para tipo de tecnología embarcada.

Como se ha comentado anteriormente, la velocidad para la tecnología TSI no puede exceder los 120 km/h y tiene una distancia de frenado de seguridad de 1000 metros.

Existen dos tipos de tecnología TSI:

- ❖ TSI - TCDD Standard
- ❖ TSI - ATS-101

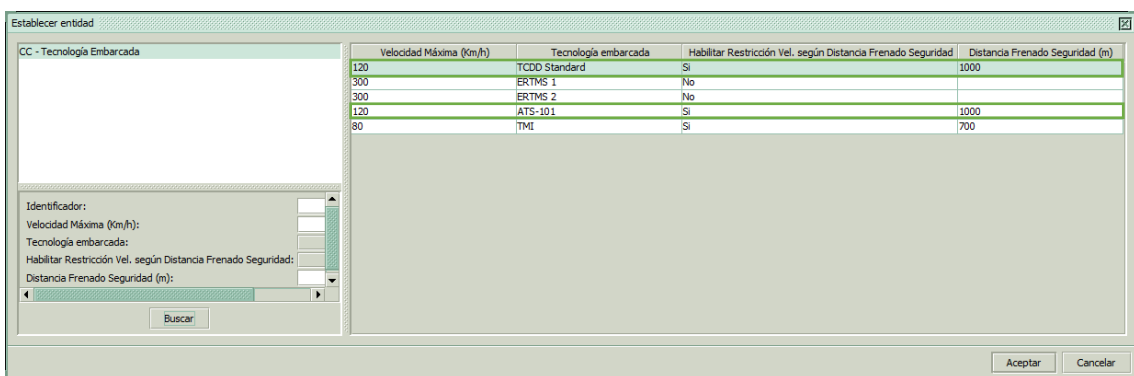


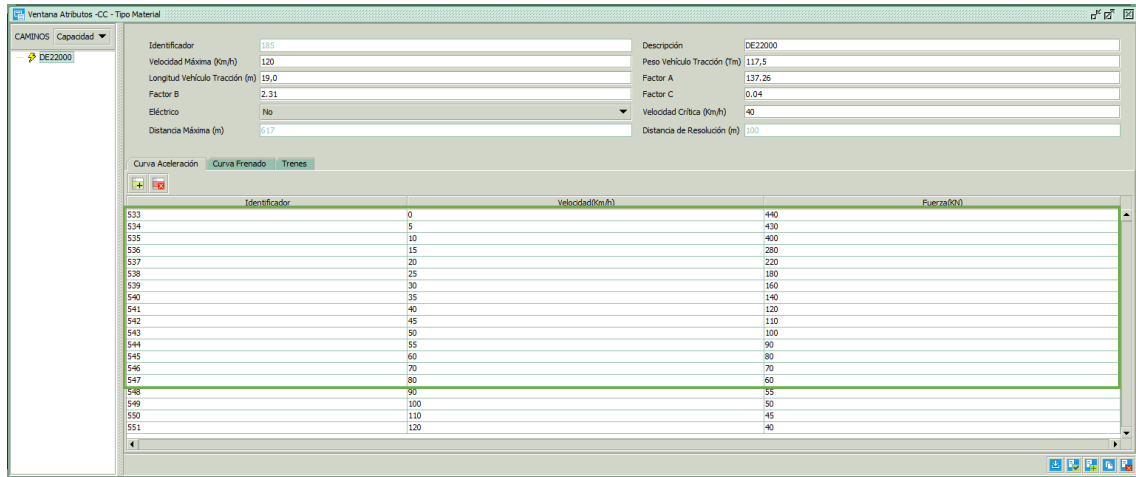
Figura 46. Tipos de tecnología embarcada.

En este caso se ha usado el TSI – TCDD Standard debido a las restricciones de infraestructura y a la ausencia de los transpondedores laterales que se colocan a lo largo de la vía y se emplean en el sistema ATS -101.



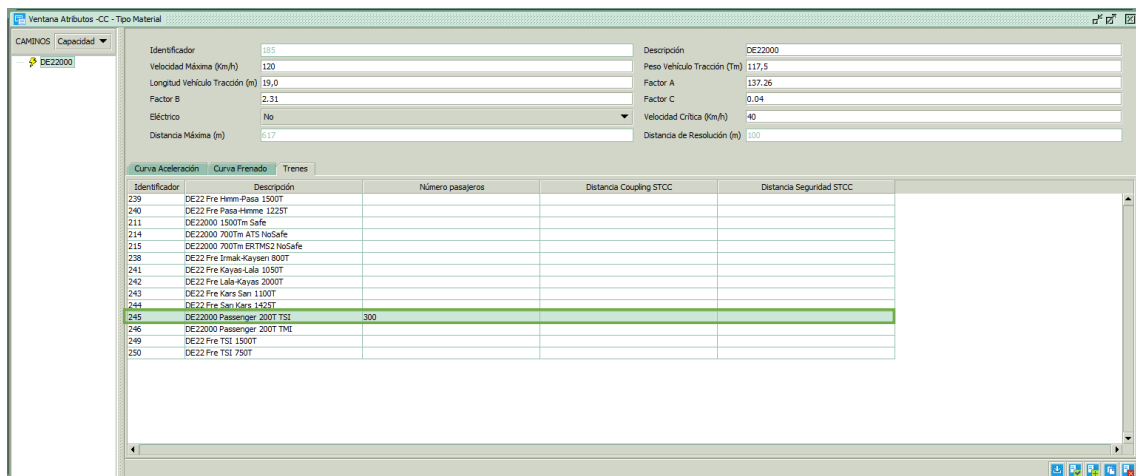
**TMI**

En el caso del sistema TMI, el material rodante usado en el estudio es exactamente igual que el empleado en el sistema TSI. En este caso con su limitación correspondiente de velocidad máxima a 80 km/h.



*Figura 47. Ventana de atributos para tipo de material rodante TMI.*

Al igual que en TSI, el tren podrá movilizar a un máximo de 300 personas.

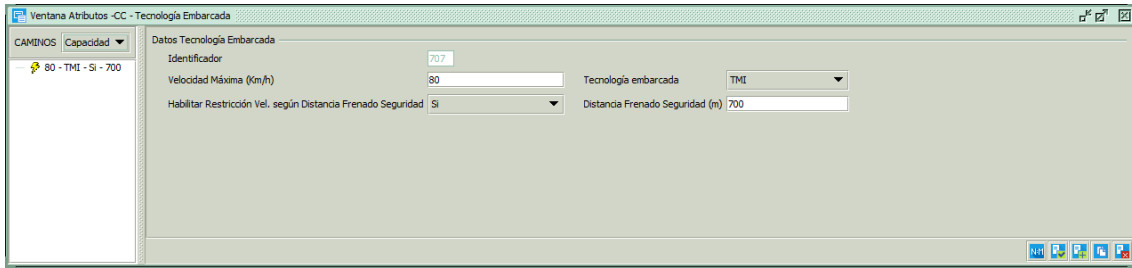


*Figura 48. Ventana de atributos para tipo de material rodante TMI.*

En esta tecnología embarcada tenemos 2 grandes diferencias respecto a la anterior:

- Velocidad máxima: 80 km/h.
- Distancia de frenado de seguridad: 700 metros.

La casilla de “Habilitar restricción de velocidad según distancia de frenado de seguridad” deberá estar siempre activada para que, bajo ningún concepto supere los 700 metros de longitud hasta que el tren esté completamente parado.



*Figura 49. Ventana de atributos para tipo de tecnología embarcada.*

En la imagen del programa que se muestra a continuación, aparecen todos los sistemas y componentes que interviene en la elaboración de un estudio de capacidad.

Como podemos observar cada elemento contiene un desplegable para acceder a la información que necesitamos o queremos modificar. Podemos acceder al apartado de trenes, dónde se encuentran divididos según la tecnología, a los vagones para elegir dimensiones y número...

En el caso de la señalización, también podemos acceder a: las estaciones, los enclavamientos, las señales y otros tantos elementos.

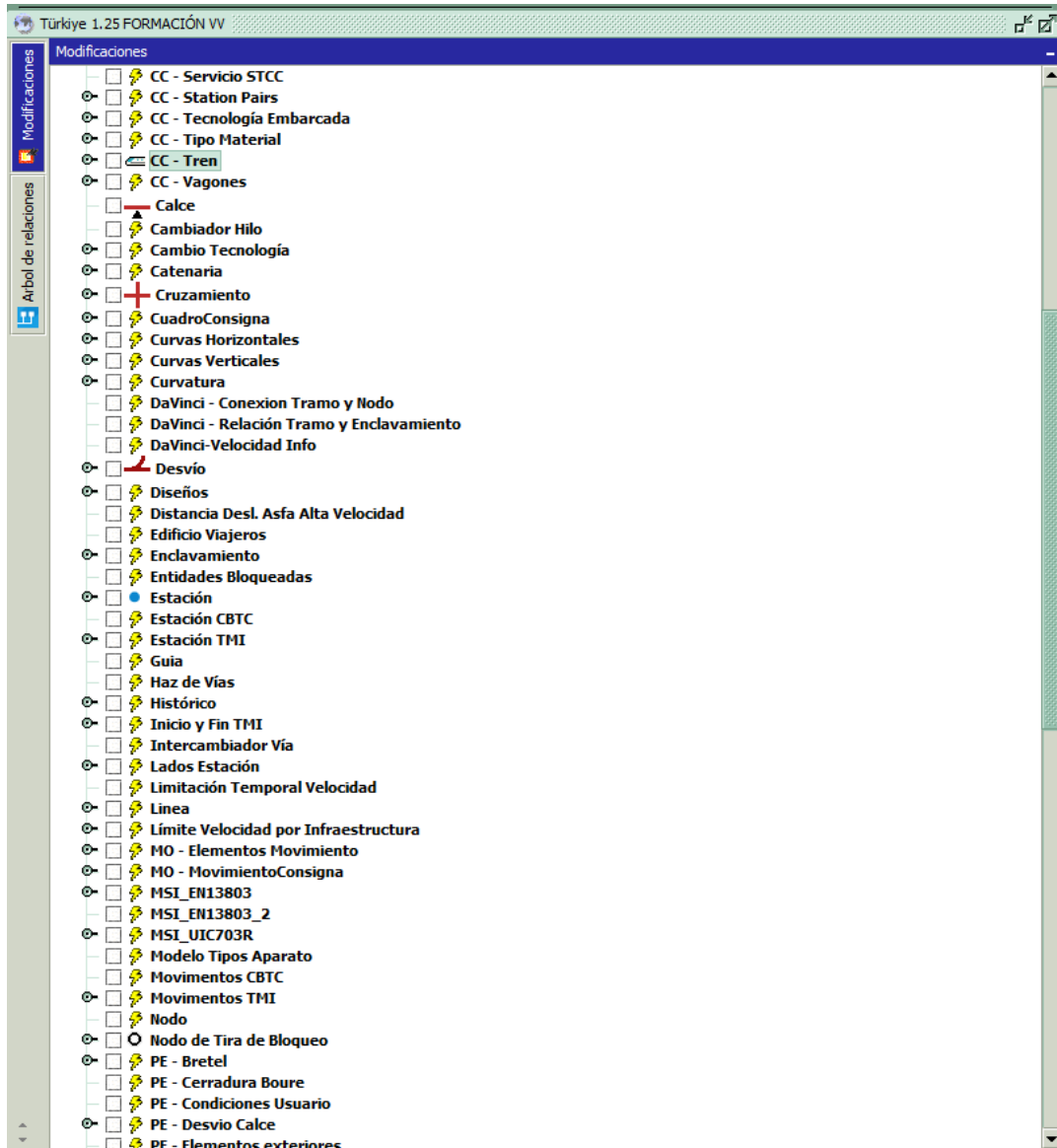


Figura 50. Listado de elementos desplegables usados en el programa.

## ESTUDIO DE CAPACIDADES

### TMI MAMURE – AYRAN

A la hora de realizar el estudio de capacidad en tecnología TMI vamos a partir de la tira que previamente hemos ejecutado con las 5 estaciones unidas con sus bloqueos.

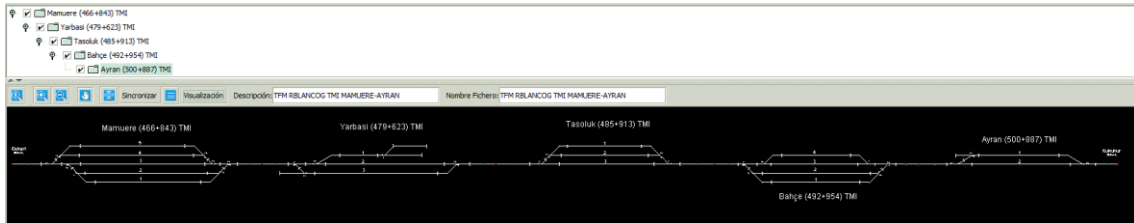


Figura 51. Tira de bloqueo usada en el estudio de capacidad.

En la imagen que se adjunta a continuación podemos ver en rojo la ruta que se ha establecido para el cálculo de los trenes.

Como podemos observar, los trenes que circularán en sentido Mamure – Ayran seguirán la siguiente ruta:

- Mamure
  - Salida de vía 2 (inicio de itinerario) SALIDA
- Yarbasi
  - Llegada a vía 3 TRÁNSITO
  - Salida desde vía 3 TRÁNSITO
- Tasoluk
  - Llegada a vía 2 TRÁNSITO
  - Salida desde vía 2 TRÁNSITO
- Bahçe
  - Llegada a vía 4 TRÁNSITO
  - Salida desde vía 4 TRÁNSITO
- Ayran
  - Llegada a vía 1 (fin del itinerario) LLEGADA

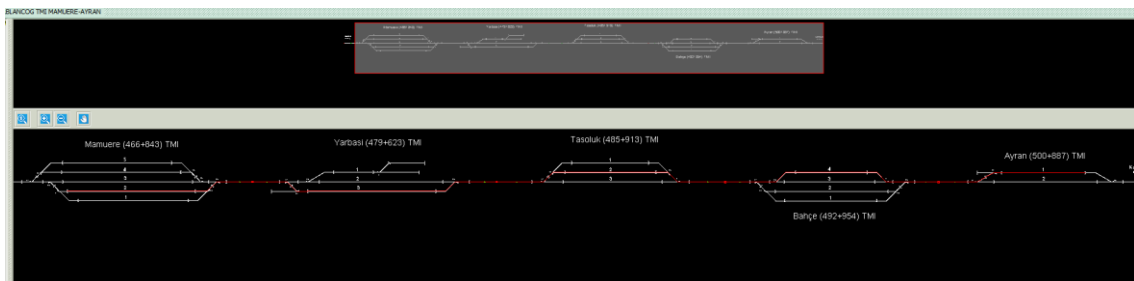
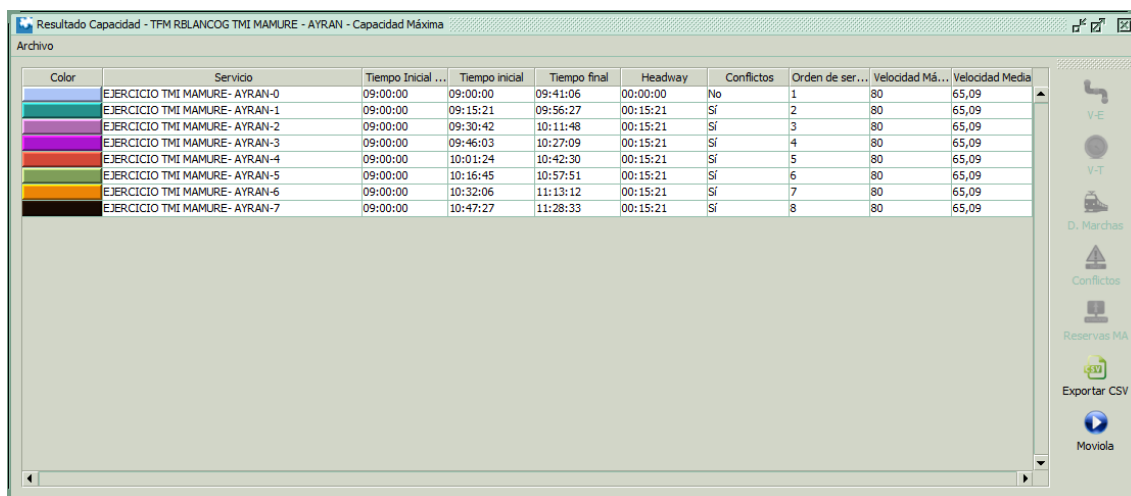


Figura 52. Ruta de Mamure a Ayran empleada en el estudio.

El ejercicio se lanzará en el programa para que calcule la capacidad máxima de la línea con la ruta que le hemos marcado. Una vez ejecutado el ejercicio de cálculo de capacidad, el programa nos muestra una tabla con el número total de servicios a lo largo de las dos horas.



Color	Servicio	Tiempo Inicial ...	Tiempo inicial	Tiempo final	Headway	Conflictos	Orden de ser...	Velocidad Má...	Velocidad Media
	EJERCICIO TMI MAMURE- AYRAN-0	09:00:00	09:00:00	09:41:06	00:00:00	No	1	80	65,09
	EJERCICIO TMI MAMURE- AYRAN-1	09:00:00	09:15:21	09:56:27	00:15:21	Si	2	80	65,09
	EJERCICIO TMI MAMURE- AYRAN-2	09:00:00	09:30:42	10:11:48	00:15:21	Si	3	80	65,09
	EJERCICIO TMI MAMURE- AYRAN-3	09:00:00	09:46:03	10:27:09	00:15:21	Si	4	80	65,09
	EJERCICIO TMI MAMURE- AYRAN-4	09:00:00	10:01:24	10:42:30	00:15:21	Si	5	80	65,09
	EJERCICIO TMI MAMURE- AYRAN-5	09:00:00	10:16:45	10:57:51	00:15:21	Si	6	80	65,09
	EJERCICIO TMI MAMURE- AYRAN-6	09:00:00	10:32:06	11:13:12	00:15:21	Si	7	80	65,09
	EJERCICIO TMI MAMURE- AYRAN-7	09:00:00	10:47:27	11:28:33	00:15:21	Si	8	80	65,09

*Figura 53. Tabla de resultados del ejercicio TMI Mamure-Ayran.*

El resultado de este ejercicio muestra un total de 8 trenes en el intervalo de 9 a 11 de la mañana. Cada tren está representado con un color diferente.

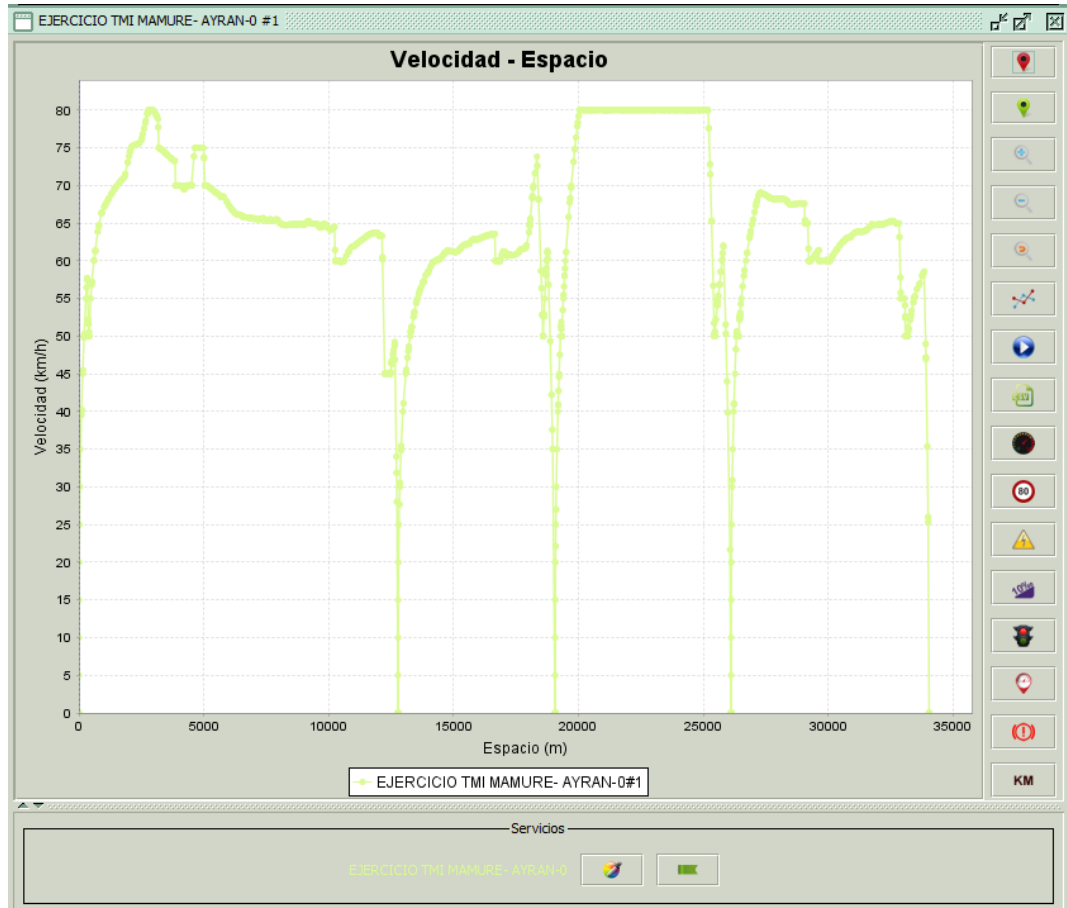
De la tabla de resultados podemos extraer la siguiente información:

- El servicio de Mamure a Ayran consta de 41 minutos y 6 segundos.
- Los trenes salen 15 minutos y 21 segundos después de su antecesor.
- En todos los trenes excepto el primero hay conflicto.
- El orden de los trenes se establece del 1 al 8 siendo el 1 el primer tren que partirá a las 9:00 de la mañana.
- La velocidad máxima que alcanza el tren en este trayecto es de 80 Km/h, coincidente con la velocidad máxima de la línea en sistema TMI.
- Tenemos una velocidad media de 65,09 Km/h a lo largo del recorrido.

Una vez seleccionado uno de los ocho trenes disponibles en este intervalo, tenemos la opción de ver una serie de gráficas y parámetros característicos de cada recorrido.

En la foto anterior podemos ver en el lado derecho de la imagen los botones que en este caso se encuentran desactivados al no haber seleccionado ningún tren. Pues bien, seleccionamos el primero y habilitamos esas casillas.

La primera gráfica que nos permite ver este ejercicio, se muestra a continuación y es la gráfica de velocidad – espacio.



*Figura 54. Gráfica Velocidad-Espacio de Mamure-Ayran TMI.*

En esta gráfica Espacio-Velocidad podemos observar como la velocidad inicial al salir de Mamure es de 0 Km/h y va ascendiendo hasta el máximo permitido de 80 Km/h con esta tecnología. Dependiendo de las restricciones de infraestructura varía la velocidad a lo largo del trayecto siendo siempre 0 Km/h al paso por cada estación.

Estaciones

Mamure: estación de inicio.

Yarbasi: se encuentra a 12.780 metros de la estación inicial.

Tasoluk: se encuentra a 19.070 metros de la estación inicial.

Bahçe: se encuentra a 26.111 metros de la estación inicial.

Ayran: se encuentra a 34.044 metros de la estación inicial.

Por otro lado, podemos observar que entre la estación de Tasoluk y Bahçe el tren circula a máxima velocidad durante todo el ese tramo.

Al igual que la gráfica Velocidad – Espacio, se ha sacado de la tabla de resultados la siguiente gráfica Velocidad – Tiempo. Dónde se puede apreciar los 120 segundo de parada que se realizan en cada estación para la subida y bajada de pasajeros. Siendo 39 minutos y 06 segundos el tiempo que tarda el tren desde la salida de Mamure hasta llegar a la estación de Ayran (se ha descontado 120 segundo de parada en Ayran).

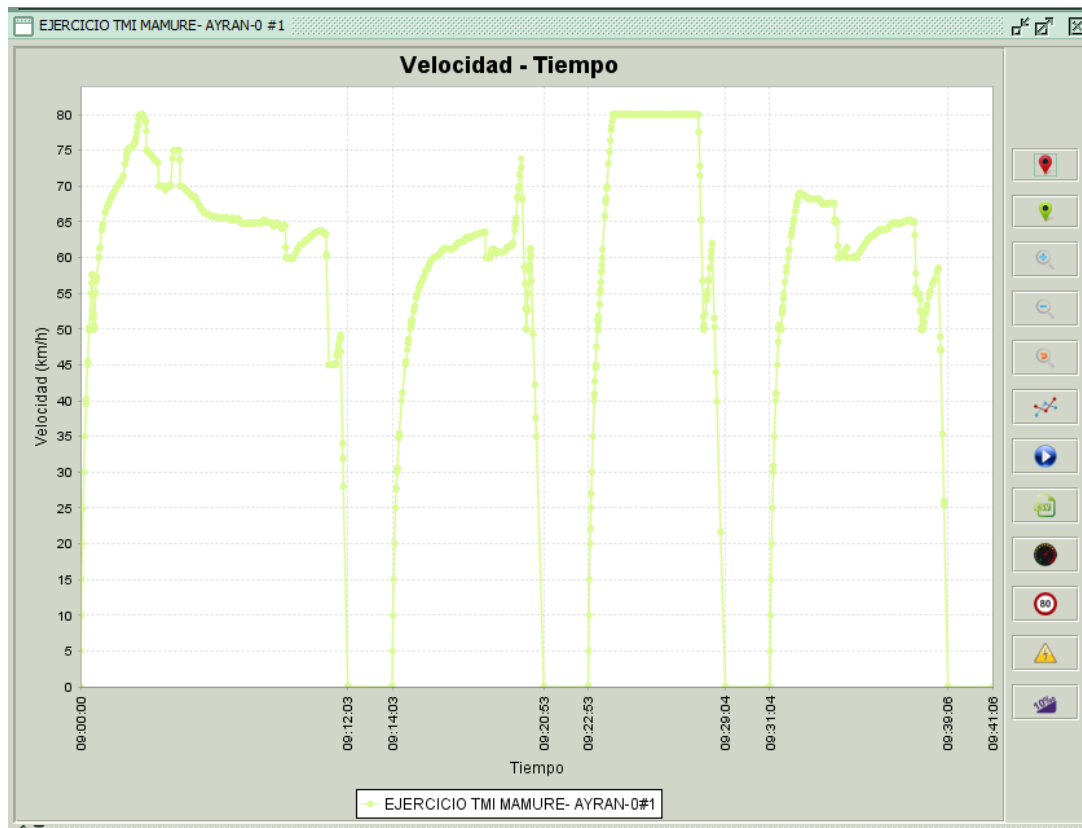


Figura 55. Gráfica Velocidad-Tiempo de Mamure-Ayran TMI.

En la siguiente tabla se pueden ver los tiempos que tarda el tren de una estación a otra completando así el tiempo final del recorrido de 41 minutos y 06 segundos menos los 120 segundos de parada. Tiempo final 39 minutos y 6 segundos.

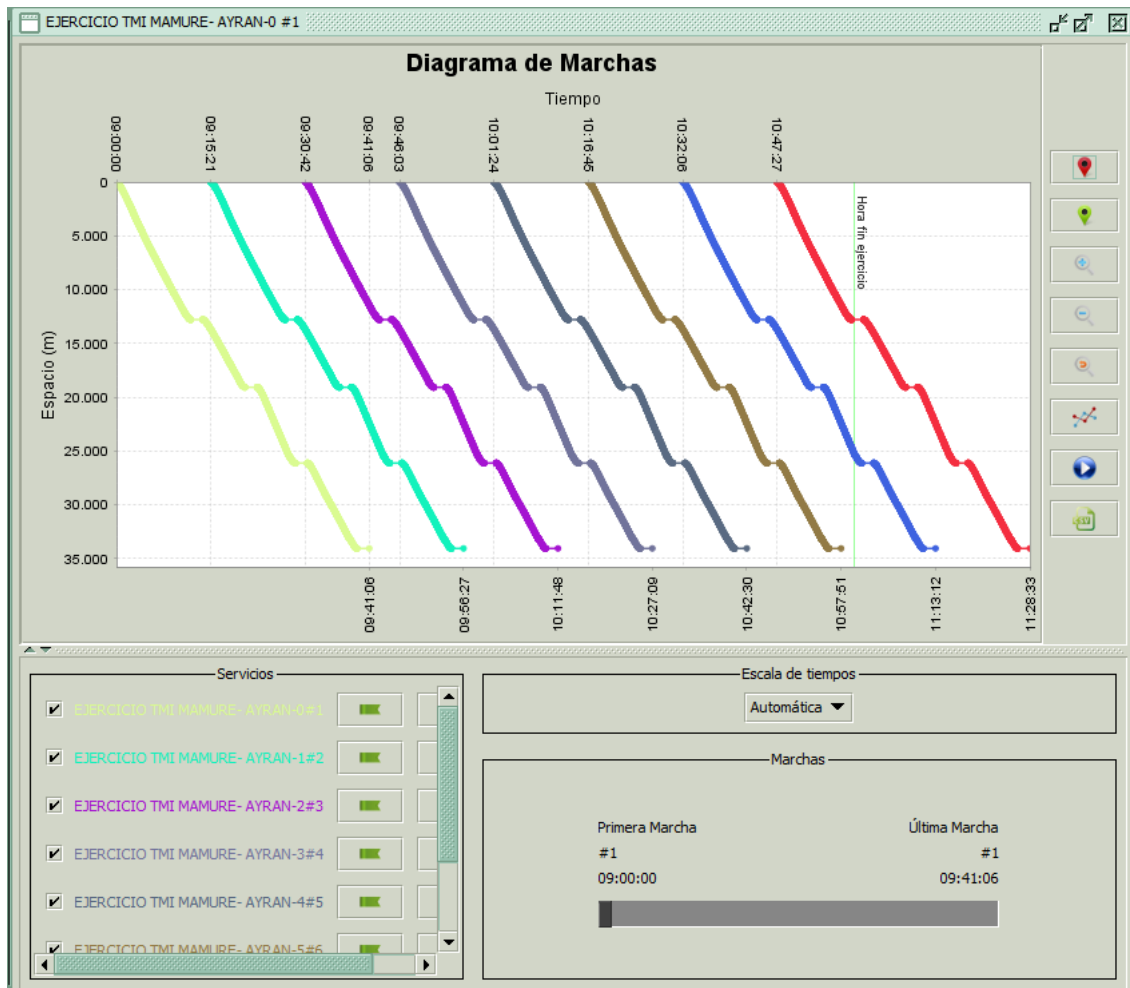
Cantón	Instalación de partida	Tiempo inicial	Tiempo final	Longitud
2 - 3	Mamure (466+843) TMI	09:00:00	09:14:21	12780
3 - 2	Yarbasi (479+623) TMI	09:14:03	09:23:10	6290
2 - 4	Tasoluk (485+913) TMI	09:22:53	09:31:21	7041
4 - 1	Bahçe (492+954) TMI	09:31:04	09:41:06	7933

Figura 56. Tabla cantones de Mamure-Ayran TMI.

Otra de las funciones que tiene este programa es la creación de un “Diagrama de Marchas” ó “Malla de Trenes” dónde se puede visualizar el recorrido de cada uno de ellos con sus paradas.

En este caso, tenemos una malla de trenes estilo francesa ya que tenemos representado el espacio en el eje de abscisas y el tiempo en el eje de ordenadas.

Cada tren queda representado con su color correspondiente y, además podemos ver reflejado en este diagrama que todos los trenes salen con 15 minutos y 21 segundos de retraso respecto a su tren precedente.



*Figura 57. Diagrama de Marchas de Mamure-Ayran TMI.*

Como veíamos en la primera tabla del ejercicio, todos los trenes exceptuando el primero se veían afectados por un conflicto.

En este caso, podemos ver la información que nos ofrece el programa sobre el conflicto del segundo tren. Al no poder salir a las 9:00:00 puesto que su antecesor tiene prioridad se ve obligado a esperar 15:21 minutos hasta que el tren con “Orden de servicio 1” llegue a la estación de Yarbasi y libere el cantón. De esta forma el tren con “Orden de servicio 2” podrá iniciar su trayecto. Esta sería la directriz para el resto de trenes que iniciaran su servicio de manera ordenada y con el mismo conflicto que se ha explicado.

Hora del conflicto	Trenes en conflicto				Retraso
	Tren	Infraestructuras	Liberación por este tren	Liberación por tren en C...	
09:00:00	EJERCICIO TMI MAMUR...	1070:21919 1070:219...	09:15:03	09:15:03	00:15:21

Figura 58. Tabla de conflictos de Mamure-Ayran TMI.

Por último, otra de las tablas que podemos ver es la de “Eventos de reserva de Autorización de Movimiento” en la que se muestra el cantón reservado para la circulación de un único tren. Como se puede observar las dimensiones de dicho cantón coinciden con la distancia que hay entre cada estación. Esto ocurre porque al ser vía única, sólo podrá circular un tren entre dos estaciones. Un hecho lógico ya que estamos hablando de un sistema de bloqueo telefónico como es el sistema TMI.

Hora	Cantón	Distancia	Elemento	Cantones Reservados	
				Cantón	Longitud
09:15:21	2 - 3	0	2	2 - 3	12780
09:29:24	3 - 2	0	3	3 - 2	6290
09:38:14	2 - 4	0	2	2 - 4	7041
09:46:25	4 - 1	0	4	4 - 1	7933

Figura 59. Tabla de eventos de reserva de autorización de movimiento de Mamure-Ayran TMI.

### TMI AYRAN – MAMURE

En esta ocasión se ha modificado la ruta de inicio a fin, haciendo pasar al tren durante todo el recorrido por vía directa:

- Ayran
  - Salida desde vía 2 (inicio de itinerario)
- Bahçe
  - Llegada a vía 2
  - Salida desde vía 2
- Tasoluk
  - Llegada a vía 3
  - Salida desde vía 3
- Yarbasi
  - Llegada a vía 2
  - Salida desde vía 2

SALIDA

TRÁNSITO

TRÁNSITO

TRÁNSITO



- Mamure
  - Llegada a vía 3 (fin de itinerario)

LLEGADA

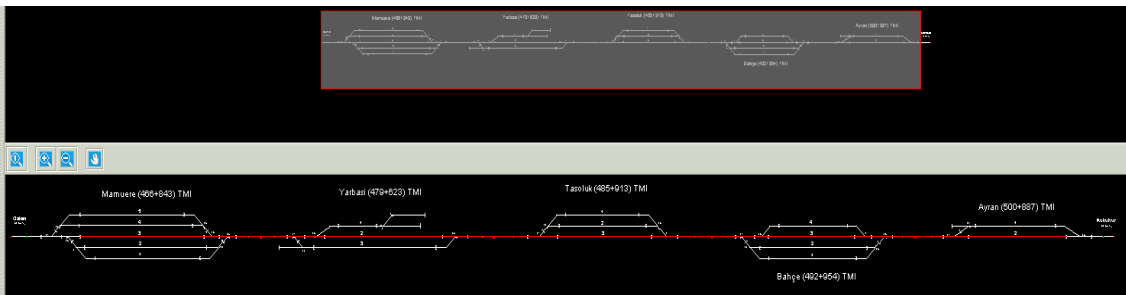


Figura 60. Ruta establecida para el ejercicio Ayran-Mamure en TMI.

Repetimos el mismo proceso que con el ejercicio anterior pero esta vez con el itinerario nuevo y en sentido Ayran – Mamure.

Una vez ejecutado el ejercicio, obtenemos los siguientes resultados:

Resultado Capacidad - TFM RBLANCOG TMI AYRAN - MAMURE - Capacidad Máxima

Color	Servicio	Tiempo Inicial ...	Tiempo inicial	Tiempo final	Headway	Conflictos	Orden de ser...	Velocidad Má...	Velocidad Media
	EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-0	09:00:00	09:00:00	09:40:57	00:00:00	No	1	80	65,92
	EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-1	09:00:00	09:13:09	09:54:06	00:13:09	Sí	2	80	65,92
	EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-2	09:00:00	09:26:18	10:07:15	00:13:09	Sí	3	80	65,92
	EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-3	09:00:00	09:39:27	10:20:24	00:13:09	Sí	4	80	65,92
	EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-4	09:00:00	09:52:36	10:33:33	00:13:09	Sí	5	80	65,92
	EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-5	09:00:00	10:05:45	10:46:42	00:13:09	Sí	6	80	65,92
	EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-6	09:00:00	10:18:54	10:59:51	00:13:09	Sí	7	80	65,92
	EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-7	09:00:00	10:32:03	11:13:00	00:13:09	Sí	8	80	65,92
	EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-8	09:00:00	10:45:12	11:26:09	00:13:09	Sí	9	80	65,92
	EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-9	09:00:00	10:58:21	11:39:18	00:13:09	Sí	10	80	65,92

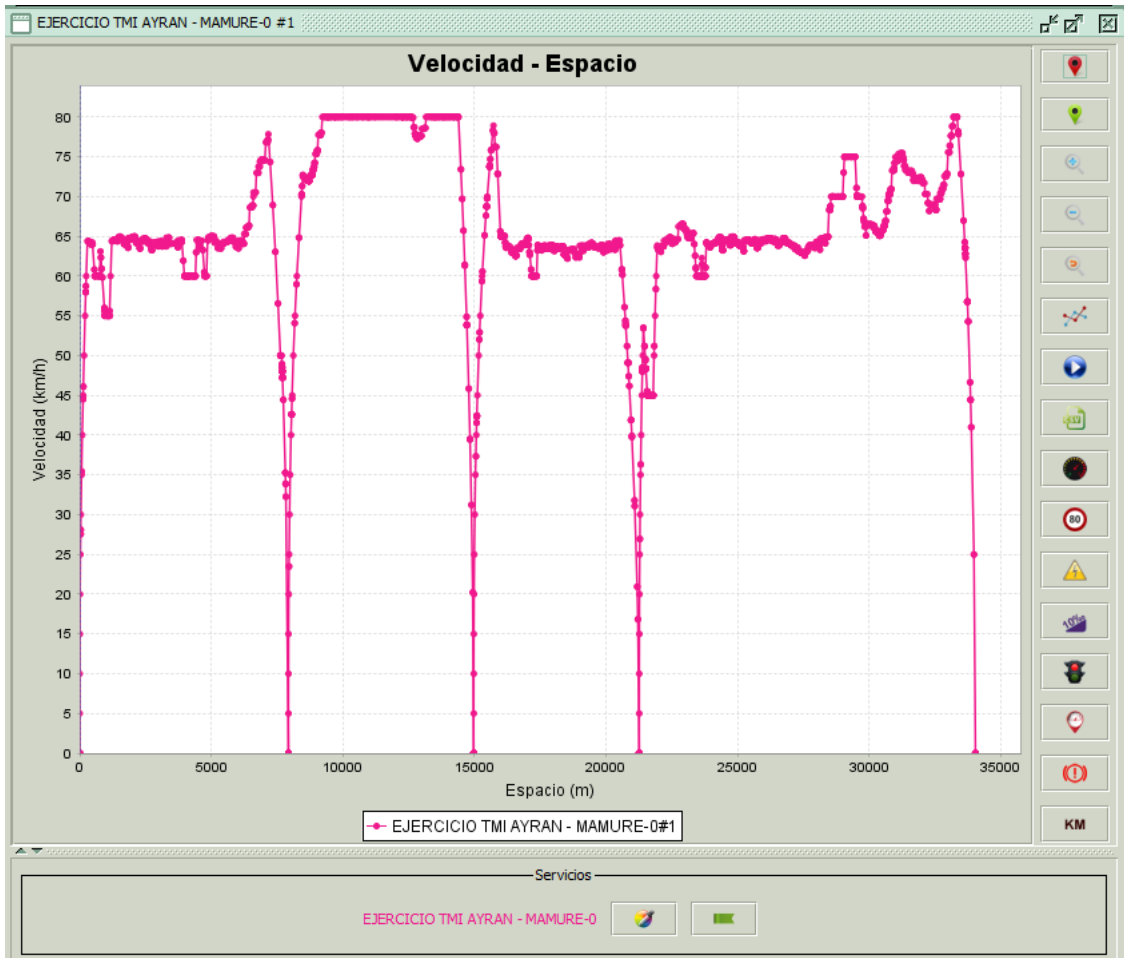
Figura 61. Tabla de resultados del ejercicio Ayran-Mamure en TMI.

Vemos en esta ocasión que han salido un total de 10 trenes, 2 más que en el ejercicio anterior de Mamure a Ayran.

Viendo la tabla inicial obtenemos la siguiente información:

- El servicio de Ayran a Mamure consta de 38 minutos y 57 segundos.
- Los trenes salen 13 minutos y 09 segundos después de su antecesor.
- En todos los trenes excepto el primero hay conflicto.
- El orden de los trenes se establece del 1 al 10 siendo el 1 el primer tren que partirá a las 9:00 de la mañana.
- La velocidad máxima que alcanza el tren en este trayecto es de 80 Km/h, coincidente con la velocidad máxima de la línea en sistema TMI.
- Tenemos una velocidad media de 65,92 Km/h a lo largo del recorrido.

La gráfica Velocidad – Espacio que hemos obtenido en este ejercicio es la siguiente:



*Figura 62. Gráfica Velocidad-Espacio del ejercicio Ayran-Mamure en TMI.*

En esta ocasión, vuelve a coincidir en el perfil de velocidades que el tramo de Bahçe a Tasoluk es el cantón dónde más velocidad alcanzará el tren.

Como podemos observar, la velocidad a lo largo del trayecto es bastante homogénea exceptuando algún pico de subida o bajada que se observa de manera puntual.

En la siguiente tabla al igual que en el ejercicio anterior, podemos conocer cuál es el tiempo que emplea el tren en recorrer un cantón o lo que es lo mismo cuánto tarda de una estación a otra.

Para la ruta establecida de Ayran a Mamure el tren emplea un total de 38 minutos y 57 segundos, aun siendo todo el recorrido por vía directa es un tiempo prácticamente igual al ejercicio anterior.

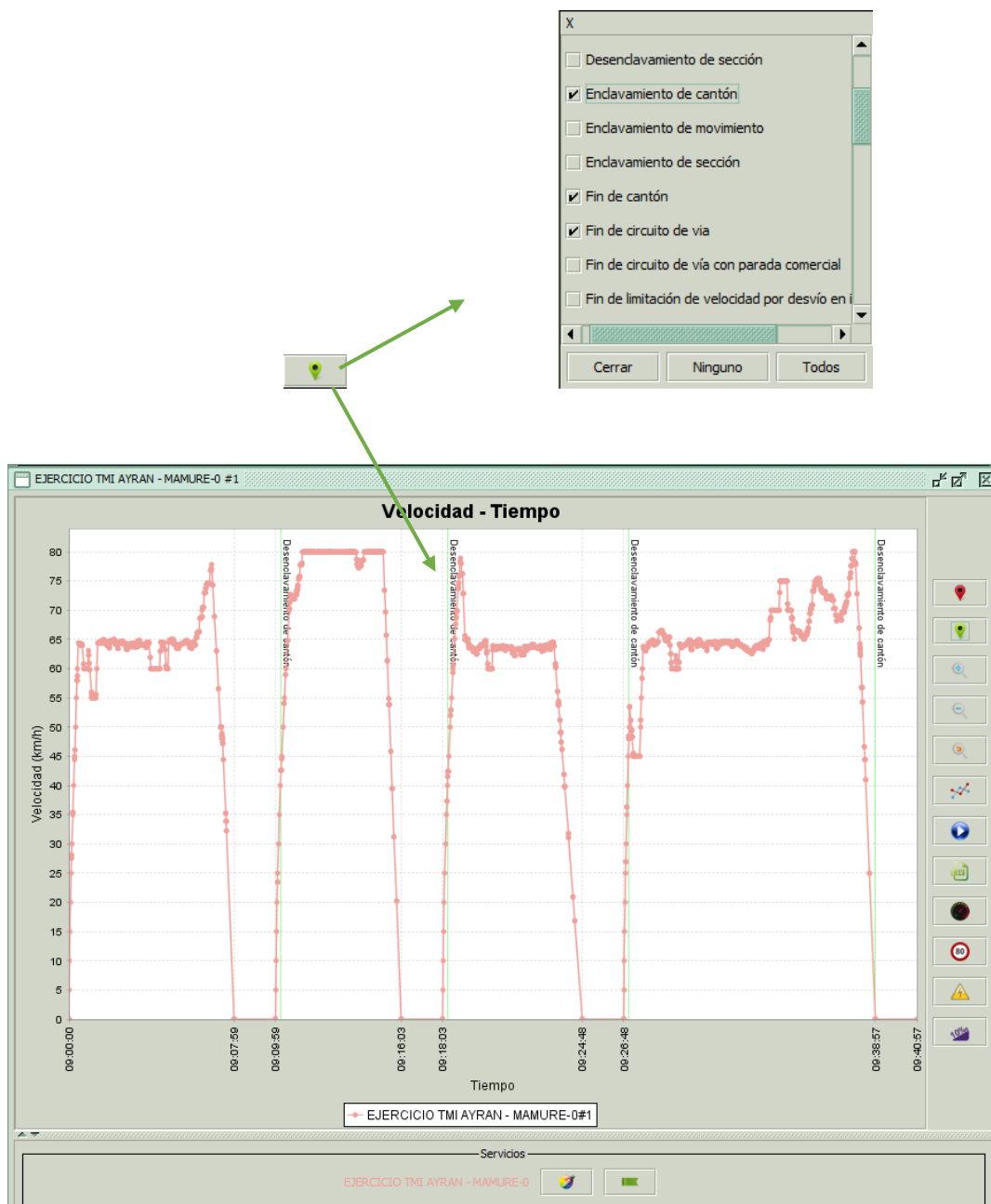
Cantón	Instalación de partida	Tiempo inicial	Tiempo final	Longitud
2 - 3	Ayran (500+887) TMI	09:00:00	09:10:15	7933
3 - 3	Bahçe (492+954) TMI	09:09:59	09:18:19	7041
3 - 2	Tasoluk (485+913) TMI	09:18:03	09:27:03	6290
2 - 3	Yarbasi (479+623) TMI	09:26:48	09:40:57	12780

*Figura 63. Tabla de cantones entre Ayran-Mamure en TMI.*

En la gráfica Velocidad – Tiempo que se muestra a continuación, volvemos a observar el perfil de velocidades y cómo al paso por estación se efectúa una parada de 120 segundos. Siendo 38 minutos y 57 segundos el tiempo que tarda el tren desde la salida de Ayran hasta llegar a la estación de Mamure (se ha descontado 120 segundo de parada en Mamure).

Como se puede apreciar en la gráfica, existe una etiqueta vertical que nos indica el desenclavamiento del cantón. Este punto se encuentra posterior a las estaciones en sentido de la marcha, junto cuando el tren finaliza su parada y abandona inmediatamente la estación.

Este tipo de etiquetas verticales podemos desplegarlas y chequearlas en el segundo botón empezando por arriba a la derecha (verde).

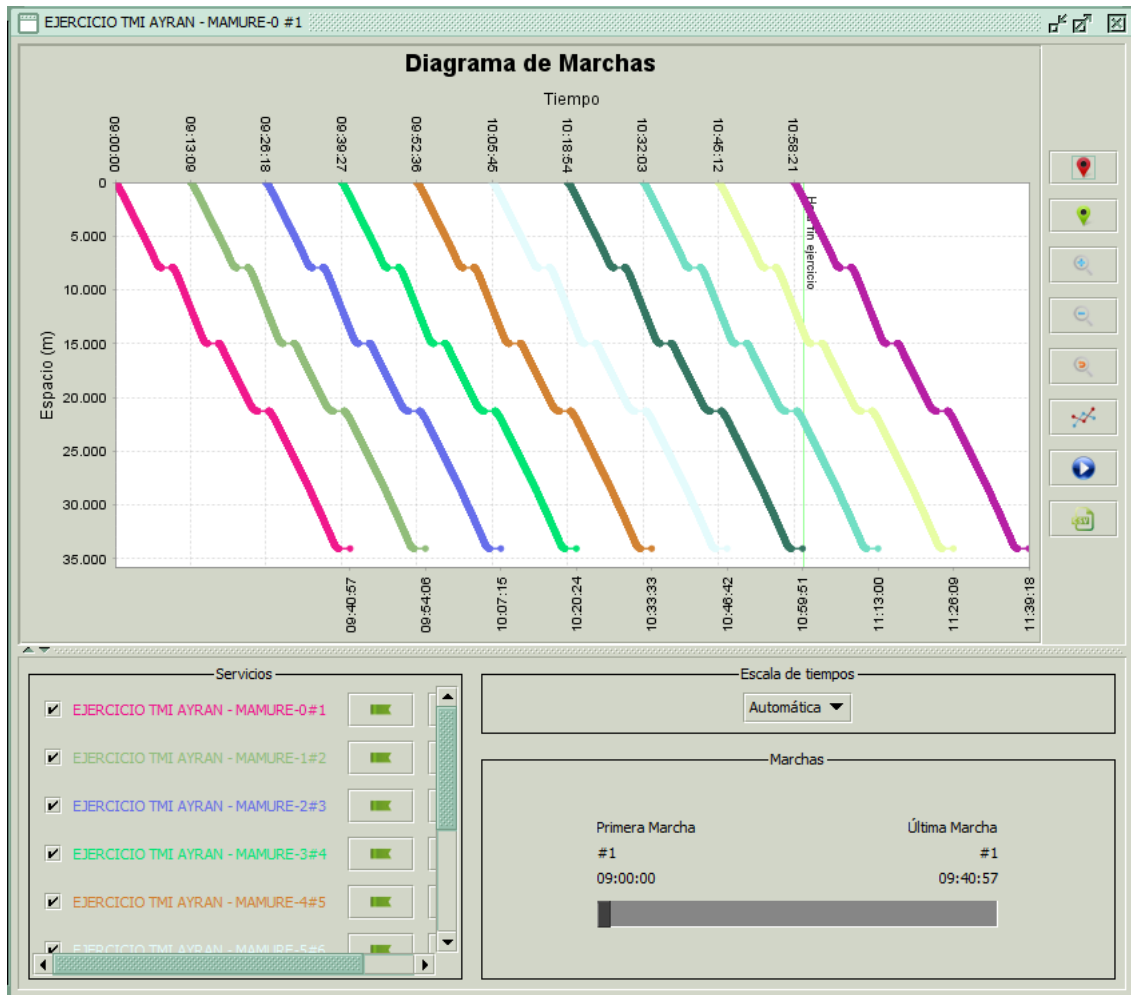


*Figura 64. Gráfica Velocidad-Tiempo del ejercicio Ayran-Mamure en TMI.*

Al igual que en el ejercicio anterior podemos extraer el “Diagrama de Marchas” para el trayecto de Ayran a Mamure. En esta ocasión podemos ver la malla un poco más apretada ya que contiene 2 trenes más que en el sentido opuesto.

Podemos ver que el servicio de orden 10 representado en color morado saldría muy próximo a la hora fin de intervalo. En este caso se ha contabilizado puesto que servicio parte antes de las 11:00 de la mañana.

Otro valor representativo que podemos observar sólo con mirar la gráfica es el “Headway” de un tren respecto a otro de 13 minutos y 9 segundos.



*Figura 65. Diagrama de Marchas del ejercicio Ayran-Mamure en TMI.*

Como se ha explicado anteriormente, el conflicto es generado desde que el tren ocupa un cantón hasta que lo libera y el tren siguiente puede ocuparlo.

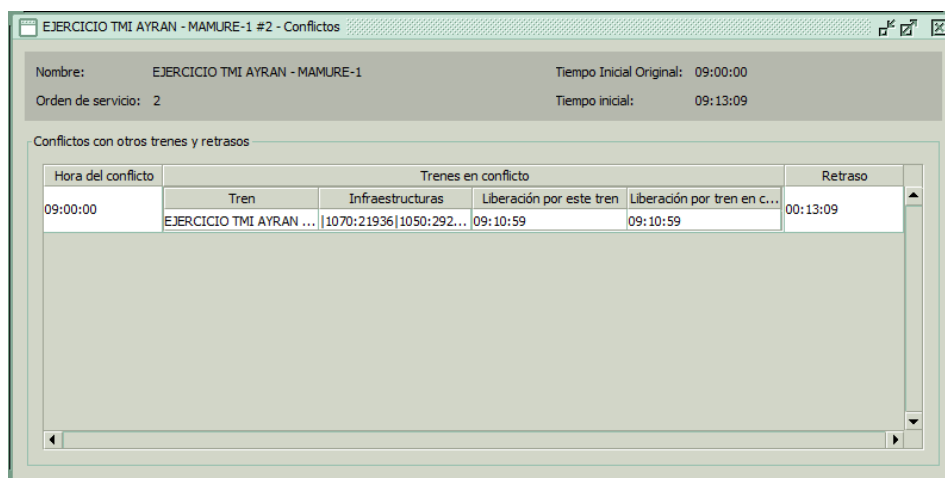
Este retraso está formado por el tiempo que tarda un tren de una estación a otra, más el tiempo de parada en dicha estación, más un margen de seguridad preestablecido por el operador de los ferrocarriles turcos.

En este caso el retraso de 13 minutos y 9 segundos es menor que en el servicio de Mamure a Ayran que es de 15 minutos y 21 segundos.

Esto ocurre por la siguiente razón:

- Primer cantón de Mamure – Ayran
  - ✓ Mamure – Yarbasi: 12.780 metros
- Primer cantón de Ayran – Mamure
  - ✓ Ayran – Bahçe: 7.933 metros

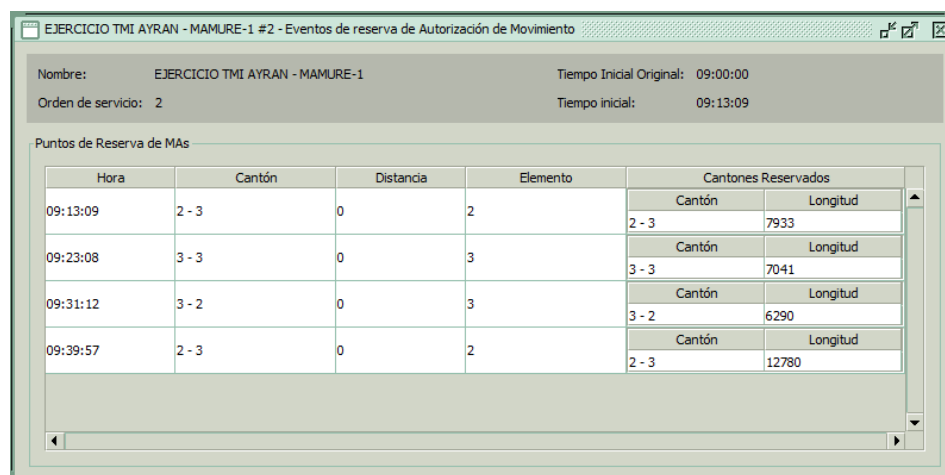
Pues bien, al ser un cantón menor el de Ayran a Bahçe, el tiempo de recorrido será menor y por lo consiguiente la liberación del cantón también será menor. Esta es la clave por la cual pueden entrar dos trenes más en la malla de intervalo de 9:00 – 11:00 de la mañana. Al liberar antes el cantón el tren perseguidor podrá salir antes también y así reducir el “Headway” y concentrar más los trenes.



EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-1 #2 - Conflictos						
Nombre: EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-1		Tiempo Inicial Original: 09:00:00				
Orden de servicio: 2		Tiempo inicial: 09:13:09				
Conflictos con otros trenes y retrasos						
Hora del conflicto	Trenes en conflicto					Retraso
	Tren	Infraestructuras	Liberación por este tren	Liberación por tren en c...		
09:00:00	EJERCICIO TMI AYRAN ...	1070:21936 1050:292...	09:10:59	09:10:59		00:13:09

*Figura 66. Tabla de conflictos del ejercicio Ayran-Mamure en TMI.*

Por último, tenemos la tabla con los “Eventos de reserva de autorización de movimiento” la cual nos indica los cantones reservados para la circulación de un solo tren y en un único sentido. En este caso el orden de los cantones aparece de forma inversa coincidiendo con el sentido de la marcha.



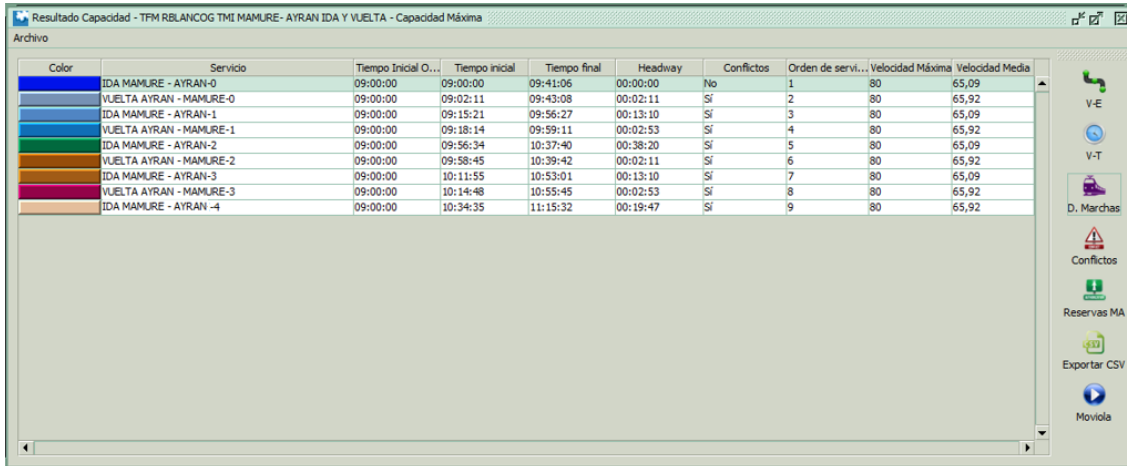
EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-1 #2 - Eventos de reserva de Autorización de Movimiento						
Nombre: EJERCICIO TMI AYRAN - MAMURE-1		Tiempo Inicial Original: 09:00:00				
Orden de servicio: 2		Tiempo inicial: 09:13:09				
Puntos de Reserva de MAs						
Hora	Cantón	Distancia	Elemento	Cantones Reservados		
				Cantón	Longitud	
09:13:09	2 - 3	0	2	2 - 3	7933	
09:23:08	3 - 3	0	3	3 - 3	7041	
09:31:12	3 - 2	0	3	3 - 2	6290	
09:39:57	2 - 3	0	2	2 - 3	12780	

*Figura 67. Tabla de eventos de reserva de autorización de movimiento de Ayran-Mamure TMI.*

### COMBINADO IDA Y VUELTA TMI

Como ejercicio complementario, se ha realizado un estudio de capacidad entre la estación de Mamure y la estación de Ayran con salidas de trenes en ambas direcciones. Tomando como sentido prioritario de circulación el de Mamure – Ayran.

La tabla de resultados es la siguiente:



Color	Servicio	Tiempo Inicial O...	Tiempo inicial	Tiempo final	Headway	Conflictos	Orden de servi...	Velocidad Máxima	Velocidad Media
	IDA MAMURE - AYRAN-0	09:00:00	09:00:00	09:41:06	00:00:00	No	1	80	65,09
	VUELTA AYRAN - MAMURE-0	09:00:00	09:02:11	09:43:08	00:02:11	SI	2	80	65,92
	IDA MAMURE - AYRAN-1	09:00:00	09:15:21	09:56:27	00:13:10	SI	3	80	65,09
	VUELTA AYRAN - MAMURE-1	09:00:00	09:18:14	09:59:11	00:02:53	SI	4	80	65,92
	IDA MAMURE - AYRAN-2	09:00:00	09:56:34	10:37:40	00:38:20	SI	5	80	65,09
	VUELTA AYRAN - MAMURE-2	09:00:00	09:58:45	10:39:42	00:02:11	SI	6	80	65,92
	IDA MAMURE - AYRAN-3	09:00:00	10:11:55	10:53:01	00:13:10	SI	7	80	65,09
	VUELTA AYRAN - MAMURE-3	09:00:00	10:14:48	10:55:45	00:02:53	SI	8	80	65,92
	IDA MAMURE - AYRAN-4	09:00:00	10:34:35	11:15:32	00:19:47	SI	9	80	65,92

*Figura 68. Tabla de resultados del ejercicio combinado TMI Mamure-Ayran.*

De la tabla de resultados podemos sacar la siguiente información:

- Existen 5 servicios de Mamure a Ayran.
- Existen 4 servicios de Ayran a Mamure.
- Ambos tienen una velocidad máxima de 80 km/h.
- Servicio Mamure – Ayran: 00:41:06 minutos.
- Servicio Mamure – Ayran: velocidad media de 65.09 km/h.
- Servicio Ayran – Mamure: 00:40:24 minutos.
- Servicio Ayran – Mamure: velocidad media de 65.92 km/h.
- Estacionamientos de 120 segundos.

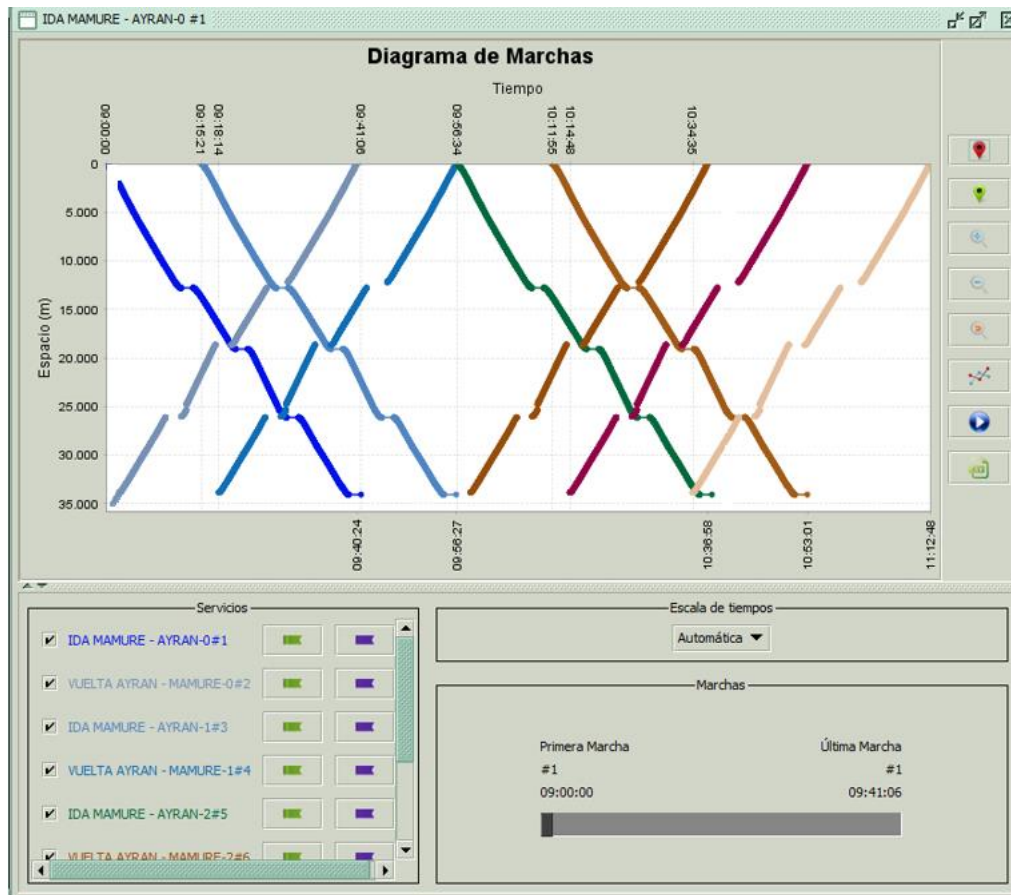


Figura 69. Diagrama de Marchas del ejercicio combinado TMI Mamure-Ayran.

En la imagen anterior tenemos el “Diagrama de marchas” con los trenes en una y otra dirección representados. Como se puede observar, el servicio que va desde la estación de Mamure a la estación de Ayran consta de 5 trenes, unos más que el servicio que va en dirección opuesta. Esto ocurre porque se ha otorgado la prioridad de este servicio ante el otro.

Al ser vía única, los trenes únicamente podrán cruzarse en las estaciones. Cuando esto ocurra, el tren procedente de Ayran estacionará cediendo el paso al tren con origen en Mamure.

Se ha establecido un estacionamiento de 120 segundos para que los pasajeros puedan subir y bajar del tren y, además exista un margen para los cruzamientos.

### TSI MAMURE-AYRAN

Al igual que en tecnología TMI, el ejercicio se lanzará en tecnología TSI en el programa para que calcule la capacidad máxima de la línea. Como se puede ver en la siguiente imagen, la ruta es exactamente igual que en TMI.

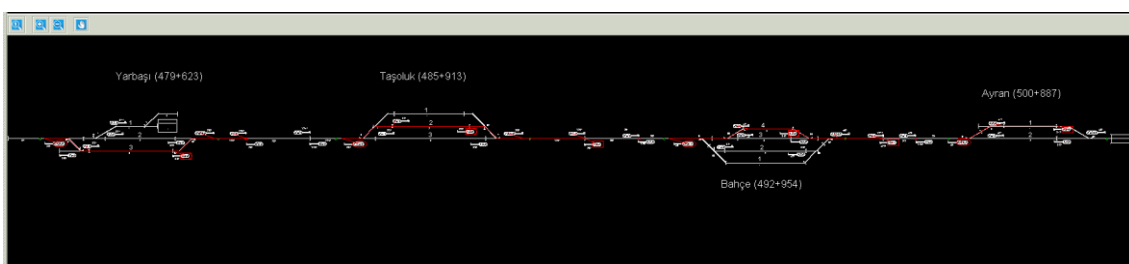
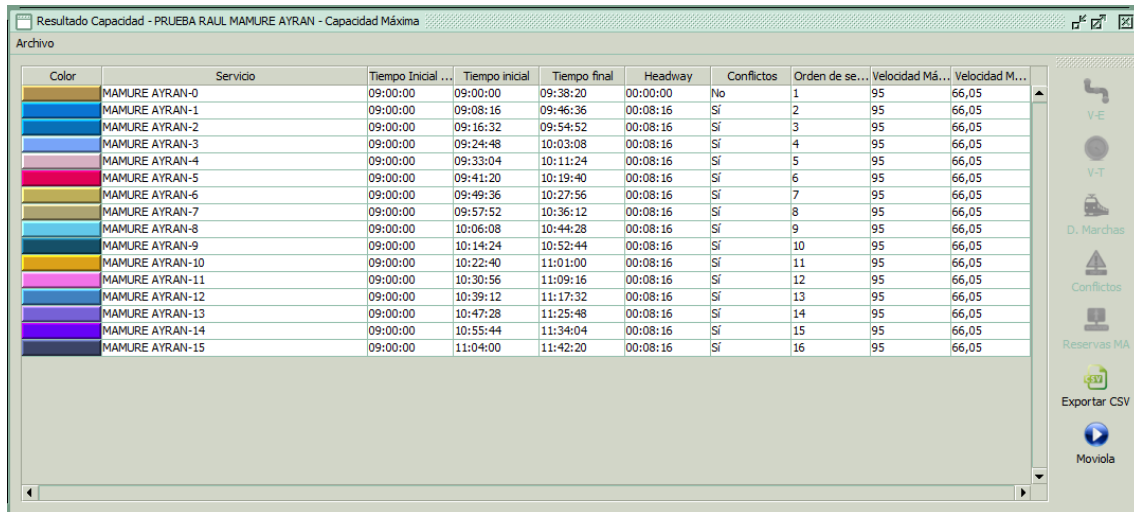


Figura 68. Ruta de Mamure-Ayran en TSI.

Una vez ejecutado el ejercicio de cálculo de capacidad, el programa nos muestra una tabla con el número total de servicios a lo largo de las dos horas.



Color	Servicio	Tiempo Inicial ...	Tiempo inicial	Tiempo final	Headway	Conflictos	Orden de se...	Velocidad Má...	Velocidad M...
	MAMURE AYRAN-0	09:00:00	09:00:00	09:38:20	00:00:00	No	1	95	66,05
	MAMURE AYRAN-1	09:00:00	09:08:16	09:46:36	00:08:16	Sí	2	95	66,05
	MAMURE AYRAN-2	09:00:00	09:16:32	09:54:52	00:08:16	Sí	3	95	66,05
	MAMURE AYRAN-3	09:00:00	09:24:48	10:03:08	00:08:16	Sí	4	95	66,05
	MAMURE AYRAN-4	09:00:00	09:33:04	10:11:24	00:08:16	Sí	5	95	66,05
	MAMURE AYRAN-5	09:00:00	09:41:20	10:19:40	00:08:16	Sí	6	95	66,05
	MAMURE AYRAN-6	09:00:00	09:49:36	10:27:56	00:08:16	Sí	7	95	66,05
	MAMURE AYRAN-7	09:00:00	09:57:52	10:36:12	00:08:16	Sí	8	95	66,05
	MAMURE AYRAN-8	09:00:00	10:06:08	10:44:28	00:08:16	Sí	9	95	66,05
	MAMURE AYRAN-9	09:00:00	10:14:24	10:52:44	00:08:16	Sí	10	95	66,05
	MAMURE AYRAN-10	09:00:00	10:22:40	11:01:00	00:08:16	Sí	11	95	66,05
	MAMURE AYRAN-11	09:00:00	10:30:56	11:09:16	00:08:16	Sí	12	95	66,05
	MAMURE AYRAN-12	09:00:00	10:39:12	11:17:32	00:08:16	Sí	13	95	66,05
	MAMURE AYRAN-13	09:00:00	10:47:28	11:25:48	00:08:16	Sí	14	95	66,05
	MAMURE AYRAN-14	09:00:00	10:55:44	11:34:04	00:08:16	Sí	15	95	66,05
	MAMURE AYRAN-15	09:00:00	11:04:00	11:42:20	00:08:16	Sí	16	95	66,05

*Figura 71. Tabla de resultados del ejercicio TSI Mamure-Ayran.*

El resultado del ejercicio TSI Mamure – Ayran muestra un total de 16 trenes en el intervalo de 9:00 a 11:00 de la mañana. Cada tren representado con su color correspondiente.

De la tabla de resultados podemos extraer la siguiente información:

- El servicio de Mamure a Ayran consta de 38 minutos y 20 segundos.
- Los trenes salen 8 minutos y 16 segundos después de su antecesor.
- En todos los trenes excepto el primero hay conflicto.
- El orden de los trenes se establece del 1 al 16 siendo el 1 el primer tren que partirá a las 9:00 de la mañana.
- La velocidad máxima que alcanza el tren en este trayecto es de 95 Km/h, siendo menos que la velocidad máxima de la línea que es 120Km/h.
- Tenemos una velocidad media de 66,05 Km/h a lo largo del recorrido.

Como podemos observar en la siguiente gráfica Velocidad – Espacio, el perfil de velocidades en tecnología TSI para este tramo es menos uniforme y constante que con la tecnología TMI. Volvemos a tener entre Tasoluk y Bahçe el tramo donde el tren alcanza su máxima velocidad en el recorrido llegando a una punta de 95Km/h.



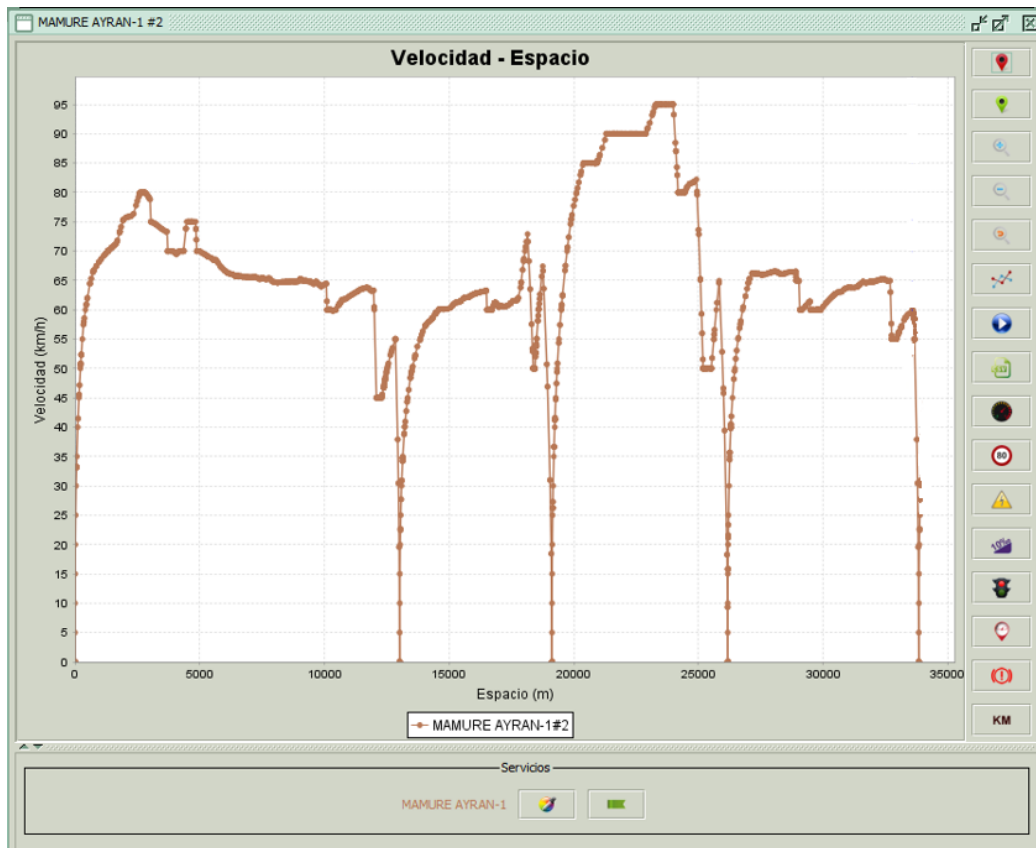


Figura 72. Gráfica Velocidad-Espacio del ejercicio TSI Mamure-Ayran.

En la siguiente tabla, podemos observar de inicio una gran diferencia con el sistema TMI, los cantones ya no ocupan todo el recorrido entre estaciones. En este caso la distancia de una estación a otra queda dividida por varios cantones.

Aquí podemos ver los cantones que hay entre estaciones, la longitud de cada cantón y el tiempo que tarda el tren en recorrer cada uno.

Este sistema de cantonamiento es el que dará la posibilidad de implantar más trenes con salida en Mamure y dirección a Ayran. En esta ocasión no será necesario que un tren llegue a la siguiente estación y la abandone para que pueda salir su tren de cola. Podrá salir cuando libere el cantón de seguridad que automáticamente es calculado por el programa. De esta forma podrán ir más pegados los trenes.

Al ser un sistema de señalización precario, sin balizas y regulado únicamente por señales no dispondrá de códigos de velocidad ni distancia objetivo. El tren circulará de una señal en verde a otra con vía libre y sin restricciones, reducirá con la señal en amarillo y finalmente se detendrá con un rojo. Todas estas señales las controlará el puesto de control en función de la ocupación de circuitos de vía de los trenes y sin vulnerar la seguridad de los enclavamientos.

Cantón	Instalación de partida	Tiempo inicial	Tiempo final	Longitud
S22 - 202	Mamure (466+843)	09:00:00	09:01:33	1332
202 - S212	Mamure (466+843)	09:01:27	09:05:46	5073
S212 - Y222	Mamure (466+843)	09:05:40	09:09:42	4208
Y222 - S01	Mamure (466+843)	09:09:35	09:11:28	1701
S01 - S32	Yarbasi (479+623)	09:11:19	09:14:38	709
S32 - 232	Yarbasi (479+623)	09:14:19	09:16:09	1306
232 - Y242	Yarbasi (479+623)	09:16:02	09:18:36	2499
Y242 - S01	Yarbasi (479+623)	09:18:29	09:20:07	1548
S01 - S22	Taşoluk (485+913)	09:19:58	09:23:18	753
S22 - 252	Taşoluk (485+913)	09:23:02	09:24:44	1722
252 - Y262	Taşoluk (485+913)	09:24:39	09:26:47	3128
Y262 - s01	Taşoluk (485+913)	09:26:43	09:27:39	1101
s01 - S42	Bahçe (492+954)	09:27:32	09:31:17	1097
S42 - s272	Bahçe (492+954)	09:31:00	09:32:33	1251
s272 - Y282	Bahçe (492+954)	09:32:27	09:36:46	4459
Y282 - s01	Bahçe (492+954)	09:36:39	09:37:46	1038
s01 - S12	Ayran (500+887)	09:37:38	09:38:20	661

Figura 73. Tabla de cantones entre Mamure-Ayran en TSI.

Para la gráfica de Velocidad – Tiempo se han insertado unas etiquetas verticales de fin de cantón. Como se ha comentado anteriormente, no será necesario que un tren abandone la estación siguiente para que su sucesor pueda salir, sino que con el sistema TSI por cantonamiento podrá salir antes de que esto ocurra. Aquí podemos ver cómo la duración del trayecto de Mamure a Yarbasi es de 12 minutos y 19 segundos y en la tabla inicial nos dice que el tren de orden 2 (segundo tren de la mañana) saldrá con un retraso respecto al primero de 8 minutos 16 segundos. Esta diferencia de poco más de 4 minutos es gracias al sistema de cantonamiento que permite juntar más un tren de otro.

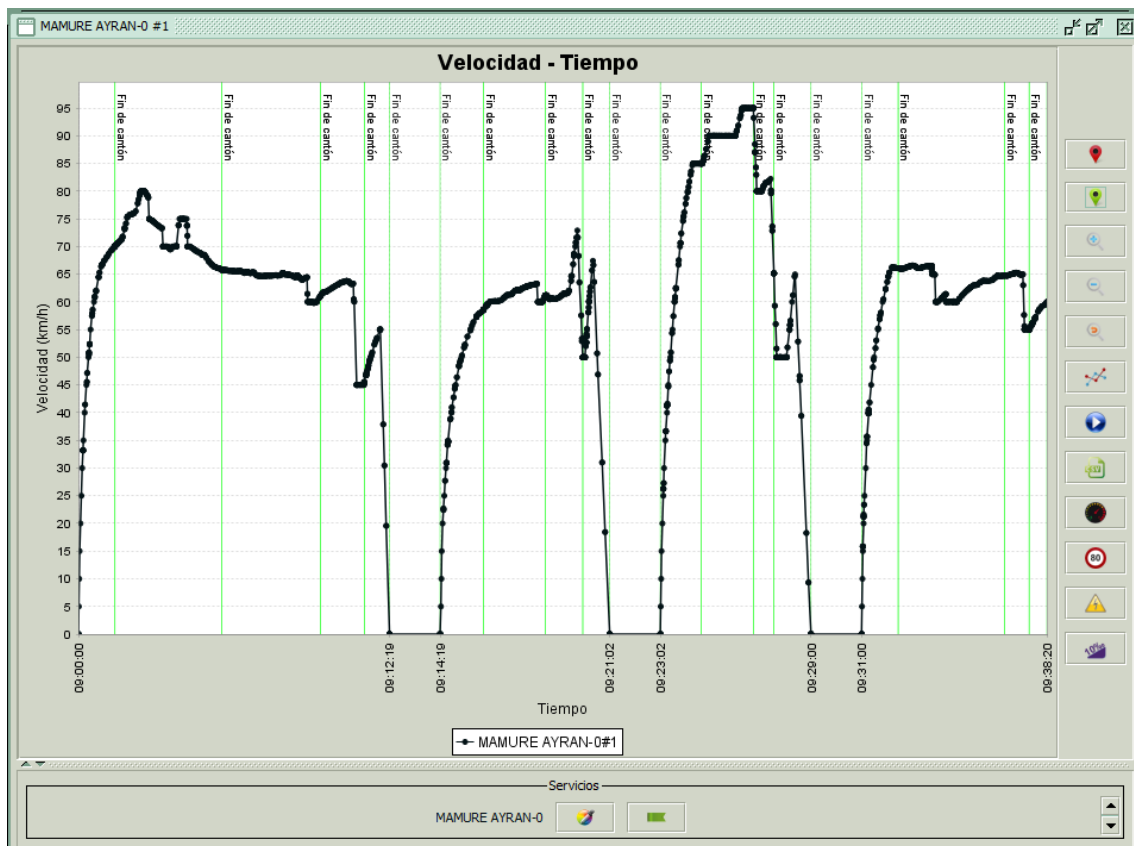
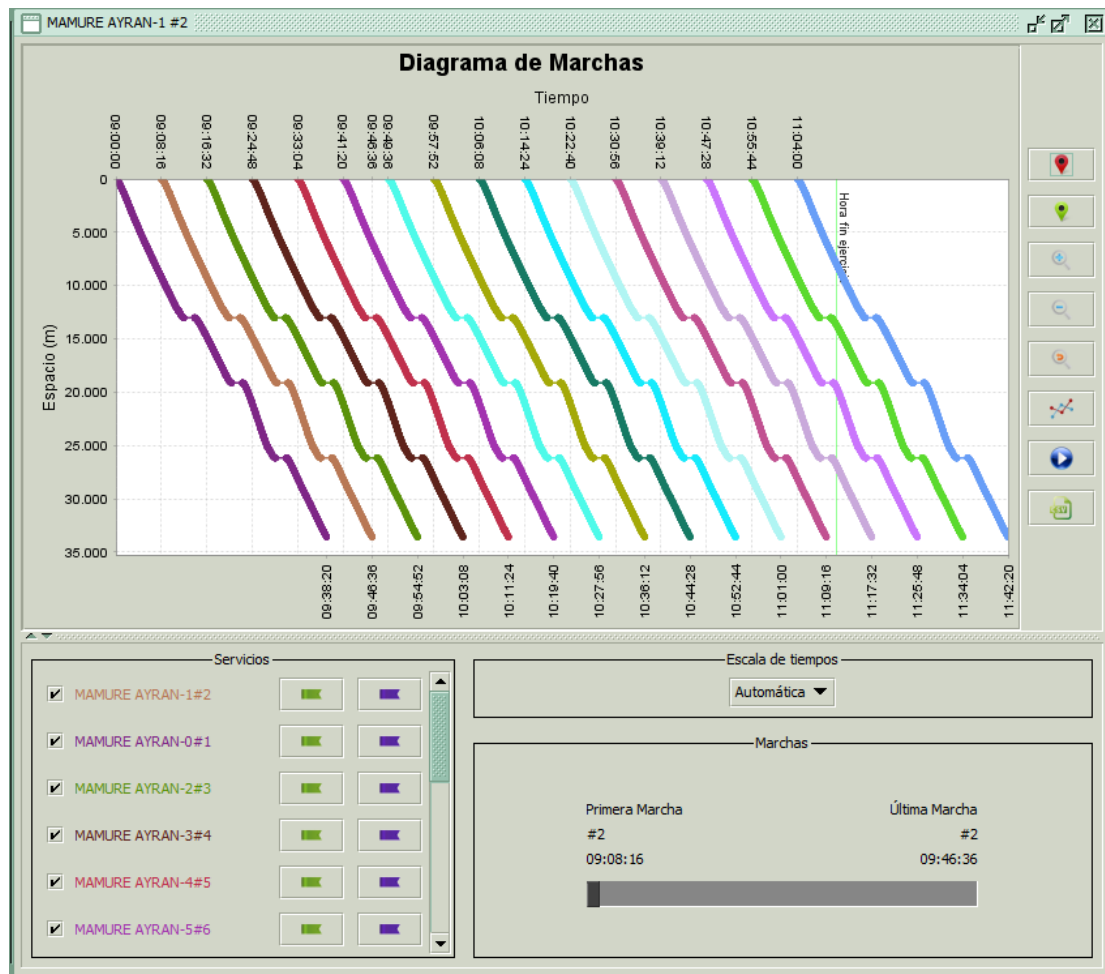


Figura 74. Gráfica Velocidad-Tiempo del ejercicio TSI Mamure-Ayran

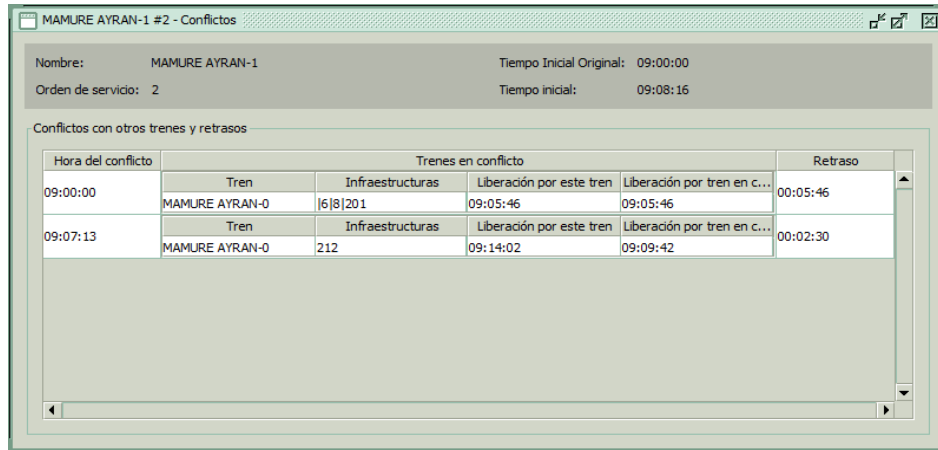
Aquí tenemos el “Diagrama de Marchas” del ejercicio TSI Mamure – Ayran dónde podemos ver representados los 16 trenes. Como podemos observar, es una malla bastante más tupida que en el caso del TMI Mamure – Ayran.



*Figura 75. Diagrama de Marchas del ejercicio TSI Mamure-Ayran*

La tabla de conflictos en este ejercicio entre la estación de Mamure y la estación de Ayran nos muestra las causas que han llegado a originar un retraso de 8 minutos y 16 segundos.

- Retraso de 00:05:46 minutos.
- Retraso de 00:02:30 minutos.

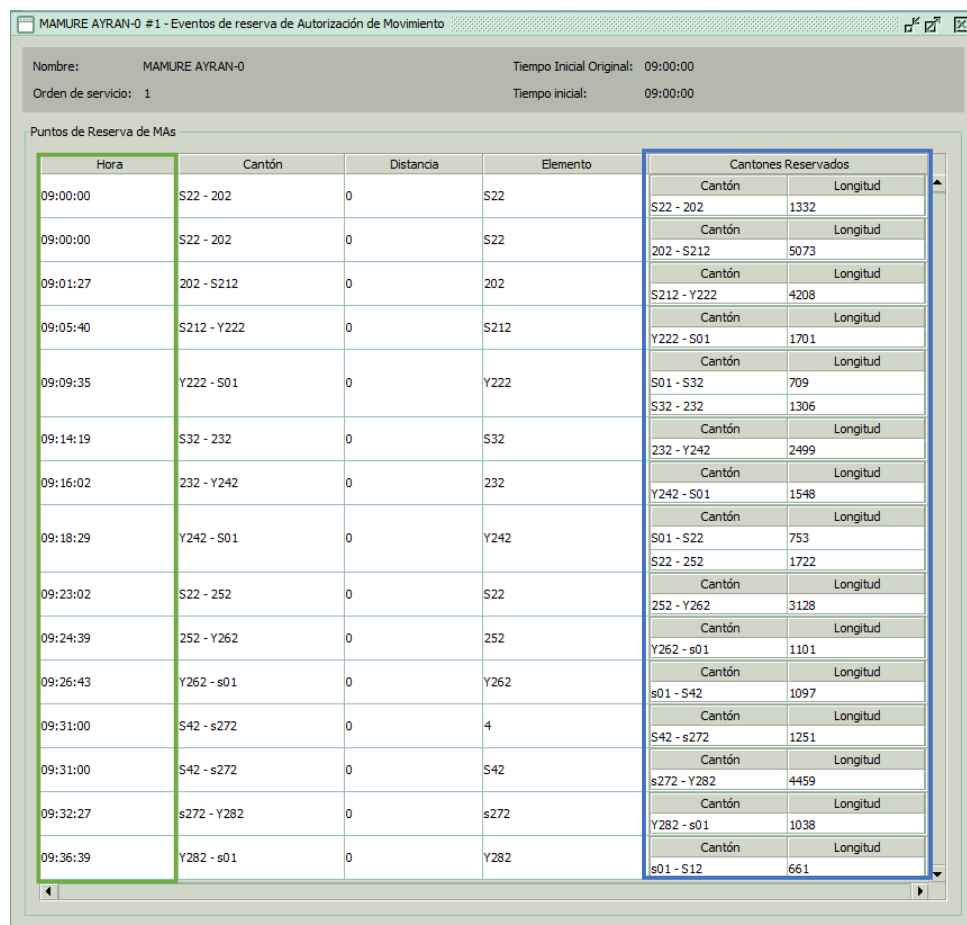


MAMURE AYRAN-1 #2 - Conflictos					
Nombre: MAMURE AYRAN-1		Tiempo Inicial Original: 09:00:00			
Orden de servicio: 2		Tiempo inicial: 09:08:16			
Conflictos con otros trenes y retrasos					
Hora del conflicto	Trenes en conflicto				Retraso
	Tren	Infraestructuras	Liberación por este tren	Liberación por tren en c...	
09:00:00	MAMURE AYRAN-0	16 8 201	09:05:46	09:05:46	00:05:46
09:07:13	MAMURE AYRAN-0	212	09:14:02	09:09:42	00:02:30

*Figura 76. Tabla de conflictos del ejercicio TSI Mamure-Ayran*

Por último, tenemos la tabla de “Eventos de reserva de Autorización de Movimiento” en la que podemos ver todos los cantones de la línea que podrán ser reservados para la marcha de los trenes que circulen por ellos.

En este caso nos muestra el cantón/cantones que quedan reservados por intervalo de tiempo. Es decir, conforme avance un tren se van reservando unos cantones para su marcha y se van liberando otros.



MAMURE AYRAN-0 #1 - Eventos de reserva de Autorización de Movimiento					
Nombre: MAMURE AYRAN-0		Tiempo Inicial Original: 09:00:00			
Orden de servicio: 1		Tiempo inicial: 09:00:00			
Puntos de Reserva de MAs					
Hora	Cantón	Distancia	Elemento	Cantones Reservados	
				Cantón	Longitud
09:00:00	S22 - 202	0	S22	S22 - 202	1332
09:00:00	S22 - 202	0	S22	202 - S212	5073
09:01:27	202 - S212	0	202	S212 - Y222	4208
09:05:40	S212 - Y222	0	S212	Y222 - S01	1701
09:09:35	Y222 - S01	0	Y222	S01 - S32	709
09:14:19	S32 - 232	0	S32	S32 - 232	1306
09:16:02	232 - Y242	0	232	232 - Y242	2499
09:18:29	Y242 - S01	0	Y242	Y242 - S01	1548
09:23:02	S22 - 252	0	S22	S01 - S22	753
09:24:39	252 - Y262	0	252	S22 - 252	1722
09:26:43	Y262 - s01	0	Y262	252 - Y262	3128
09:31:00	S42 - s272	0	4	Y262 - s01	1101
09:31:00	S42 - s272	0	S42	s01 - S42	1097
09:32:27	s272 - Y282	0	s272	Cantón	Longitud
09:36:39	Y282 - s01	0	Y282	S42 - s272	1251
				s272 - Y282	4459
				Y282 - s01	1038
				s01 - S12	661

*Figura 77. Tabla de eventos de reserva de autorización de movimiento del ejercicio TSI Mamure-Ayran*

## TSI AYRAN – MAMURE

Al igual que en tecnología TMI, el ejercicio se lanzará en tecnología TSI en el programa para que calcule la capacidad máxima de la línea. Como se puede ver en la siguiente imagen, la ruta es exactamente igual que en TMI.

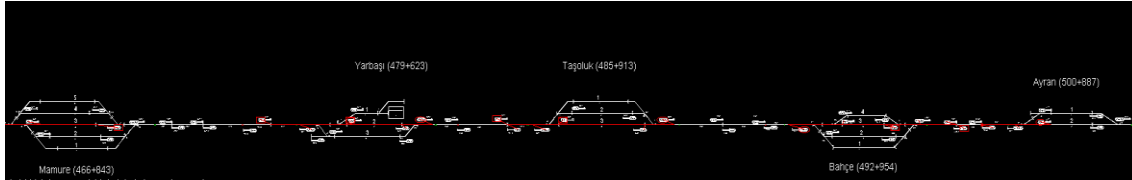
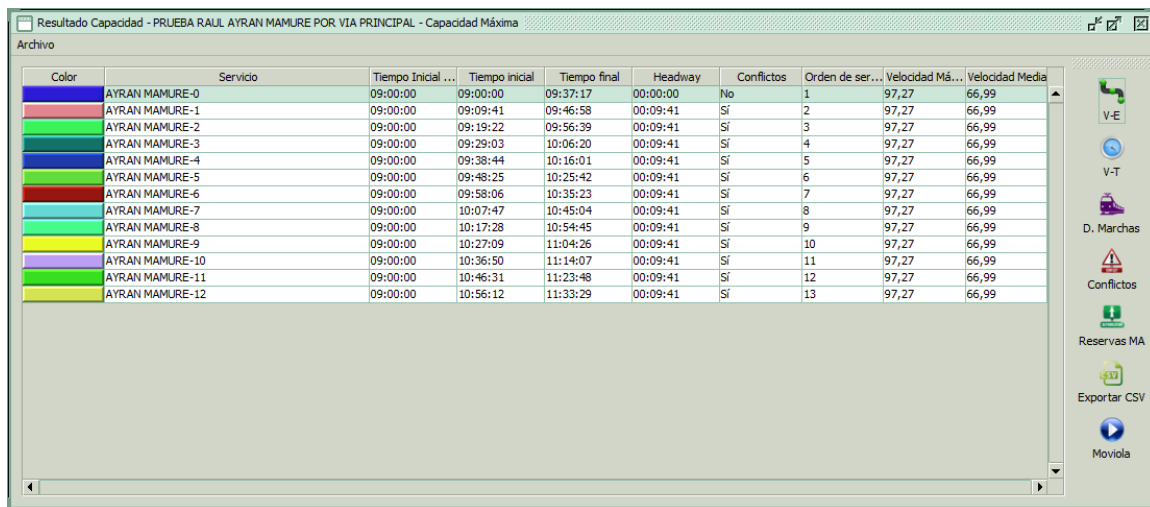


Figura 78. Ruta establecida en Ayrán-Mamure TSI.

Una vez ejecutado el ejercicio de cálculo de capacidad, el programa nos muestra una tabla con el número total de servicios a lo largo de las dos horas.



Color	Servicio	Tiempo Inicial ...	Tiempo inicial	Tiempo final	Headway	Conflictos	Orden de ser...	Velocidad Má...	Velocidad Media
	AYRAN MAMURE-0	09:00:00	09:00:00	09:37:17	00:00:00	No	1	97,27	66,99
	AYRAN MAMURE-1	09:00:00	09:09:41	09:46:58	00:09:41	Sí	2	97,27	66,99
	AYRAN MAMURE-2	09:00:00	09:19:22	09:56:39	00:09:41	Sí	3	97,27	66,99
	AYRAN MAMURE-3	09:00:00	09:29:03	10:06:20	00:09:41	Sí	4	97,27	66,99
	AYRAN MAMURE-4	09:00:00	09:38:44	10:16:01	00:09:41	Sí	5	97,27	66,99
	AYRAN MAMURE-5	09:00:00	09:48:25	10:25:42	00:09:41	Sí	6	97,27	66,99
	AYRAN MAMURE-6	09:00:00	09:58:06	10:35:23	00:09:41	Sí	7	97,27	66,99
	AYRAN MAMURE-7	09:00:00	10:07:47	10:45:04	00:09:41	Sí	8	97,27	66,99
	AYRAN MAMURE-8	09:00:00	10:17:28	10:54:45	00:09:41	Sí	9	97,27	66,99
	AYRAN MAMURE-9	09:00:00	10:27:09	11:04:26	00:09:41	Sí	10	97,27	66,99
	AYRAN MAMURE-10	09:00:00	10:36:50	11:14:07	00:09:41	Sí	11	97,27	66,99
	AYRAN MAMURE-11	09:00:00	10:46:31	11:23:48	00:09:41	Sí	12	97,27	66,99
	AYRAN MAMURE-12	09:00:00	10:56:12	11:33:29	00:09:41	Sí	13	97,27	66,99

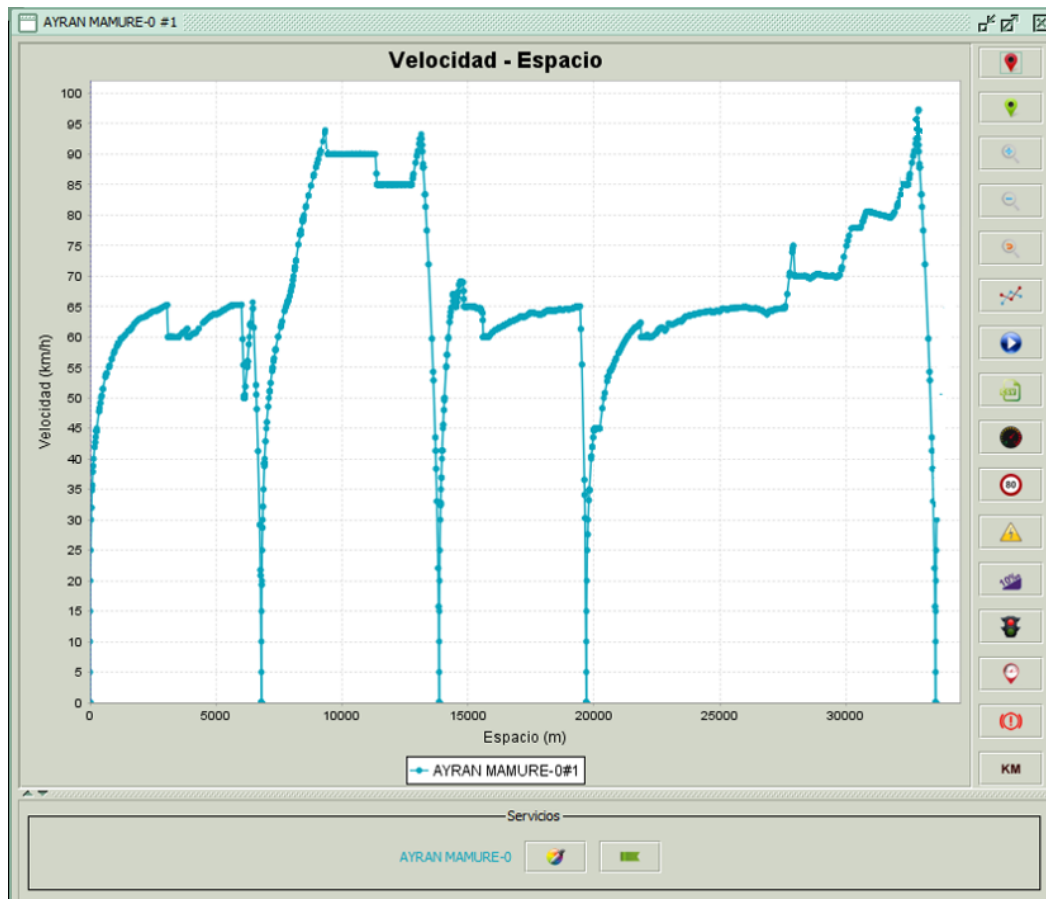
Figura 79. Tabla de resultados del ejercicio TSI Ayrán-Mamure.

Vemos en esta ocasión que han salido un total de 13 trenes, 3 más que en el ejercicio TMI anterior de Ayrán - Mamure.

Viendo la tabla inicial obtenemos la siguiente información:

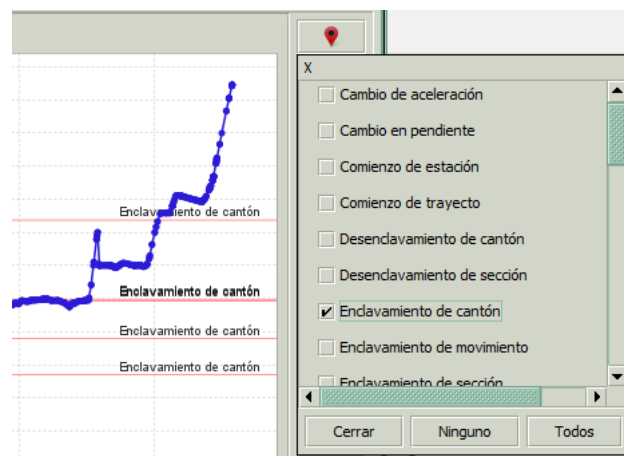
- El servicio de Ayrán a Mamure consta de 37 minutos y 17 segundos.
- Los trenes salen 9 minutos y 41 segundos después de su antecesor.
- En todos los trenes excepto el primero hay conflicto.
- El orden de los trenes se establece del 1 al 13 siendo el 1 el primer tren que partirá a las 9:00 de la mañana.
- La velocidad máxima que alcanza el tren en este trayecto es de 97.27 Km/h, coincidente con la velocidad máxima de la línea en sistema TMI.
- Tenemos una velocidad media de 66,99 Km/h a lo largo del recorrido.

En la siguiente gráfica de Velocidad – Espacio tenemos un pico de velocidad máxima cerca del final del recorrido con una velocidad máxima de 97.27 km/h siento esta la velocidad más elevada en los 4 casos. Posterior a ese pico de velocidad máxima irá la curva de frenado hasta llegar a 0 km/h justo en el final del recorrido.



*Figura 80. Gráfica Velocidad-Espacio del ejercicio TSI Ayran-Mamure.*

Anteriormente se han visto las etiquetas verticales que se podían añadir a las gráficas, pues bien, en la imagen siguiente se muestra cómo clicando en el botón rojo se despliega el listado de etiquetas horizontales que podemos ver.



*Figura 81. Pestaña para añadir etiquetas horizontales dentro de las gráficas.*

Como ya se había mostrado en el anterior ejercicio TSI aquí tenemos la tabla con todos los cantones del tramo Ayran – Mamure, la longitud de cada uno y el tiempo que se tarda en recorrerlos.

En este caso y como es lógico, comenzará la marcha desde la estación de Ayran hasta llegar a la estación de Mamure. Para completar este trayecto el tren tarda un total de 37 minutos y 17 segundos, 1 minuto y 3 segundos más rápido que cuando realiza la ruta Mamure – Ayran. Esta reducción de tiempo viene dada principalmente porque el tren en este caso circulará por vía directa a lo largo de todo el recorrido ahorrando tiempo al no pasar por desvíos en las estaciones.

Cantón	Instalación de partida	Tiempo inicial	Tiempo final	Longitud
s21 - s281	Ayran (500+887)	09:00:00	09:01:34	1120
s281 - Y271	Ayran (500+887)	09:01:27	09:05:51	4459
Y271 - s02	Ayran (500+887)	09:05:44	09:06:23	541
s02 - s31	Bahçe (492+954)	09:06:15	09:09:31	683
s31 - 261	Bahçe (492+954)	09:09:14	09:11:01	1536
261 - Y251	Bahçe (492+954)	09:10:56	09:13:08	3128
Y251 - S02	Bahçe (492+954)	09:13:03	09:14:17	1638
S02 - S31	Taşoluk (485+913)	09:14:12	09:17:25	752
S31 - Y241	Taşoluk (485+913)	09:17:09	09:18:59	1633
Y241 - Y231	Taşoluk (485+913)	09:18:52	09:21:23	2499
Y231 - S02	Taşoluk (485+913)	09:21:16	09:22:31	1226
S02 - S21	Yarbaşı (479+623)	09:22:25	09:25:23	477
S21 - 221	Yarbaşı (479+623)	09:25:05	09:26:30	865
221 - S211	Yarbaşı (479+623)	09:26:22	09:31:41	5356
S211 - Y201	Yarbaşı (479+623)	09:31:34	09:36:02	5073
Y201 - S02	Yarbaşı (479+623)	09:35:56	09:36:50	1081
S02 - S31	Mamure (466+843)	09:36:45	09:37:17	808

*Figura 82. Tabla de cantones del ejercicio TSI Ayran-Mamure.*

Para la gráfica de Velocidad – Tiempo se han insertado unas etiquetas verticales de fin de cantón. En este caso, coincide que la liberación del cantón de seguridad para que pueda salir el siguiente tren es una vez el tren abandona la estación de Bahçe. Aun así, se mejora el headway respecto al sistema TMI en 3 minutos y 28 segundos.

Al igual que en los estudios anteriores, se efectuarán paradas de 120 segundos a lo largo de las estaciones del trayecto Ayran – Mamure.

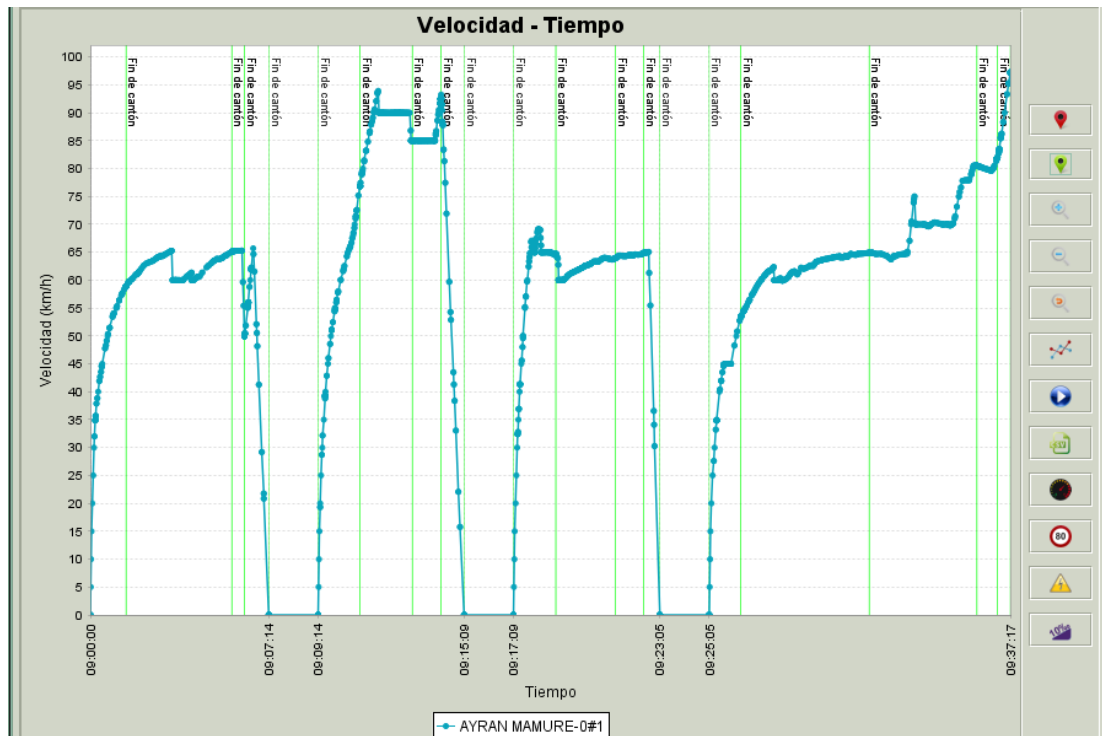


Figura 83. Gráfica Velocidad-Tiempo del ejercicio TSI Ayran-Mamure.

Aquí tenemos el “Diagrama de Marchas” del ejercicio TSI Ayran – Mamure dónde podemos ver representados los 13 trenes. Como podemos observar, en este caso también es una malla con más trenes que en el caso del Ayran - Mamure.

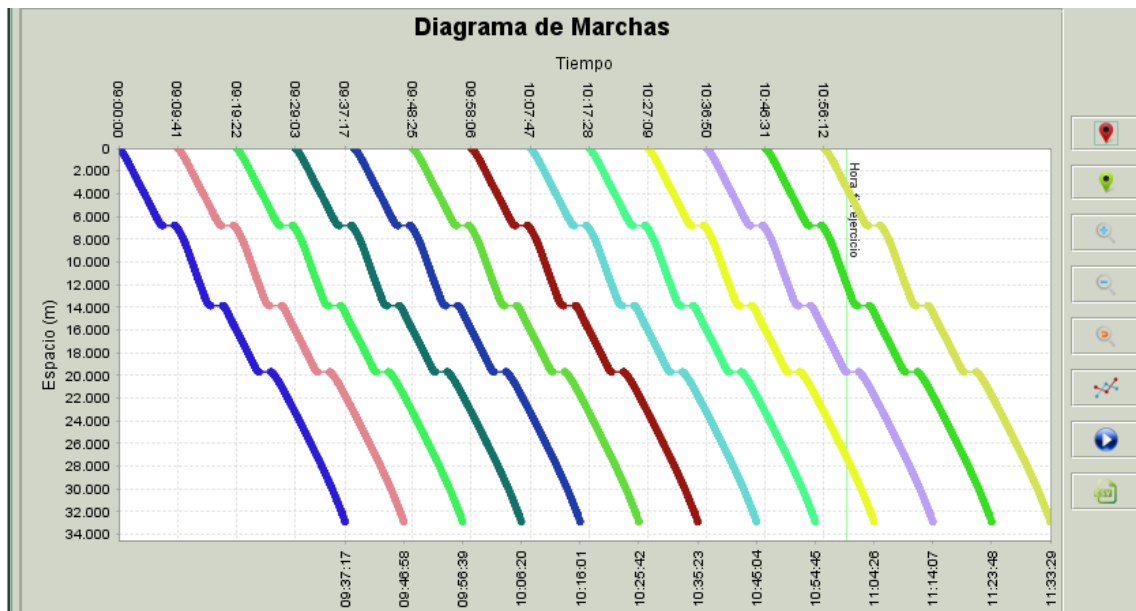


Figura 84. Diagrama de Marchas del ejercicio TSI Ayran-Mamure.

En cuanto a la tabla de conflictos, podemos ver los casos que se han producido en esta ocasión llegando a causar un retraso de 9 minutos y 41 segundos:

- Retraso de 00:05:51 minutos.
- Retraso de 00:02:14 minutos.



- Retraso de 00:01:36 minutos.

En este ejercicio, los conflictos han llegado a ocasionar un retraso de 1 minuto y 25 segundo superior al del TSI Mamure – Ayran. Esto se ha visto reflejado en el resultado final con un total de 13 trenes en las 2 horas respecto a los 15 del anterior.

Nombre: AYRAN MAMURE-1		Tiempo Inicial Original: 09:00:00			
Orden de servicio: 2		Tiempo inicial: 09:09:41			
Conflictos con otros trenes y retrasos					
Hora del conflicto	Trenes en conflicto				Retraso
	Tren	Infraestructuras	Liberación por este tren	Liberación por tren en conflicto	
09:00:00	AYRAN MAMURE-0	01 281	09:05:51	09:05:51	00:05:51
09:07:18	AYRAN MAMURE-0	3	09:19:12	09:09:31	00:02:14
09:34:27	AYRAN MAMURE-0	202	09:41:22	09:36:02	00:01:36

*Figura 85. Tabla de conflictos del ejercicio TSI Ayran-Mamure.*

Por último, tenemos la tabla de “Eventos de reserva de Autorización de Movimiento” en la que podemos ver todos los cantones de la línea que se irán reservando conforme el tren siga su marcha hasta llegar a su destino. Conforme se vaya reservando cantones para el servicio del tren, habrá otros cantones anteriormente reservados que se irán liberando. Todo ello queda reflejado con intervalos de tiempo en la tabla que se expone a continuación:

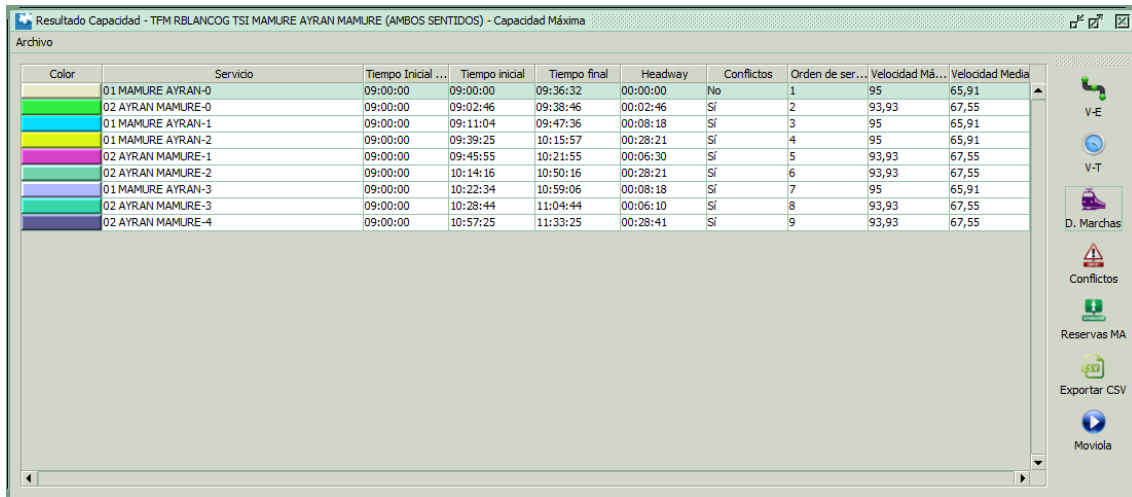
Nombre: AYRAN MAMURE-0		Tiempo Inicial Original: 09:00:00			
Orden de servicio: 1		Tiempo inicial: 09:00:00			
Puntos de Reserva de MAs					
Hora	Cantón	Distancia	Elemento	Cantones Reservados	
				Cantón	Longitud
09:00:00	s21 - s281	0	s21	s21 - s281	1120
09:00:00	s21 - s281	0	s21	s281 - Y271	4459
09:01:27	s281 - Y271	0	s281	Y271 - s02	541
				s02 - s31	683
09:05:44	Y271 - s02	0	Y271	s02 - s31	683
				s31 - 261	1536
09:09:14	s31 - 261	0	s31	261 - Y251	3128
09:10:56	261 - Y251	0	261	Y251 - S02	1638
09:13:03	Y251 - S02	0	Y251	S02 - S31	752
				S31 - Y241	1633
09:17:09	S31 - Y241	0	S31	Y241 - Y231	2499
09:18:52	Y241 - Y231	0	Y241	Y231 - S02	1226
09:21:16	Y231 - S02	0	Y231	S02 - S21	477
				S21 - 221	865
09:26:22	221 - S211	0	221	S211 - Y201	5073
09:31:34	S211 - Y201	0	S211	Y201 - S02	1081
09:35:56	Y201 - S02	0	Y201	S02 - S31	808

*Figura 86. Tabla de eventos de reserva de autorización de movimiento del ejercicio TSI Ayran-Mamure.*

## TSI COMBINADO IDA Y VUELTA

Como en el caso anterior en tecnología TMI, se ha realizado un estudio de capacidad en tecnología TSI entre la estación de Ayran y la estación de Mamure con salidas de trenes en ambas direcciones. Tomando como sentido prioritario de circulación el de Mamure – Ayran.

La tabla de resultados es la siguiente:



Color	Servicio	Tiempo Inicial ...	Tiempo inicial	Tiempo final	Headway	Conflictos	Orden de ser...	Velocidad Má...	Velocidad Media
	01 MAMURE AYRAN-0	09:00:00	09:00:00	09:36:32	00:00:00	No	1	95	65,91
	02 AYRAN MAMURE-0	09:00:00	09:02:46	09:38:46	00:02:46	Si	2	93,93	67,55
	01 MAMURE AYRAN-1	09:00:00	09:11:04	09:47:36	00:08:18	Si	3	95	65,91
	01 MAMURE AYRAN-2	09:00:00	09:39:25	10:15:57	00:28:21	Si	4	95	65,91
	02 AYRAN MAMURE-1	09:00:00	09:45:55	10:21:55	00:06:30	Si	5	93,93	67,55
	02 AYRAN MAMURE-2	09:00:00	10:14:16	10:50:16	00:28:21	Si	6	93,93	67,55
	01 MAMURE AYRAN-3	09:00:00	10:22:34	10:59:06	00:08:18	Si	7	95	65,91
	02 AYRAN MAMURE-3	09:00:00	10:28:44	11:04:44	00:06:10	Si	8	93,93	67,55
	02 AYRAN MAMURE-4	09:00:00	10:57:25	11:33:25	00:28:41	Si	9	93,93	67,55

*Figura 86. Tabla de resultados del ejercicio combinado TSI Mamure-Ayran.*

De la tabla de resultados podemos sacar la siguiente información:

- Tenemos un total de 9 servicios.
- Existen 5 servicios de Mamure a Ayran.
- Existen 4 servicios de Ayran a Mamure.
- Servicio Mamure – Ayran: velocidad máxima de 95 km/h.
- Servicio Mamure – Ayran: 00:36:32 minutos.
- Servicio Mamure – Ayran: velocidad media de 65,91 km/h.
- Servicio Ayran – Mamure: velocidad máxima de 93,93 km/h.
- Servicio Ayran – Mamure: 00:36:00 minutos.
- Servicio Ayran – Mamure: velocidad media de 67,55 Km/h.
- Estacionamientos de 90 segundos.

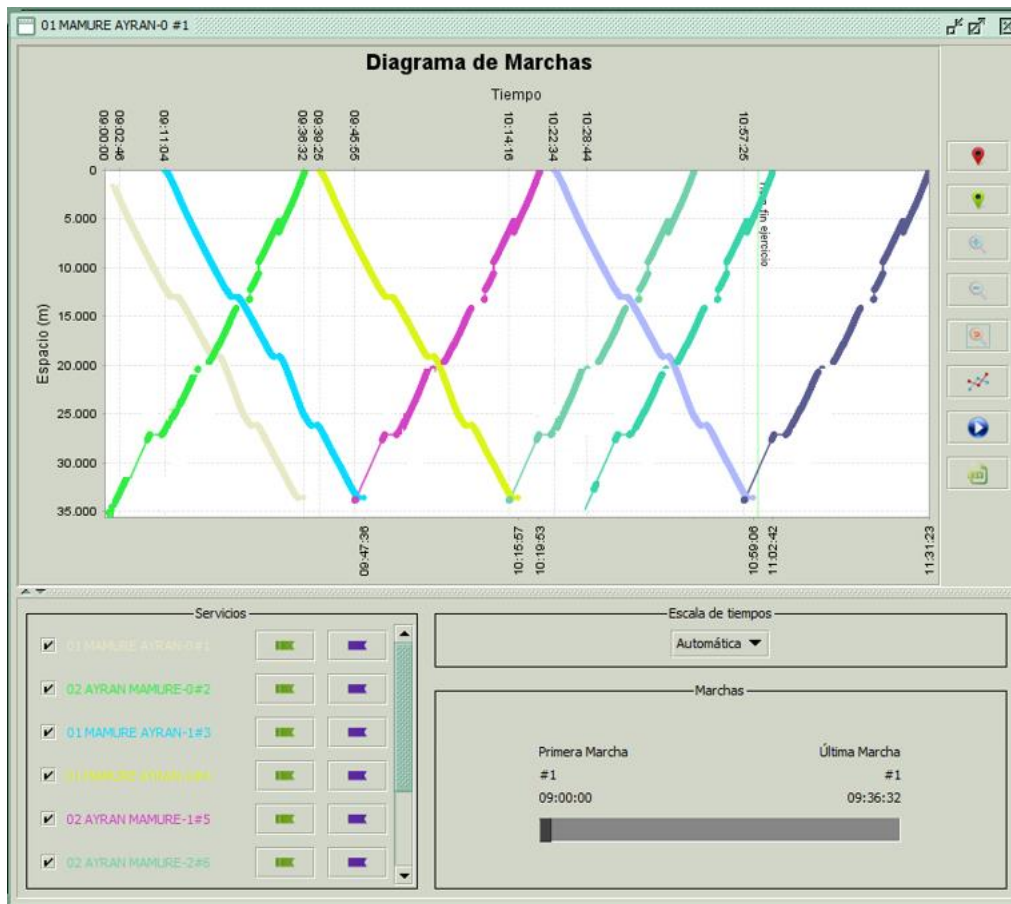


Figura 87. Diagrama de Marchas del ejercicio combinado TSI Mamure-Ayran.

## COMPARACIÓN SISTEMA TMI VS SISTEMA TSI SERVICIO DE MAMURE A AYRAN

SERVICIO MAMURE --> AYRAN - DIRECCIÓN ÚNICA					
	Nº de Servicios	Velocidad media	Velocidad máxima	Headway (min)	Tiempo del servicio (min)
<b>TMI</b>	8	65,09 km/h	80 km/h	0:15:21	0:39:06
<b>TSI</b>	16	66,05 km/h	95 km/h	0:08:16	0:38:20

Figura 88. Tabla comparativa de resultados de los ejercicios TMI y TSI Mamure-Ayran.

Como podemos apreciar en la tabla dónde se comparan los dos sistemas entre la estación de Mamure y la estación de Ayran, existe una mejoría muy significativa en cuanto al número de servicios se refiere. Vemos como al implantar el sistema TSI en la línea conseguimos duplicar el número de servicios. La razón principal por la que se ha obtenido esta mejoría, es por la disminución del “headway” o lo que es lo mismo el retraso de un tren respecto a otro. Esta diferencia de tiempo está causada por el tipo de cantonamiento. En el sistema TMI existe un único cantón entre estaciones mientras que con el sistema TSI existen varios cantones entre una estación y otra.

Por otro lado, y aunque no es una diferencia relevante, la velocidad media del trayecto aumenta en 1km/h y el tiempo del viaje disminuye casi 1 minuto.

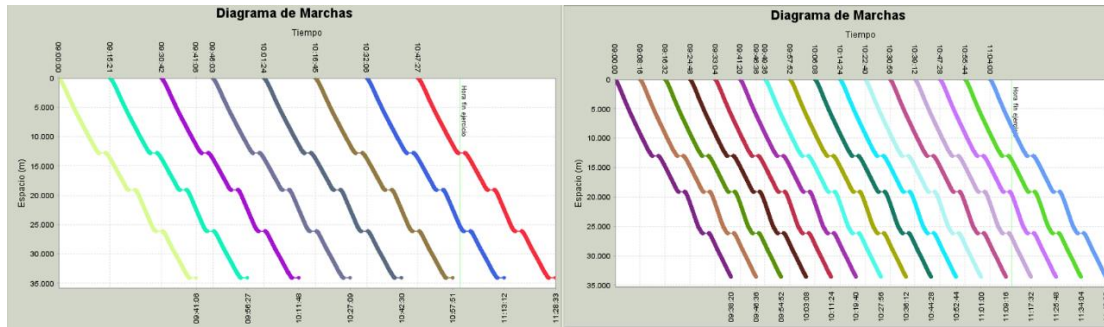


Figura 89. Diagramas de marcha de los ejercicios TMI y TSI Mamure-Ayran.

### SERVICIO DE AYRAN A MAMURE

SERVICIO AYRAN --> MAMURE - DIRECCIÓN ÚNICA					
	Nº de Servicios	Velocidad media	Velocidad máxima	Headway (min)	Tiempo del servicio (min)
<b>TMI</b>	10	65,92 km/h	80 km/h	0:13:09	0:38:57
<b>TSI</b>	13	66,99 km/h	97,27 km/h	0:09:41	0:37:17

Figura 90. Tabla comparativa de resultados de los ejercicios TMI y TSI Ayran-Mamure.

En esta ocasión, aun no siendo tan significativa la mejora de servicios en la línea, vemos como con el sistema TSI entrarían 3 servicios más en el intervalo de 09:00 a 11:00.

Una de las causas por las que la diferencia de servicios no es tan notoria como en el estudio anterior, es porque en el sistema TMI ya hay un aumento de 2 servicios respecto a la ruta de sentido opuesto. Estos 2 servicios se han obtenido gracias a que se ha bajado el “headway” debido a que el primer cantón de Ayran - Mamure es significativamente menor al de Mamure – Ayran. Al ser menor, el tren tardará menos tiempo en recorrerlo y salir de la estación para dar paso al siguiente servicio.

En este estudio también se ha aumentado la velocidad media en 1 km/h y se ha reducido el tiempo de viaje en más de 1 minuto y medio.

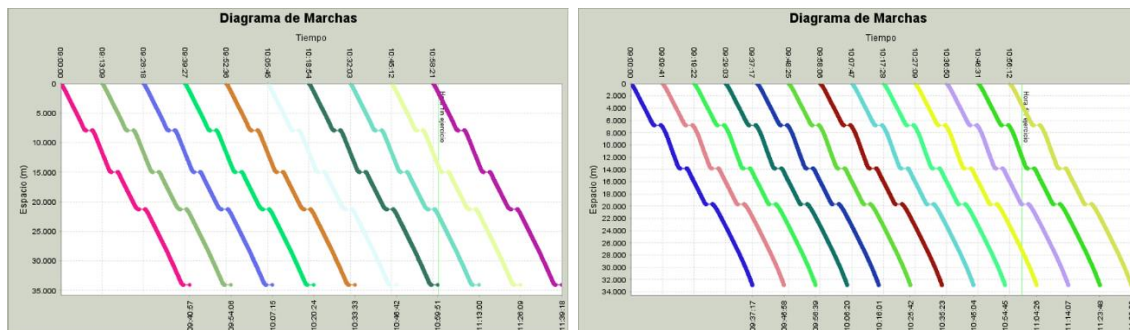


Figura 91. Diagramas de Marcha de los ejercicios TMI y TSI Mamure-Ayran.

SERVICIOS DE MAMURE A AYRAN Y DE AYRAN A MAMURE

SERVICIO MAMURE <----> AYRAN - DOS DIRECCIONES					
	Nº de Servicios	Velocidad media	Velocidad máxima	Intervalo de tiempo inicial en ambos sentidos	Tiempo del servicio (min)
<b>TMI</b>	<b>TOTAL: 9</b> IDA: 5 VUELTA: 4	IDA 65,09 km/h VUELTA 65,92 km/h	80 km/h	0:02:11	IDA 0:39:06 VUELTA 0:40:57
<b>TSI</b>	<b>TOTAL: 9</b> IDA: 5 VUELTA: 4	IDA 65,91 km/h VUELTA 67,55 km/h	IDA 95 km/h VUELTA 93,93 km/h	0:02:46	IDA 0:36:32 VUELTA 0:36:00

Figura 92. Tabla comparativa de resultados entre los ejercicios TMI combinados y los TSI combinados Mamure-Ayran.

Tras realizar el estudio de capacidad en un sentido y otro, en esta ocasión se han combinado ambos en una y otra tecnología.

Como podemos ver en la tabla ambas tecnologías proporcionan una capacidad máxima de 9 servicios en las dos horas. Teniendo prioridad el tren que comienza el servicio de Mamure a Ayran.

La ausencia de mejoría en los servicios de una tecnología y otra ocurre porque es una línea de vía única. Los trenes necesitan reservar todo el cantón/cantones de estación a estación para circular sin molestarte. Es en las estaciones donde se encontrarán y se producirán los cruzamientos para progresar de manera óptima.

El programa con el que se ha realizado el estudio no programa ni adapta los tiempos de parada, sino que los va retrasando hasta hacer coincidir el cruce de trenes por las estaciones.

Aun siendo la velocidad media superior en 1 km/h y 1.5 km/h en la ida y vuelta con sistema TSI, no es suficiente para incluir un servicio más.

Por último, comentar que dónde si se ha notado mejoría ha sido en el tiempo de viaje donde se ha llegado a reducir entre 3 y 5 minutos respecto al sistema TMI.

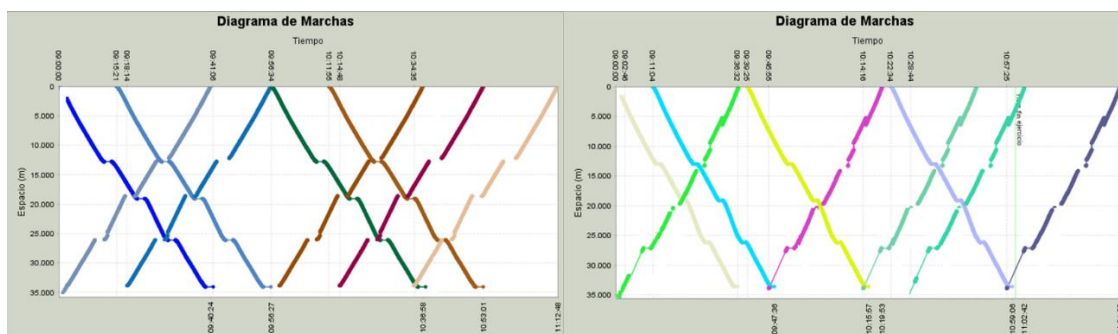


Figura 93. Diagramas de Marcha de los ejercicios TMI combinados y los TSI combinados Mamure-Ayran.

## CONCLUSIÓN

Tras realizar los estudios de capacidad en el tramo de línea Mamure - Ayran se han sacado las siguientes conclusiones:

- Para un solo sentido, el sistema TSI proporciona una mejoría muy significativa de capacidad en la línea. Llegando a doblar el número de servicios como hemos podido ver en el caso de Mamure – Ayran. Gracias a la reducción del “headway”. Los tiempos de viaje también llegan a reducirse y la velocidad media aumenta gracias a la señalización.  
Como hemos podido observar en el ejercicio Ayran – Mamure, la capacidad en el sistema TMI depende de la distancia entre estaciones o lo que es lo mismo, la longitud del cantón. Esto se debe a la necesidad de llegada de un tren a la estación para que el siguiente pueda salir.  
En cambio, la capacidad en un sistema TSI dependerá del número de cantones entre estaciones, a la distancia de los mismos y al número de señales con el que esté equipada la línea.
- Por otro lado, cuando el estudio de capacidad se realiza combinando servicios en una dirección y otra, el resultado final de capacidad no mejora implantando la tecnología TSI. Se obtienen los mismos servicios tanto en tecnología TMI como en tecnología TSI.  
Esto viene causado porque al ser vía única, la reserva de marcha en ambas tecnologías abarca de estación a estación.  
En este caso el sistema TSI tiene a su favor la reducción de los tiempos de viaje de 3 a 5 minutos respecto el sistema TMI.

Por lo tanto y para concluir este estudio, he de decir que antes de hacer una inversión en la mejora de señalización de una línea, es muy importante haber hecho un estudio de capacidad previo y saber realmente que servicios se quieren ofrecer a los pasajeros. Como hemos podido ver a lo largo de este trabajo, hay mejorías de capacidad muy favorables en ciertas ocasiones y mejorías insignificantes en otras. Por esta razón, antes de realizar una inversión se deben tener claros los objetivos y resultados de la misma.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Documentación técnica aportada por Indra.
- ✓ Planos de las estaciones aportados por el TCDD.
- ✓ Manual de usuario para la utilización del programa de diseño y capacidad con el que se ha desarrollado el presente proyecto.
- ✓ *“El mercado del sector ferroviario en Turquía”* realizado por La Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Ankara.
- ✓ *“Ferrocarriles Estatales de la República de Turquía”*- Wikipedia.
- ✓ *“Turquía, destino clave para las exportaciones ferroviarias españolas”*- Revista Vía Libre.
- ✓ *“TCDD signaling system types”* y *“CTC System”*– Trains of Turkey.
- ✓ *“TURKEY - Railway Signalization Systems”* – Tekfen Construction.
- ✓ *“Signal Crossing Prevention System (Automatic Tran Stop): KFS”* – FERSIL.
- ✓ *“Trenes de CAF en la red de alta velocidad de Turquía”* – Revista Vía Libre.
- ✓ *“Diez trenes Velaro más para los ferrocarriles turcos”* - Revista Vía Libre.
- ✓ *“Alta velocidad Ankara-Estambul”* - INECO