



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

---

Propuesta para la explotación y optimización del consumo energético de la línea 10 de Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana en Valencia.

---

*Presentado por*

Vergara Alvarez, Miguel Eduardo

---

*Para la obtención del*

Máster Universitario en Transporte, Territorio y Urbanismo

*Curso: 2019/2020*

*Fecha: 1 de diciembre del 2020*

*Tutor: Villalba Sanchis, Ignacio*



**“PROPUESTA PARA LA EXPLOTACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL  
CONSUMO ENERGÉTICO DE LA LÍNEA 10 DE FERROCARRILS  
DE LA GENERALITAT VALENCIANA EN VALENCIA”.**

**Vergara Alvarez, Miguel Eduardo**

A mi familia, a los cuales  
siempre tengo presente, mucho  
más a pesar de la distancia.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a los maestros por su tiempo, paciencia y enseñanzas para formarnos. A los amigos por ayudarnos en los momentos que más lo necesitamos, por estar en el día a día en este trayecto. Al Politécnico por ser una institución que constantemente se preocupa por formar profesionales que impulsen al progreso de la sociedad. A Valencia por acogernos y maravillarnos con sus encantos. A nuestras familias por ser siempre un apoyo, a pesar de la distancia. Gracias a Dios por permitirnos vivir esta experiencia.

## **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo es la propuesta del plan de explotación y optimización del consumo energético en trenes metropolitanos de la red de FGV en la ciudad de Valencia, aplicado a la nueva línea 10 que se pondrá en servicio en el año 2021.

Para ello se analizará en detalle la nueva línea, con el objetivo de plantear un plan de explotación acorde con la demanda esperada y reorganizar el transporte público en superficie. Además, se elaborarán una serie de modelos de consumo energético, calibrados y validados con datos reales, los cuales permitirán analizar cuáles son los factores que intervienen en el balance final energético y determinar la energía consumida durante un determinado trayecto. A través de estos modelos será posible plantear diferentes escenarios y simular la energía consumida en dichas condiciones.

## **ABSTRACT**

The objective of this work is the proposal of the exploitation plan and net energy consumption optimization in the new line 10 of Metrovalencia, which will be put into service in the year 2021.

For this, the new line will be analyzed in detail, proposing an exploitation plan in accordance with the expected demand and reorganizing the surface public transport. In addition, a series of energy consumption models will be developed, calibrated and validated with real data, which will allow to analyze the factors involved in the final energy balance and determine the energy consumed during a certain path. Through these models it will be possible to propose different scenarios and simulate the energy consumed in these conditions.

# INDICE GENERAL

1. Introducción y Objetivos .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Objetivos .....	2
2. Explotación Ferroviaria .....	3
2.1. Seguridad .....	3
2.2. Señalización .....	5
2.2.1 Bloqueos Manuales .....	6
2.2.2 Bloqueos Automáticos.....	6
2.3. Características de las líneas y estaciones de un servicio ferroviario metropolitano .....	7
2.3.1 Línea de Vía Única .....	7
2.3.2 Línea Doble .....	7
2.3.3 Estaciones .....	8
2.3.4 Intercambiadores .....	9
2.4. Dinámica de las Circulaciones y programación.....	12
2.5. Sistema de ayuda a la conducción .....	14
2.5.1 Hombre muerto.....	14
2.5.2 Sistema de Repetición de Señales .....	14
2.5.3 Sistema de Repetición de Señales y Frenado Automático .....	14
2.5.4 Conducción Automática (ATO) .....	15
2.6. Operación Ferroviaria .....	16
2.7. Control del Tráfico.....	18
3. Línea 10 de Metrovalencia .....	19
3.1. Proyecto inicial Línea T2.....	19
3.2. Paralización de las Obras .....	22
3.3. Recuperación del Proyecto .....	25
3.4. Obras en 2 fases: .....	26
3.5. Obras en una sola fase: .....	28
3.6. Trazado .....	30
3.7. Futuras conexiones .....	31
4. Propuesta de explotación y consumo energético .....	33
4.1. Frecuencia del Servicio de líneas de Metrovalencia.....	33
4.2. Explotación de la Línea 10 de Metrovalencia .....	35

4.3. Modelo de Consumo Energético.....	38
4.4. Relación con el servicio de autobuses de la EMT .....	40
5. Conclusiones.....	43
6. Bibliografía.....	46
7. ANEXO I – radios de curvaturas.....	49
7.1. Vía Derecha .....	49
7.2. Vía Izquierda.....	51
8. ANEXO II – pendientes .....	53
8.1. Vía Derecha .....	53
8.2. Vía Izquierda.....	54
9. ANEXO III – FOTOS DEL RECORRIDO.....	55
10. ANEXO IV – TRAZADO DE LA LÍNEA 10 .....	60
11. ANEXO V – OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS). .....	61

## **Listado de Figuras**

Figura 1.1: Esquema de la futura línea 10 de Metrovalencia. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana .....	2
Figura 2.1: Niveles de Riesgo. Fuente: ETSICCP Transportes.....	5
Figura 2.2: Circulación de trenes en diferentes cantones. Fuente: ETSICCP Transportes .....	6
Figura 2.3: Configuración de un tramo de línea en vía única, con 2 estaciones, A y B, donde se posibilita el cruce de trenes. Fuente: R. Sánchez. ....	7
Figura 2.4: Configuración de un tramo de línea en vía doble, con estación A y B. Fuente: R. Sánchez. ....	8
Figura 2.5: Estación Alameda en Valencia, con 3 andenes. Fuente A. Guillaumes.....	8
Figura 2.6: Estación Montenapoleone en Milán, con distintos niveles. Fuente A. Guillaumes.....	9
Figura 2.7: Estación Lotto en Milán. Fuente A. Guillaumes.....	10
Figura 2.8: Estación Colombia en Madrid. Fuente A. Guillaumes. ....	11
Figura 2.9: Estación Garibaldi FS en Milán. Fuente A. Guillaumes.....	11
Figura 2.10: Gráfico: Malla de explotación desde Shrewsbury a Aberystwyth en Gales. (D. Plimmer).....	12
Figura 2.11: Malla de Explotación entre Maritim-Serrería y Aeroport en Valencia. (R. Sánchez).....	13
Figura 2.12: Baliza ASFA en la vía de Estación Novelda-Aspe, provincia de Alicante. (S. Martínez).....	15
Figura 2.13: Esquema de los Grados de Automatización. Fuente: Unión Internacional de Transporte Público. Fuente: UITP.....	16
Figura 2.14: Gráfico: Carril de reversa en una línea de metro. (P. Connor) .....	17

Figura 3.1: Esquema actual y futuras ampliaciones de Metrovalencia Fuente: UrbanRail .....	19
Figura 3.2: Ampliaciones previstas en Metrovalencia dentro del Plan de Infraestructuras Estratégicas 2004-2010. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana. ....	20
Figura 3.3: Trazado de la línea T2 de Metrovalencia a diciembre 2010. Fuente: Entrén. ....	22
Figura 3.4: Intersección de la avenida Antonio Ferrandis con la Avenida Amado Granell, donde se observa que no existe tendido ferroviario en el cruce. Fuente: Elaboración Propia. ....	23
Figura 3.5: Zona de rieles de la línea 10 usada como aparcamiento en la Calle General Urrutia (hoy Amado Granell) mientras permanecían abandonadas las obras. Fuente: Valencia Extra .....	24
Figura 3.6: Tramo abandonado de la futura línea 10. Fuente: Diario Las Provincias....	25
Figura 3.7: Primeras obras de la línea 10 retomadas hacia el final de la Avenida Amado Granell. Fuente: 20 Minutos.....	28
Figura 3.8: Trabajos de la Línea 10 en la Calle Alicante en agosto del 2020. Fuente: Horta Noticias.....	29
Figura 3.9: Esquema de una de las paradas en superficie de la Línea 10. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana. ....	31
Figura 3.10: Pasarelas mecánicas en la Estación de metro Lambrate FS, en Milán, Italia. Fuente: Google Imágenes. ....	32
Figura 3.11: Esquema de las futuras ampliaciones de la línea 10. Fuente: 20 Minutos. ....	32
Figura 4.1: Horarios de circulaciones partiendo de la Estación Tossal del Rei hacia Maritim – Serreria. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana. ....	33
Figura 4.2: Tranvía saliendo de la Estación de Maritim-Serrería. Fuente: Elaboración propia. ....	34
Figura 4.3: Horarios de circulaciones entre las estaciones de Primat Reig y Tarongers de la Línea 4 y 6. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana. ....	34
Figura 4.4: Panorámica de los rieles de Línea 10, el Oceanogràfic y la Ciudad de las Artes y Las Ciencias. Fuente: Elaboración propia. ....	35
Figura 4.5: Se visualizan las primeras circulaciones para la situación en días laborables, donde los trenes salen cada 15 minutos de las estaciones. Las circulaciones pares realizan el recorrido Alacant – Natzaret en color azul y las circulaciones impares el sentido contrario Natzaret – Alacant en color verde. Fuente: Elaboración propia.....	36
Figura 4.6: Se visualizan las circulaciones en horario de la tarde para la situación en días laborables, donde los trenes salen cada 10 minutos de las estaciones. Las circulaciones pares realizan el recorrido Alacant – Natzaret en color azul y las circulaciones impares el sentido contrario Natzaret – Alacant en color verde. Fuente: Elaboración propia. ....	36
Figura 4.7: Se visualizan las circulaciones para la situación en sábados y festivos, donde los trenes salen cada 15 minutos de las estaciones. Las circulaciones pares realizan el recorrido Alacant – Natzaret en color azul y las circulaciones impares el sentido contrario Natzaret – Alacant en color verde. Fuente: Elaboración propia. ....	37
Figura 4.8: Consumo energético en función del tiempo de viaje. Fuente: I. Villalba. ....	38
Figura 4.9: Recorrido de la Línea 35 de buses. Fuente: Empresa Municipal de Transportes de Valencia S.A.U. ....	40
Figura 4.10: Recorrido de la Línea 95 de buses. Fuente: Empresa Municipal de Transportes de Valencia S.A.U. ....	41

Figura 4.11: Recorrido de las Líneas 4, 14 y 30 de buses. Fuente: Empresa Municipal de Transportes de Valencia S.A.U. ....	42
Figura 5.1: Estación de Valenbisi fuera de lo que será la Estación Amado Granell a junio 2020. Fuente: Elaboración propia. ....	43
Figura 5.2: Radios de curvatura, 52 metros, en el trazado de la Línea 10. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana .....	44
Figura 5.3: La Estació del Nord, principal estación ferroviaria de Valencia, estará comunicada en un futuro a la Estación Alacant de la Línea 10 de Metrovalencia por medio de una pasarela mecánica. Elaboración propia .....	45

### Listado de Tablas

Tabla 2.1: Frecuencias de accidentes. Fuente: ETSICCP Transportes.....	4
Tabla 2.2: Consecuencias de accidentes. Fuente: ETSICCP Transportes. ....	4
Tabla 3.1: Información de la Licitación de Estudios. Fuente: Vía Libre. ....	26
Tabla 3.2: Datos la línea 10 desde la calle Alicante a Nazaret. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana .....	30
Tabla 3.3: Ubicación de la estación de la Línea 10 de Metrovalencia. Fuente: Elaboración propia.....	30
Tabla 4.1: Tiempo de viaje siendo el origen la Estación Alacant. Fuente: Elaboración propia.....	37
Tabla 4.2: Tiempo de viaje siendo el origen la Estación Natzaret. Fuente: Elaboración propia.....	38
Tabla 4.3: Consumo Izquierda – Derecha. Fuente: Elaboración propia.....	39
Tabla 4.4: Consumo Ida y Vuelta en el Lado Izquierdo. Fuente: Elaboración propia. ...	39



# 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

## 1.1. Introducción

La línea 10 del Metro de Valencia, anteriormente conocida como Línea T2 antes del cambio de nomenclaturas de las líneas de toda la red en 2018, nació como proyecto para unir el norte de la ciudad, precisamente el barrio de Torrefiel, con el barrio de Nazaret, en el sureste, cruzando por importantes sitios de atracción como la Ciudad de las Artes y las Ciencias o la Ciudad de la Justicia pasando por el centro de la ciudad.

Las obras comenzaron en el 2006, donde se ejecutó el tramo de túnel desde la calle Alicante hasta la avenida Hermanos Maristas y su continuidad en superficie hasta Nazaret, pero fueron interrumpidas en 2011 debido a la falta de presupuesto. Incluso debajo del Mercado Central se realizó una estación, esto ya en el centro de la ciudad.

Con el paso de los años estas infraestructuras se han deteriorado, por lo que con la inyección económica que pudo conseguir la Generalitat Valenciana con Fondos de la Unión Europea, se podrán terminar los trabajos de esta línea, incluidos la reconstrucción de lo que se ha estropeado a través del tiempo.

Las obras se retomaron por partes, siendo el equipamiento y la arquitectura de las estaciones la de mayor costo, presupuestada en más de la mitad del valor total que ascendía a los 50 millones de euros. La línea una vez completada tendrá una longitud total de 5,3 kilómetros desde el centro de la ciudad hasta el barrio de Nazaret.

Además de este tramo se piensan realizar futuros enlaces a partir de esta. La primera es la que uniría el centro de la ciudad desde la calle Alicante, hasta el Hospital La Fe, que compartiría vía con la línea 10 hasta la avenida Amado Granell. También una ampliación que avance por el centro conectando con la Plaza del Ayuntamiento y el Mercado Central. Por último, también se proyecta en que el tramo que llega a Nazaret se una con la Línea 8 que llega hasta la Marina de Valencia, uniendo así la Línea 10 con toda la red de Metrovalencia por el Puerto.

Es importante que se busque la mejor manera para explotar esta nueva línea de metro, para lograr un buen servicio al usuario, el principal beneficiado del funcionamiento de la línea y a su vez intentar reducir el consumo de emisiones para proteger el medio ambiente.



Figura 1.1: Esquema de la futura línea 10 de Metrovalencia. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana

## 1.2. Objetivos

Se plantean los siguientes objetivos:

1. Obtener los conceptos que se requieren para una explotación ferroviaria.
2. Con base en el tipo de explotación que usa Metrovalencia, establecer un modelo de explotación para la línea 10 del sistema.
3. Encontrar en función del trazado y la velocidad, el mejor servicio en términos de eficiencia energética.
4. Combinar el servicio de la línea 10 con el servicio de autobuses de la EMT.

Con este trabajo se quiere dar forma al servicio de la nueva línea 10 de Metrovalencia de la manera más eficiente posible, esto es, el modo de que use la menor energía posible, cumpliendo con las condicionantes de la explotación ferroviaria a la que está sometida. También se desea complementar a la línea con los recorridos de buses de la EMT, cambiando los recorridos de estos, de ser necesario, a fin de que el usuario sea el principal beneficiado.

## 2. EXPLOTACIÓN FERROVIARIA

### 2.1. Seguridad

Existen tendencias actuales en cuanto a la seguridad se refiere entre las cuales se destaca:

- Aplicación de RAMS: son las siglas de Reliability, Availability, Maintainability, Safety, que significan respectivamente:

#### Fiabilidad

- Brindar los servicios como fueron especificados.

#### Mantenibilidad

- Capacidad de reparar el sistema en un cierto tiempo.

#### Disponibilidad

- Brindar los servicios cuando son requeridos.

#### Seguridad

- Funcionar sin fallos catastróficos.

- Sistemas Fail Safe: operan de manera segura cuando ocurre un fallo.
- Redundancia: se trata de alertar al sistema en caso de que no coincidan las indicaciones de los componentes que se encuentren redundantes o repetidos.
- Capacitaciones: instruir a los trabajadores para que estén listos para prevenir accidentes y saber actuar en caso de que ocurran.

Para cuantificar la seguridad se recurre a 2 escalas, que están basadas en la frecuencia con la que ocurren los accidentes y la gravedad de los daños que producen estos.

En las siguientes tablas se explican cada uno de los niveles:

Tabla 2.1: Frecuencias de accidentes. Fuente: ETSICCP Transportes.

	Categoría	Descripción	P
6	Frecuente	Es probable que ocurra con frecuencia. El peligro se experimentará continuamente.	> 1 en tres meses
5	Probable	Se dará varias veces. Puede esperarse que el peligro ocurra con frecuencia.	De 1 en tres meses a 1 al año
4	Ocasional	Es probable que se dé varias veces. Puede esperarse que el peligro ocurra varias veces. O bien, ha ocurrido varias veces en FGV.	De 1 al año a 1 en 4 años
3	Remota	Es probable que se dé alguna vez en la vida del sistema. Puede razonablemente esperarse que el peligro ocurra. O bien, ha ocurrido alguna vez en FGV.	De 1 en 4 años a 1 en 10 años
2	Improbable	Es improbable aunque posible que ocurra. Puede suponerse que el peligro ocurrirá excepcionalmente. Se conoce algún caso en el mundo ferroviario.	De 1 en 10 años a 1 en 35 años
1	Increible ("improbable en extremo")	Es extremadamente improbable que ocurra. Puede suponerse que el peligro pueda no ocurrir.	Mayor de 35 años

Tabla 2.2: Consecuencias de accidentes. Fuente: ETSICCP Transportes.

	Nivel	Consecuencias
4	Catastrófico	Victimas mortales, y/o múltiples heridas graves y/o daños importantes al medio ambiente.
3	Muy grave	1 sola víctima mortal y/o varios heridos grave, daños señalados al medio ambiente
2	Grave	1 herido grave y/o varios heridos leves y/o peligro señalado al medio ambiente
1	Menor	Posible herida menor

A partir de esto, se obtiene una matriz

$$Riesgo = Frecuencias \times Consecuencias$$

De esta matriz notamos los niveles de riesgo en función de que tan frecuente ocurra un accidente y que tan grave pueda llegar a ser este. Si los accidentes son de menor gravedad y ocurre con poca frecuencia o es improbable que ocurran, el riesgo prácticamente es despreciable, mientras que, si el accidente es frecuente o tiene una mayor gravedad, es un escenario que se debe evitar y solucionar.

FRECUENCIA DE OCURRENCIA	NIVELES DE RIESGO			
	FRECUENTE	7 No deseable		
PROBABLE	6 Tolerable	7 No deseable		
OCASIONAL	5 Tolerable	6 No deseable	7 No deseable	
REMOTA	4 Despreciable	5 Tolerable	6 No deseable	7 No deseable
IMPROBABLE	3 Despreciable	4 Despreciable	5 Tolerable	6 Tolerable
INCRÉIBLE	2 Despreciable	3 Despreciable	4 Despreciable	5 Insignificante
<b>NIVELES DE GRAVEDAD</b>	<b>Menor</b> <i>Insignificante</i>	<b>Grave</b> <i>Marginal</i>	<b>Muy Grave</b> <i>Crítico</i>	<b>Catastrófico</b>

Figura 2.1: Niveles de Riesgo. Fuente: ETSICCP Transportes

## 2.2. Señalización

Para que la actividad ferroviaria fluya de una manera segura para todos, será necesario tener al alcance bloqueos que permitan tener un funcionamiento óptimo, los cuales pueden ser tanto manuales como eléctricos. Además de la seguridad, los bloqueos también buscan aumentar la capacidad y la velocidad, así como una regularidad en la circulación ferroviaria.

Antes de explicar cada uno de ellos, es importante tener claro que un cantón es el espacio entre dos señales de bloqueo, las cuales se pueden ubicar en las estaciones o en cualquier lugar de la vía. Por los cantones no pueden circular más de un tren, por lo que la distancia mínima entre trenes será precisamente un cantón. Esta distancia puede ser variable y dependerá del tipo de bloqueo. Para sistemas urbanos, los cantones deberán tener una longitud más corta de otros sistemas, a fin de que las frecuencias sean más fluidas.

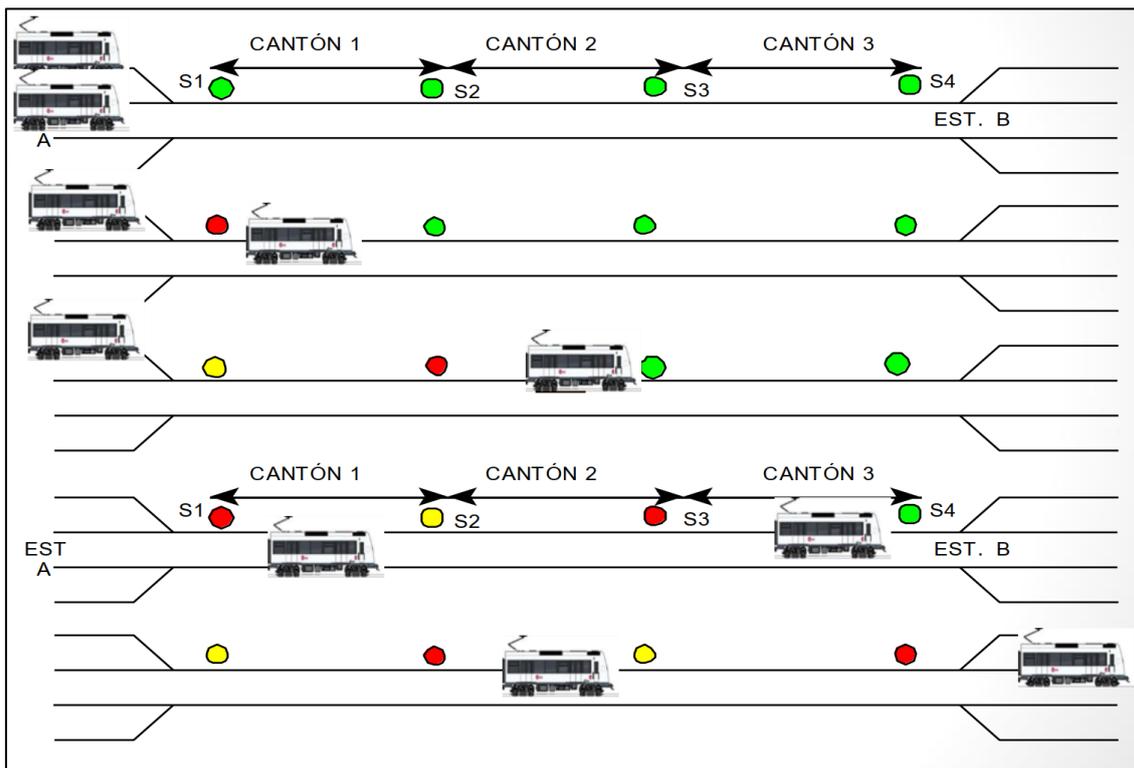


Figura 2.2: Circulación de trenes en diferentes cantones. Fuente: ETSICCP Transportes

### 2.2.1 Bloqueos Manuales

**Bloqueo Telefónico:** Los responsables de las estaciones contiguas son los que se encargan de avisar al tren cuando puede entrar al cantón, estas notificaciones se realizan vía telefónica. Entre ambos responsables se comprueba que el cantón está vacío, libre de toda circulación, para que así el tren pueda ingresar. De la misma manera, mientras este tren no salga del cantón, es decir, mientras no llegue a la estación siguiente, los responsables de la circulación no darán paso a otro tren.

A pesar de que no deja de ser un sistema seguro, en la actualidad se busca actualizar este sistema hacia otros automáticos, debido a la dependencia del factor humano. En España, Adif tiene cerca de 3000 kilómetros de vía con este tipo de bloqueo. (Adif )

**Bloqueo Eléctrico:** El sistema de bloqueo eléctrico tiene un funcionamiento similar con el bloqueo telefónico con la diferencia de que la comunicación entre estaciones se realiza mediante paneles eléctricos, que permiten mayor rapidez que la comunicación telefónica.

El Reglamento de Circulación Ferroviaria indica que el bloqueo se puede realizar por dos sistemas: de petición y concesión, o por toma eléctrica de la vía. También menciona que en caso de que ocurra alguna anomalía, se utilizará el bloqueo telefónico en los cantones que se requieran.

### 2.2.2 Bloqueos Automáticos

La principal ventaja de este tipo de bloqueo es que se puede dividir el tramo entre estaciones en varios cantones, lo cual ayuda a que puedan circular varios trenes entre dos estaciones cualquiera al mismo tiempo. Los operadores pueden guiar el sistema desde una de las estaciones o desde un Puesto Central.

Existen varios tipos de bloqueos automáticos, según la vía por donde circulen los trenes, por lo que se tiene bloqueo automático de vía única, de vía doble y de vías banalizadas. A medida que un tren va abandonando un cantón, el siguiente tren puede avanzar.

**Bloqueo Automático en Vía Única:** el tren está seguro mediante las señales que se encuentran en el sentido contrario hasta la siguiente estación. Mientras que, en el mismo sentido, está protegido por la señal que el tren ha cruzado y que establece parada.

**Bloqueo Automático en Vía Doble:** en este tipo de bloqueo el tren está protegido por la señal de parada que ha cruzado previamente, además de los circuitos de vía en tramos donde estos puedan proteger. Hacia adelante, está seguro por las condiciones de circulación.

### 2.3. Características de las líneas y estaciones de un servicio ferroviario metropolitano

En el apartado de líneas de ámbito metropolitano se pueden mencionar las líneas únicas y las vías dobles, existiendo ambas en Valencia, por ejemplo. En cuanto a las estaciones de los servicios de Metro, se analizará las diferencias entre estaciones a nivel y desnivel, así como también estaciones que son intercambiadores y sus clasificaciones.

#### 2.3.1 Línea de Vía Única

Este tipo de vía se lo utiliza en zonas metropolitanas donde la demanda no sea tan alta, logrando que se realice la explotación de ambos sentidos de la línea en una sola vía. Con esto se economiza los costes de construcción de la línea comparándola con las de vía doble.

Así mismo, serán importantes las estaciones en este tipo de líneas, dependiendo esto de las frecuencias que se necesiten y del material rodante que transite por la vía. Es precisamente en ellas donde se producen los adelantamientos en el mismo sentido y las intersecciones de trenes entre ambos sentidos.

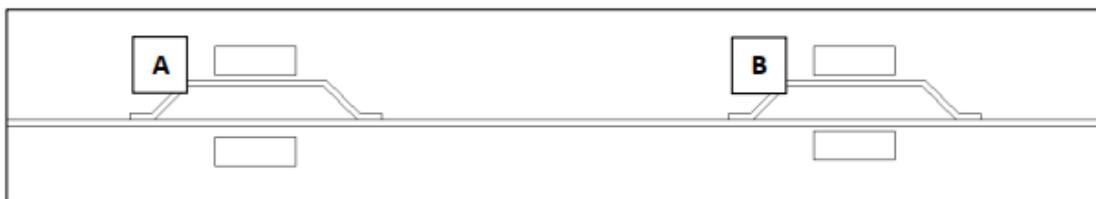


Figura 2.3: Configuración de un tramo de línea en vía única, con 2 estaciones, A y B, donde se posibilita el cruce de trenes. Fuente: R. Sánchez.

En Valencia este tipo de se encuentra en el área metropolitana, fuera de la ciudad, donde los tiempos de espera son más altos debido a la demanda. Se puede nombrar a la Línea 1 hacia Bétera o la Línea 2 hacia Lliria como ejemplos.

#### 2.3.2 Línea Doble

En este tipo, se tiene una vía para cada dirección de circulación. Con esta configuración se puede tener frecuencias muy cortas, enviando trenes uno tras de otro, de ser necesario, ayudando a gestionar grandes demandas de pasajeros.

En las vías dobles existen también las vías banalizadas, donde un tren puede desviarse para pasar de una vía a otra, logrando así que puedan circular de manera paralela 2 trenes, situación que se puede necesitar en caso de circulaciones extraordinarias que se necesite desfogar una alta demanda de usuarios.

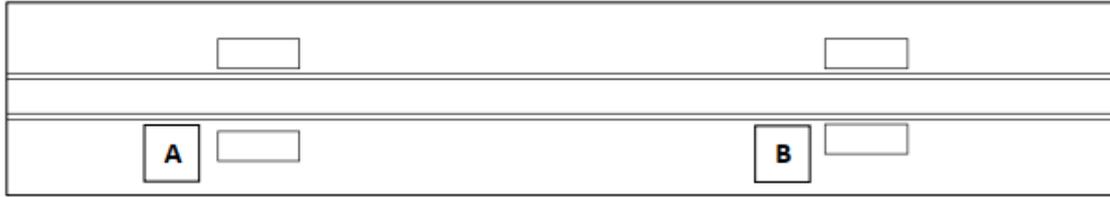


Figura 2.4: Configuración de un tramo de línea en vía doble, con estación A y B. Fuente: R. Sánchez.

También ayuda en casos de mantenimiento de una de las vías, así el sistema funcionaría como uno de vía única, mientras se termina de reparar la vía cerrada.

### 2.3.3 Estaciones

Desde el punto de vista geométrico, se pueden dividir a las estaciones de servicios ferroviarios metropolitanos entre las que presentan sus servicios al mismo nivel, y las que se estructuran a diferentes niveles.

#### Estaciones a nivel

En este tipo de estaciones, las vías y andenes están ubicadas a un mismo nivel. Por lo general, este tipo de estaciones reciben una sola línea, aunque si hay casos en que pueden circular varias líneas en el mismo nivel, como en Valencia.

Los andenes pueden variar su distribución pudiendo estar a los extremos de las vías o en medio de ellas, situación que se mencionará en la sección de Intercambiadores. La Estación de Alameda en Valencia, combina ambos tipos de distribución, con 3 andenes, 2 laterales y uno central. (Guillaumes, 2020)

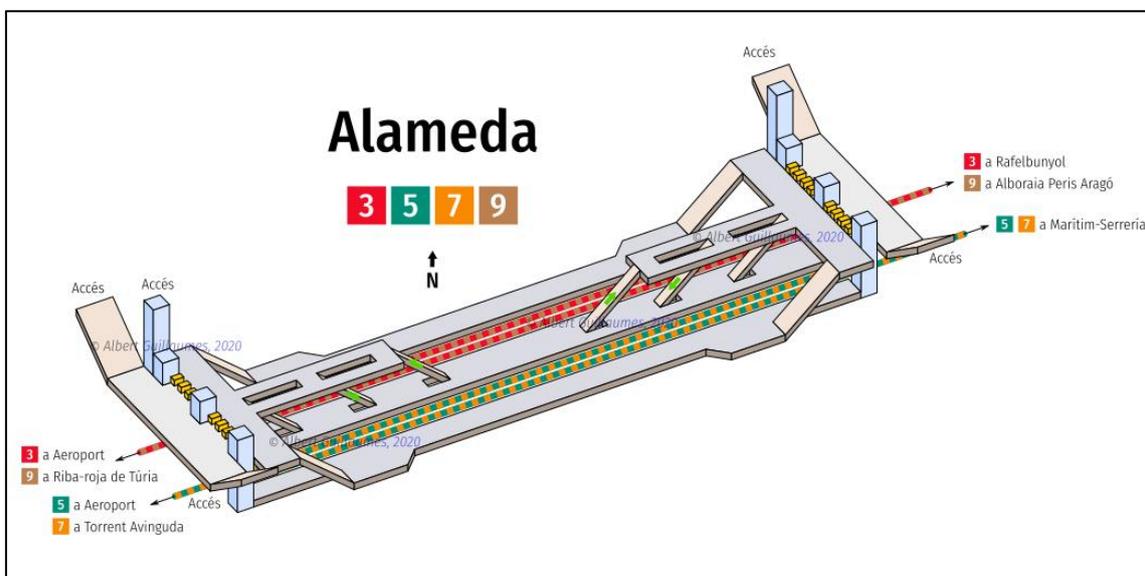


Figura 2.5: Estación Alameda en Valencia, con 3 andenes. Fuente A. Guillaumes.

#### Estaciones a desnivel

Este tipo de estaciones tienen distintos niveles para distribuir las líneas que circulan por estas, permitiendo al usuario el intercambio entre estas líneas y sin ocupar grandes extensiones. Se debe cuidar que no tome mucho tiempo el realizar el intercambio entre líneas, ya que esto perjudica al usuario.

Hay casos en que solamente circula una línea por la estación, pero tiene distintos niveles para ambos sentidos de la línea, como es el caso de varias estaciones de la línea 3 del Metro de Milán.

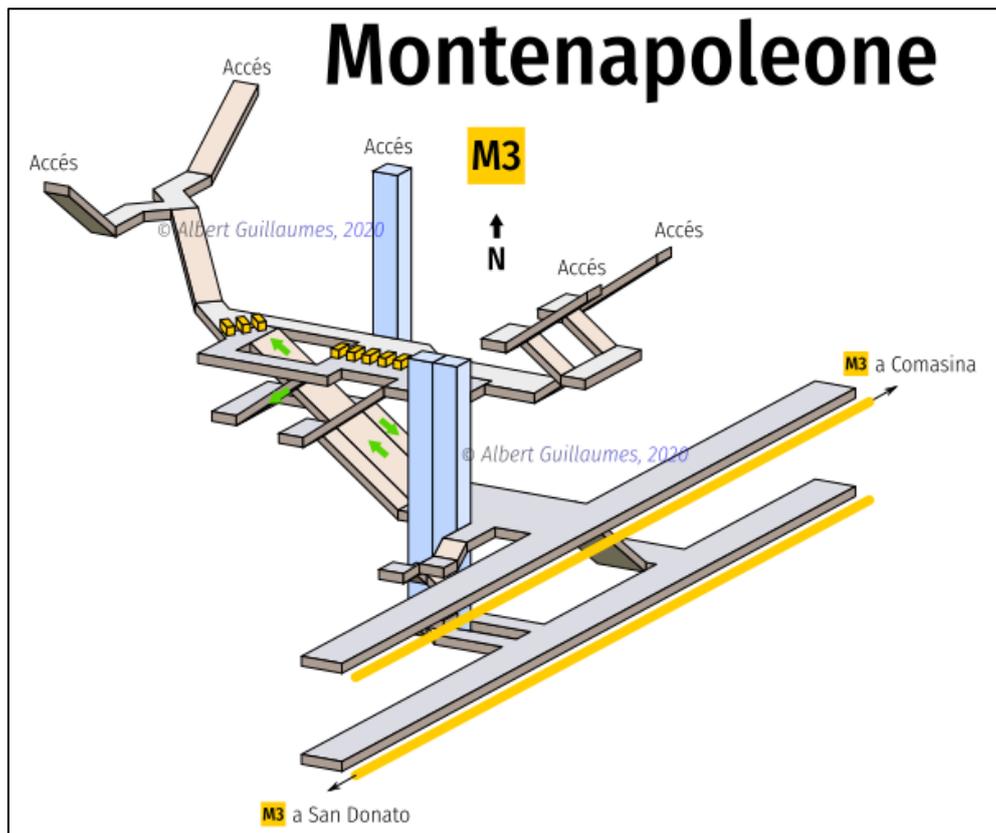


Figura 2.6: Estación Montenapoleone en Milán, con distintos niveles. Fuente A. Guillaumes.

### 2.3.4 Intercambiadores

Es importante lograr una óptima configuración de la estación para que al usuario le tome el menor tiempo posible en los trasbordos que tenga que realizar en las estaciones.

#### Trasbordos largos

Hay estaciones en que, por su entorno o factores económicos, entre otros, los tiempos de trasbordo son largos y al usuario le toma varios minutos el tomar el siguiente tren. En la estación puede circular una línea desde hace ya varios años, y al momento de construir una nueva puede que se ubique a varios metros de los andenes de la primera línea.

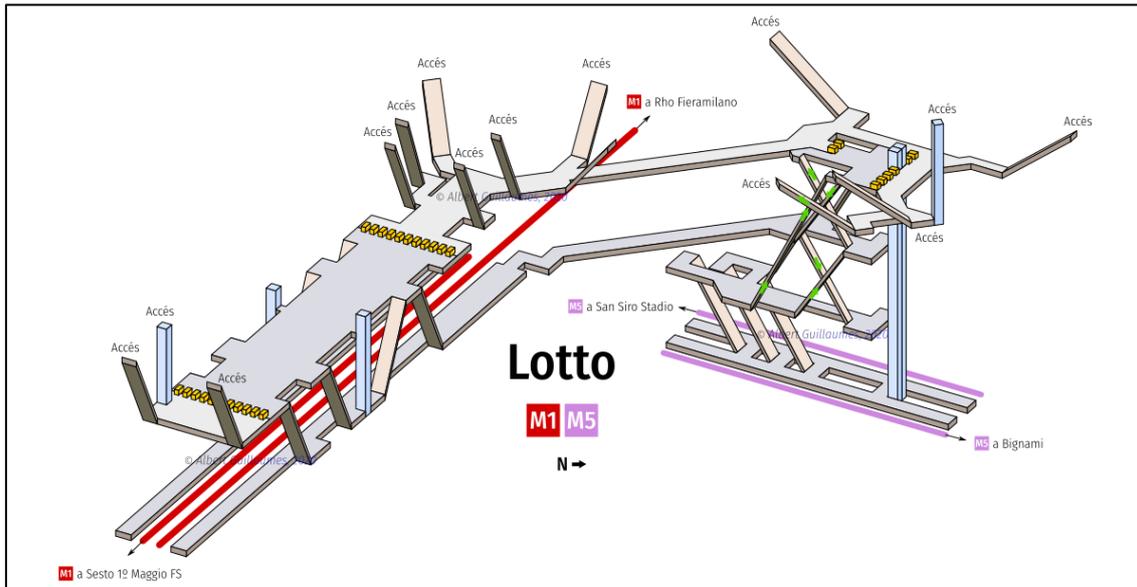


Figura 2.7: Estación Lotto en Milán. Fuente A. Guillaumes.

Además, también pueden existir desfases de altura entre los andenes de varias líneas, provocando que el tiempo que se tome el usuario en subir y bajar se extienda más de la cuenta. Un ejemplo de esto puede ser la Estación de Lotto en Milán, con los andenes de la línea 1 (roja) inaugurados en 1964 y los de la línea 5 que fueron abiertos más recientemente en 2015. La línea 5 está a unos 8 a 10 metros bajo la línea 1, y a unos 25 a 28 metros de profundidad, además los andenes están separados por un largo túnel bajo las calles de Milán. (Delucchi, 2014)

### Trasbordos cortos

Estos se logran con una planificación óptima de la red, tomando en cuenta su configuración al momento de realizar las estaciones. Existen estaciones que poseen un andén central y las vías a los costados, pudiendo cruzar varias líneas por estas, de esta manera el cambio es ágil desde el mismo andén o cruzando las vías por pasos elevados o subterráneos.

En la estación Colombia del Metro de Madrid ocurre que las vías que cruzan la estación son perpendiculares entre sí, evitando que los usuarios recorran distancias largas y que a su vez pueden realizar los intercambios subiendo o bajando el desnivel inmediatamente desde las escaleras. (Guillaumes, 2020)

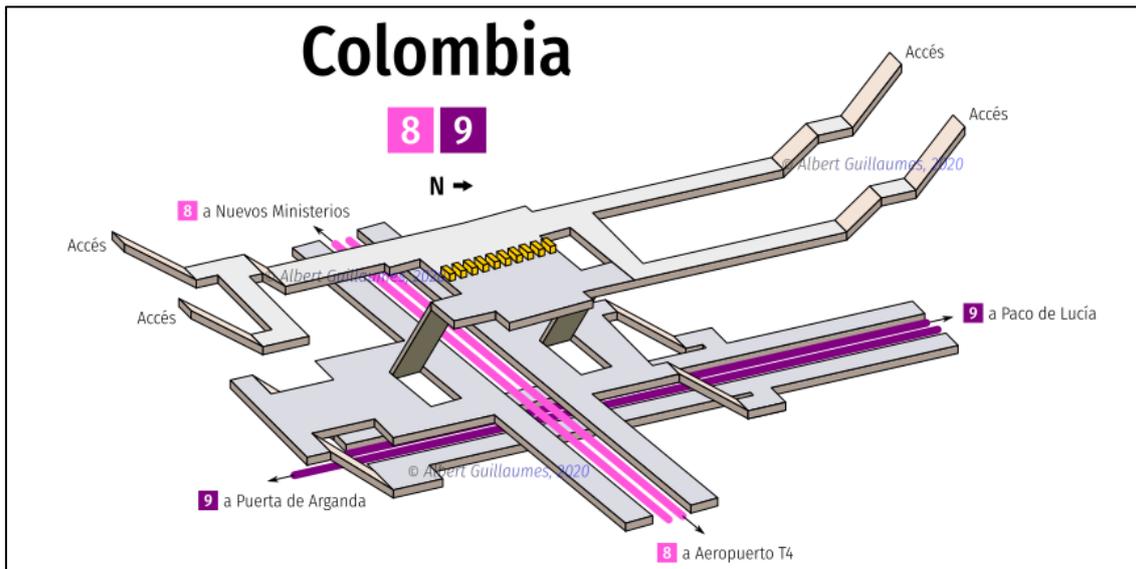


Figura 2.8: Estación Colombia en Madrid. Fuente A. Guillaumes.

### Macro intercambiadores

Existen estaciones que combinan varios servicios de transportes, desde líneas de metro y tranvías en ámbito urbano, a los trenes de cercanías o trenes regionales y de alta velocidad, haciendo de estos un centro de atracción de viajeros de toda un área metropolitana e incluso toda una región. Esta configuración de estaciones, debido a su alto movimiento de pasajeros, son proclives a colocar negocios comerciales en ellas, como la estación de Milano Centrale, que tiene negocios de cafeterías en la estación de Metro, además de varios locales comerciales en la Estación Ferroviaria. (Guillaumes, 2020)

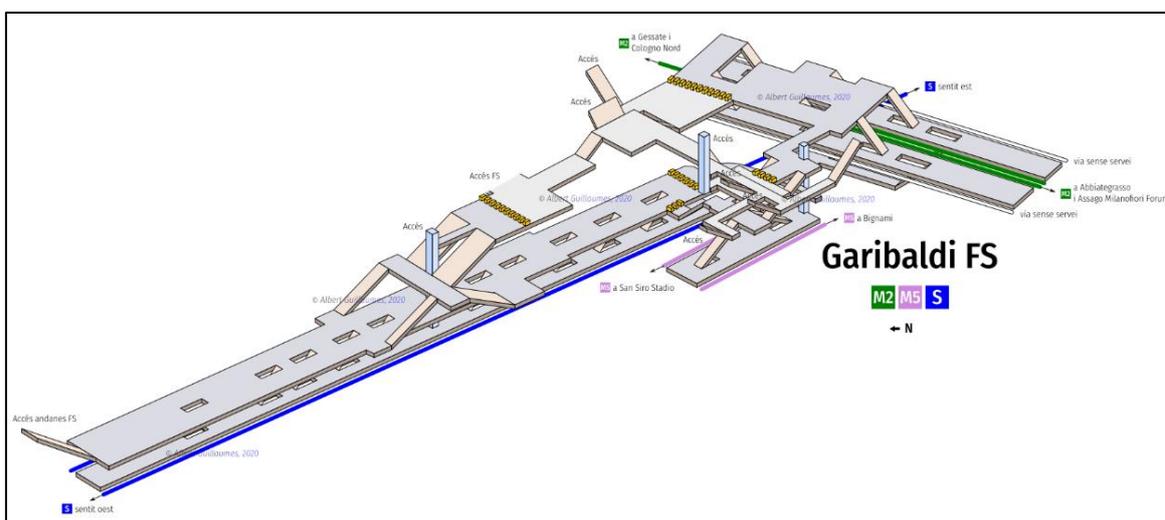


Figura 2.9: Estación Garibaldi FS en Milán. Fuente A. Guillaumes.

En la imagen se observa la Estación de Garibaldi en Milán, la cual reúne servicios tanto de Metro, con la línea 2 y la línea 5, como de ‘passante ferroviario’ (trenes de cercanías) con 6 líneas que circulan por la estación. A esto se le agrega los tranvías que están en la superficie y los trenes regionales nacionales e internacionales en la Estación de Milano Porta Garibaldi, propiedad de la Rete Ferroviaria Italiana (RFI)

## 2.4. Dinámica de las Circulaciones y programación

Para mostrar las circulaciones de los trenes se usan las mallas de explotación o gráficos de marcha, como también se los conoce, los cuales son una representación de los viajes de los trenes a lo largo de la jornada de trabajo, que puede variar dependiendo de hasta qué hora dure el servicio o presentándolo en un formato de 24 horas. Con las mallas de explotación se programa dónde estarán los trenes en cada momento de su trayecto.

Para la siguiente gráfica, del servicio de trenes desde Shrewsbury a Aberystwyth en Gales (Plimmer, 2019), se tienen 2 ejes, en el eje horizontal se tienen los horarios a los que se realiza el servicio y en el eje vertical las estaciones por las que circulan los trenes. Las líneas de colores representan cada tren y en la parte superior de cada uno se observa el código que le corresponde a ese tren. Las líneas horizontales de los trenes muestran que el tren estará detenido por el período de tiempo que represente la línea horizontal, en aquella estación o taller.

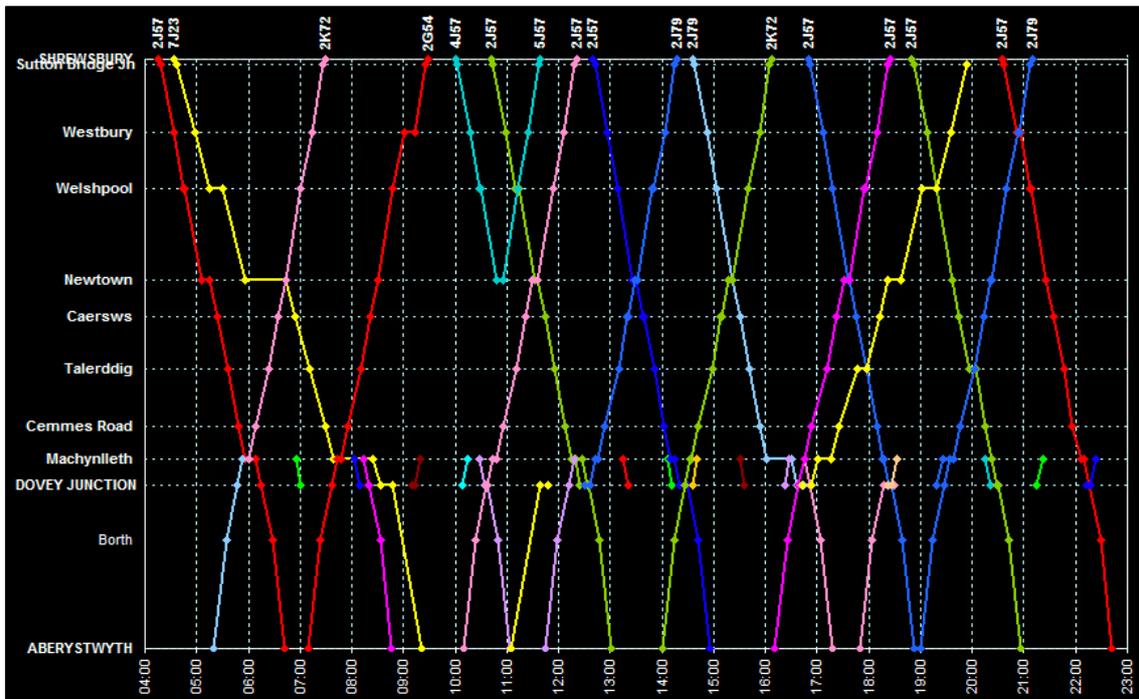


Figura 2.10: Gráfico: Malla de explotación desde Shrewsbury a Aberystwyth en Gales. (D. Plimmer)

De esta manera, el primer recorrido, el 2J57 de línea color rojo, parte de la estación de Shrewsbury pasadas las 4 de la mañana. Continúa su viaje realizando una parada de varios minutos en la estación de Newton a las 5 de la mañana, sigue su marcha y realiza otra detención en Machynlleth a las 6 de la mañana. Finalmente continúa hasta llegar a la estación de Aberystwyth, un poco antes de las 7 de la mañana.

De esta estación parte en sentido contrario, recorrido 2G54 unos minutos después de haber arribado, en el gráfico también se representa este trayecto con línea roja. En la estación de Westbury este tren se detiene a las 9 de la mañana y luego llega a la estación de Shrewsbury. El servicio termina pasadas las 23 horas con el recorrido 2J57 llegar a la estación de Aberystwyth. (Plimmer, 2019)

Con los gráficos de marcha se quiere optimizar la capacidad del sistema, actuando en la explotación ferroviaria. Esto está condicionado por situaciones como el cantón donde circulan los trenes, que si es menor se logrará tener más trenes en un periodo de tiempo determinado. También hay condiciones de tipo físico como puede ser las características de los tramos de la línea, en zonas suburbanas con carril único en Valencia, por ejemplo, o cuántos trenes circulan en la línea.

Para servicios urbanos y metropolitanos, donde se espera que la línea tenga un funcionamiento homogéneo con horarios de llegada uniformes, y que el cantón sea el mínimo para aprovechar un mayor paso de trenes, los gráficos tienen una forma paralela, como se puede apreciar en la gráfica del servicio de la línea 5 de Metrovalencia desde Maritim-Serrería hacia Aeroport. (Sánchez Alandí, 2013)

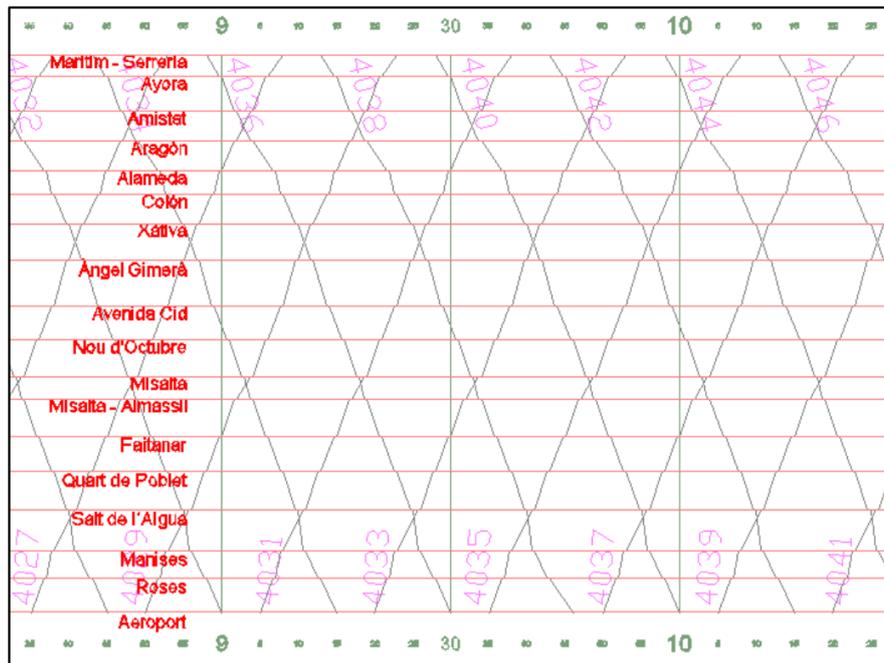


Figura 2.11: Malla de Explotación entre Maritim-Serrería y Aeroport en Valencia. (R. Sánchez)

Se aprecia que los horarios son semejantes en cada estación, por ejemplo, a la estación de Xàtiva llega un tren, el 4036, a las 9:10 en dirección al Aeropuerto, y el siguiente, el tren 4038, pasará a las 9:25, el siguiente a ese, el 4040 a las 9:40 y así cada 15 minutos sucesivamente. Esta característica de regularidad de la circulación de trenes se conoce como horario cadenciado, logrando para el usuario y para el explotador ventajas como el paso constante de trenes, en horarios repetidos entre cada uno, y la optimización del material rodante.

Para servicios regionales o para trenes de mercancías, por lo general las mallas de explotación serán no paralelas, donde existen diferentes velocidades de paso con una gráfica mixta entre trenes rápidos y trenes lentos.

## 2.5. Sistema de ayuda a la conducción

### 2.5.1 Hombre muerto

Este sistema actuará en caso de que el maquinista no sea capaz de conducir el tren, haciendo que se detenga como si alguien activara el freno de emergencia. Esto se puede realizar con varios medios, como palancas, botones o pedales, los cuales se deberán accionar o pisar cada cierto tiempo para que el sistema ‘interprete’ que el maquinista sigue en control del tren.

Pasado este tiempo, si no se ha accionado el elemento a operar, el sistema emitirá una señal sonora, para advertir que no se ha accionado el mismo. Pasado más tiempo, y si no se ha operado el elemento, el sistema detendrá el tren completamente. Incluso puede haber diferencias en los sistemas de pedal, si es de pedal pisado o no pisado, pero el objetivo es el mismo. Existen sistemas modernos en los que incluso se puede detectar si es que el accionar de los pedales o botones simulan ser exactos, activando el freno de emergencia.

En Nueva York, en abril del 2010, se activó el sistema de hombre muerto, luego de que Domenick Occhiogrosso, maquinista de 50 años y que llevaba 27 años trabajando para la NYC Transit, fue encontrado inconsciente en un tren de la línea G cuando salía de una estación en Queens. Posteriormente, Occhiogrosso fue declarado muerto en el hospital donde fue trasladado. Ningún pasajero resultó herido. (Newman, 2010)

### 2.5.2 Sistema de Repetición de Señales

Está conformado por un conjunto de balizas o bucles ubicados en la extensión de la vía que se encargaran de la emisión de señales cuando el tren circula sobre estas. El operador de cabina recibe esta información, teniendo conocimiento de cómo está señalizada la vía.

Entre los datos que le son proporcionados al operador se puede mencionar la lectura de la baliza o bucle del sistema, la velocidad límite de circulación y la existencia de pendiente en la geometría de la vía. Cuando la velocidad máxima de circulación sea sobrepasada, dependiendo de cuanto se ha pasado, sonará una alarma o incluso se activará el freno de emergencia.

### 2.5.3 Sistema de Repetición de Señales y Frenado Automático

Tiene varias clasificaciones que dependen tanto del control de datos y como también del sistema de transmisión:

- Sistemas de transmisión y control discontinuos: Es la manera más sencilla para controlar ya que los sistemas están mandados por los bloqueos y las señales son recibidas de manera puntual. El tren se detendrá inmediatamente mediante el freno de emergencia, si es que el conductor, luego de recibir la señal de bloqueo, no la efectúe debidamente. También se puede detener si es que el tren no se adapta a las condiciones que impone la señal.

El sistema más conocido es el ASFA (Anuncio de Señales de Frenado Automático) el cuál es utilizado por Renfe desde finales de la década de los setentas. Las balizas son parte importante de este sistema ya que son las que están instaladas en la vía y emiten las señales y condiciones que recepta el tren en su panel de información para su correcta conducción.



Figura 2.12: Baliza ASFA en la vía de Estación Novelda-Aspe, provincia de Alicante. (S. Martínez)

- Sistemas de transmisión continua y control puntual: En este tipo, la señalización es transmitida continuamente, pero de manera puntual se realiza la activación de las técnicas de frenado
- Sistemas de transmisión discontinua y control continuos: A medida que el tren circula, las balizas puntuales por la que ya ha pasado el tren envían los datos necesarios para que se pueda realizar la curva de frenado, esto es, saber en cada momento la posición del tren y su velocidad y posteriormente, cuando ya se encuentra el tren en el lugar correspondiente, se detendrá.
- Sistemas de transmisión y control continuos: En este sistema el control de frenado automático se realiza a lo largo de la vía y no solo cuando en un lugar la velocidad del tren es mayor que la esperada. El tren posee en todo momento los datos de la curva de frenado, y si el valor en ese instante está por encima de la curva se activará el sistema de frenado. En cambio, si está bajo la curva, el tren podrá ser operado por el conductor.

#### 2.5.4 Conducción Automática (ATO)

Lo primero para tener en cuenta es que el ATO es un sistema de conducción automática, y como tal, debe estar controlado por sistemas de seguridad como puede ser el ATP. Este sistema es usado generalmente en redes de metro y de transporte guiado, donde en varios de estos de todas maneras existen conductores para reducir posibles riesgos por fallas.

Un salto de calidad con respecto a los sistemas de frenado automático es que el tren no solo se detiene en casos en que sobrepase la velocidad indicada de circulación, sino que también puede aumentar su velocidad si es que se circula más lento que lo esperado.

El objetivo de optimizar el transporte público se consigue con este sistema, pudiendo controlar la velocidad de paso, aceleración y frenado según los gráficos de explotación. El sistema puede ser de cantonamiento fijo, donde las distancias entre cantones son

fijas, pudiendo ser las mismas estaciones de la red, como se hace en los tramos bajo tierra de Metrovalencia. Y también está el cantonamiento móvil, en el cual el cantón está dado por la distancia entre trenes, teniendo siempre noción de donde se ubican estos en su recorrido.

Existen varios grados de automatización, numerados del 0 al 4, donde el grado 0 es el manejo en el propio tren, como realizan los tranvías al cruzar por las calles de la ciudad. El grado 1 corresponde a un sistema ATP, pero con presencia del conductor. Grados 2 y 3 ya tienen una conducción más automatizada, aunque con ciertas características que aun realiza el conductor, como la apertura de puertas o en situaciones de emergencias. En el grado 4 no existe presencia del conductor o ayudantes de este, la conducción es completamente automatizada. (Union Internationale des Transports Publics, 2012)

Grade of Automation	Type of train operation	Setting train in motion	Stopping train	Door closure	Operation in event of Disruption
GoA 1	ATP with driver	Driver	Driver	Driver	Driver
GoA 2	ATP and ATO with driver	Automatic	Automatic	Driver	Driver
GoA 3	Driverless	Automatic	Automatic	Train attendant	Train attendant
GoA 4	UTO	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic

ATP - Automatic Train Protection      ATO - Automatic Train Operation

Figura 2.13: Esquema de los Grados de Automatización. Fuente: Unión Internacional de Transporte Público. Fuente: UITP

## 2.6. Operación Ferroviaria

La inversión que se realiza para una línea de metro es muy elevada, ya que el material rodante puede costar algo más de 4 millones de euros y el kilómetro de una línea de metro ronda los 20 millones de euros, aumentando este costo si se necesita un viaducto o si se construye una vía subterránea. A esto hay que aumentarle los pagos a los trabajadores de toda la red de metro para que realicen su labor de la mejor manera.

Por estos motivos es necesario optimizar la capacidad de las líneas, aprovechar las capacidades de los trenes, el uso de las líneas y los operadores de la mejor manera posible, obteniendo así una buena operación ferroviaria. Existen varios factores para tener en cuenta para lograrlo:

La frecuencia entre trenes: es el tiempo que transcurre entre cada tren. Es importante tener conocimiento de los movimientos y flujos de viaje de las personas en los

diferentes momentos del día a fin de poder definir los intervalos que mejor se adapten al sistema.

Terminales: la configuración de estas puede ser de varias maneras, dependiendo del servicio que se preste. Para líneas de metro, es común que luego de las terminales el carril se extienda hacia un solo carril de reversa, el cual funciona para ambos sentidos, reduce los tiempos de salida de los trenes, y cuando existen 2 o más vías luego de la terminal, puede depositar trenes averiados. (Connor, 2019)

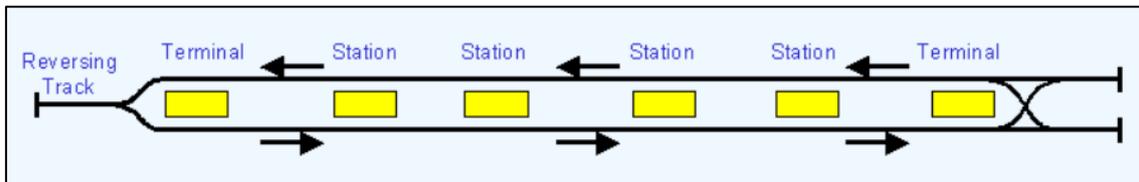


Figura 2.14: Gráfico: Carril de reversa en una línea de metro. (P. Connor)

Planificación del servicio: se debe conocer el número de personas que tomaran el servicio de metro, provenientes de todos los medios posibles, desde autobuses, vehículo privado o incluso a pie. También elegir los lugares a donde quieran viajar las personas y cuando lo realizan. Mediante estos datos se obtienen las capacidades del tren, medidas en pasajeros por hora y por sentido.

Tiempo de espera: con el dato de pasajeros, se puede obtener la frecuencia y el número de trenes necesarios para optimizar los viajes. Existen softwares que pueden dar datos más precisos como el tiempo de espera del tren en las estaciones para el movimiento de pasajeros.

Número de pasajeros: se debe conocer la capacidad del tren, y se aplicaran factores de carga, ya que no se llenará por igual en cada estación. La densidad de los pasajeros también se toma en cuenta, siendo, por lo general, de 4 a 5 pasajeros por metro cuadrado. Con la capacidad del tren, se puede calcular los trenes que se necesitan para soportar la demanda de pasajeros en una hora, y luego el tiempo de paso entre cada tren.

Operación de material rodante: para la operación de los trenes se toma en consideración la ubicación de los depósitos o de otros puntos de almacenamiento, tiempos de mantenimiento o de lavado.

Cabe mencionar que para obtener la capacidad de una línea se tienen en cuenta características como el tiempo de recorrido que se realiza entre las estaciones, el momento del día en que se viaja, las maniobras de ingreso y salida de los trenes y la distancia mínima entre cada tren. Esta última es clave para calcular la capacidad en las líneas de ámbito urbano, pudiendo ser la distancia entre estaciones (cantón) o una distancia fija entre los trenes. Las otras características tienen menor relevancia ya que, por lo general, son medidas estandarizadas. (Connor, 2019)



## 2.7. Control del Tráfico

Un tema significativo para la explotación ferroviaria es el control y la regulación del tráfico, la cual se puede dividir según su funcionamiento en: enclavamientos, gráficos de marcha y el C.T.C. (Control de Tráfico Centralizado)

Enclavamientos: estos elementos controlan los desvíos y señales de la red ferroviaria. Son los más sencillos de los sistemas de circulación para trenes y existen varios tipos desde los iniciales que eran mecánicos, funcionando con palancas, hasta los más modernos que son electrónicos con paneles de control.

Gráficos de Marcha o mallas de explotación: como se mencionó anteriormente, representa cómo están programados los trenes en un período de tiempo, lo que permite conocer donde se encuentran los trenes en cualquier momento que se requiera. La persona encargada de revisar los gráficos se la conoce como Agente Regulador, la cual también revisa los enclavamientos para obtener la mayor información de los trenes.

Control de Tráfico Centralizado: es un comando central que consolida las decisiones sobre las rutas que llevan los trenes, las cuales han sido llevadas a cabo por los operadores de los enclavamientos o la tripulación en determinado tren. La información que se obtiene de este comando se puede comparar con los gráficos de marcha dado que estos son teóricos ante el paso de los trenes para conocer si ha variado la planificación inicial. El diseño de las técnicas de seguridad y su programación está hecho de tal manera que se puede asegurar que sea segura a pesar de que ocurra algún fallo humano. Este Centro conlleva el control de los pasos a nivel, comúnmente de funcionamiento automático, la colocación de cables para comunicaciones, señalización, enclavamientos y demás instalaciones de equipos, siendo una consolidación de actividades para la seguridad ferroviaria.





Figura 3.2: Ampliaciones previstas en Metrovalencia dentro del Plan de Infraestructuras Estratégicas 2004-2010.  
Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana.

El Plan de Infraestructuras Estratégicas de la Comunidad Valenciana 2004-2010 contemplaba que Metrovalencia tendría un desarrollo de su red hasta los 200 kilómetros, con alrededor de 1000 millones de euros de presupuesto. Esto incluía tres líneas de metro y cuatro de tranvía, con ampliaciones, mejoras de superestructura, eliminación de cruces a nivel e impulso a la accesibilidad de personas con movilidad reducida. (Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana, 2006)

En lo que corresponde a la línea T2 en su ramal Sur, está tendría un total de 4.3 kilómetros divididos de la siguiente manera: 1.8 kilómetros y 3 estaciones en soterradas, y 2.5 kilómetros y 5 estaciones en superficie. De haber entrado en funcionamiento esta línea, en conexión con el tramo Norte de la T4, hubiera conectado importantes centros de atracción de la ciudad como la Feria de Valencia, el Palacio de Congresos, el Mercado Central, y la ciudad de Las Artes y las Ciencias en un corredor de 10 kilómetros aproximadamente. (Via Libre, 2006)

Para las obras del tramo sur, en el 2006 se dividieron en 3 partes la contratación y la ejecución de estas. La primera parte desde la Calle Alicante hasta Ruzafa con unos 42 millones de euros de presupuesto. La segunda parte corresponde al tramo entre Ruzafa y la Av. Hermanos Maristas con 28 millones. Ambas partes en ese momento estaban



adjudicadas. Las obras de la tercera parte desde la Av. Hermanos Maristas hasta Nazaret se encontraban licitadas con un presupuesto de unos 30 millones de euros.

El método Cut & Cover sería el empleado para realizar los trabajos de los tramos subterráneos desde la Plaza del Ayuntamiento hasta la Av. Hermanos Maristas, donde saldría la línea a la superficie. (N.C., 2011) Para el tramo desde el Ayuntamiento hasta las torres serranos y el cruce con el antiguo cauce del río Turia, se utilizaría tuneladora. Cabe destacar que al dividirse por partes la construcción de esta línea, cada parte tenía tiempos y avances diferentes, ya que lo que se buscaba que cada parte entre en servicio de manera autónoma mientras en la zona histórica del centro se avanzaba con estudios más detallados por los obstáculos de trabajar allí.

El recorrido iba a ser el siguiente:

- Parte frente al Mercado de Nazaret desde la Calle de Fontilles
- Avanza por el Camino de las Moreras (Calle de las Barracas del Figuero), donde se construyó un paso a desnivel sobre las vías de ferrocarril de Renfe, y llega hasta la rotonda del Saler.
- Calle de Antonio Ferrandis
- Calle General Urrutia (en la actualidad Avenida de Amado Granell), donde la línea pasa a ser subterránea, avanzando por la Calle Luis Santangel
- Avenida Reino de Valencia
- Gran Vía de las Germanías
- Calle Alicante, siguiendo hasta la calle Segorbe donde iba a estar ubicada la Estación Central de Valencia, con conexiones a trenes de Cercanías, media distancia y Alta Velocidad.
- Estación de Xàtiva
- Calle Marqués de Sotelo (Plaza del Ayuntamiento)
- Mercado Central, en la Plaza Ciudad de Brujas
- Plaza Tavernes de Valldigna, con la estación El Carmen
- Centro del Carmen
- Antiguo cauce del Turia
- Torres de Serrano, en el puente de madera



Figura 3.3: Trazado de la línea T2 de Metrovalencia a diciembre 2010. Fuente: Entrén.

Al finalizar, saldría de nuevo a la superficie y se uniría al recorrido actual de la línea 4 de tranvía. La línea T2 iba a recorrer 12 estaciones: Nazaret, Moreras, Oceanogràfic, Ciudad de las Ciencias, Maristas, Urrutia, Ruzafa, Alicante, Xàtiva, Mercado, El Carne y Museos. Para la explotación de la línea, la FGV usaría el sistema UTO (Unattended Train Operation) aunque los trenes llevarían al maquinista en su interior para maniobras como apertura y cierre de puertas, entre otras. (Entrén Ingeniería Ferroviaria, 2010)

### 3.2. Paralización de las Obras

Debido a la falta de liquidez de la Generalitat Valenciana, el proyecto se paralizó en el año 2011. A partir de esto el ente Gestor de Transportes y Puertos, creado para dar marcha a las obras ferroviarias de la Comunidad Valenciana, licitó en mayo del año 2012 la conservación y mantenimiento de la línea T2 para un contrato de 6 meses. El total del contrato fue de unos 264 mil euros. (Levante-EMV Valencia, 2012)

Los túneles, en el tiempo que estuvieron abandonados, sufrieron de inundaciones además de robos de los materiales ya instalados previamente. En mayo del 2012 esto se evidenció con el daño a las bombas de achique, lo cual se produjo por el hurto de los cables de cobre. Los vecinos en el sector explicaron que esa situación ocurría por la facilidad que existe para ingresar en lo que sería la estación ubicada frente a las Escuelas Profesionales de Artesanos, en la intersección de la Avenida Reino de Valencia con la Calle del Doctor Sumsi.

Los residentes del Sector también mencionaron que existía acumulación de desechos y que incluso se habían formado botellones en la boca de la que sería la estación de metro de Ruzafa. Meses después, en marzo del 2013 un joven subió fotos a un blog donde figuraba navegando en los túneles de la línea.

En julio del 2015, el nuevo alcalde de Valencia, Joan Ribó, en una entrevista con el periódico 20 minutos, mencionaba como tema primordial el terminar la línea T2 de la red de Metrovalencia. “No es preciso que se termine entera ya, pero hay una parte ya realizada a falta de la catenaria, la señalización y las unidades móviles, que hay que poner a funcionar cuanto antes para conectar Nazaret con la Ciudad de las Ciencias y el Centro”, decía Ribó al periódico luego de un mes de entrar en funciones.

Con la paralización de las obras, existían condiciones peligrosas a las que estaban expuestos los coches que circulaban a lo largo del recorrido en superficie de la línea, principalmente en 2 puntos, la intersección de la avenida Antonio Ferrandis con la Calle General Urrutia (hoy Amado Granell) y la rotonda de la avenida Antonio Ferrandis con la Avenida del Profesor López Piñero, frente a la Ciudad de las Artes y Ciencias. Por este motivo, la Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio retiró el tendido ferroviario en estos cruces. (Obrador, El deterioro de la paralizada línea T2 de Metrovalencia fuerza a retirar tramos de vía en superficie, 2015)



*Figura 3.4: Intersección de la avenida Antonio Ferrandis con la Avenida Amado Granell, donde se observa que no existe tendido ferroviario en el cruce. Fuente: Elaboración Propia.*

Mantenimiento en túneles y estaciones (subsuelo y superficie) por parte de FGV. 847 mil euros, con posibilidad de prórroga de 2 ejercicios más. Preservar las obras y garantizar seguridad de vecinos y trabajadores. revisión estructural, vías de circulación, instalaciones eléctricas, entre otras. Redactar planes de mantenimiento de todas las infraestructuras de la línea y un plan de Inspección Técnica de Edificios y Estaciones.

Para junio de 2017, la FGV comenzó los trabajos de conservación y mantenimiento del tramo subterráneo línea, los mismos que durarían 2 años. En un artículo periodístico con el diario 20 minutos, se mencionaba que las obras incluían trabajos en suelos, aberturas, desniveles y barandillas; tabiques y ventanas; vías de circulación; puertas; escaleras de

toda clase y salidas de evacuación; protección contra incendios e instalaciones eléctricas; limpieza; condiciones ambientales e iluminación.

También se realizarían los proyectos de adecuación y de legalización de instalaciones, tanto eléctricas como de aguas lluvias, además de la seguridad del sistema de acuerdo con las normas establecidas. El adjudicatario del contrato también estaba obligado a realizar una inspección a los edificios y estaciones en su aspecto estructural, realizar un informe, para poder saber qué elementos son necesarios de reparación, entre otros.



*Figura 3.5: Zona de rieles de la línea 10 usada como aparcamiento en la Calle General Urrutia (hoy Amado Granell) mientras permanecían abandonadas las obras. Fuente: Valencia Extra*

El 29 de junio de 2017, dos jóvenes salvaron la valla de 4 metros ubicada en la calle artesanos, donde entraron hasta el túnel ferroviario, el cual se encontraba inundado. Una vez dentro filmaron el recorrido que hicieron en un bote para luego subirla a redes sociales. La FGV actuó contra los jóvenes, denunciándolos por allanamiento de inmueble.

Para el mismo mes de junio, la Generalitat Valenciana destino parte del dinero correspondiente del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) del periodo 2014-2020 en la activación del proyecto de la línea T2. (Europa Press, 2017) Se destinarían 20 millones de los fondos FEDER, a los cuales se sumarían 30 millones de parte de la Generalitat para poner en marcha las obras en el tramo desde la calle Alicante hasta la Ciudad de las Artes y las Ciencias y L'Oceaogràfic. Se necesitaron dos años para poder reprogramar los fondos europeos mencionó Vicent Soler, conseller de Hacienda y Modelo Económico.

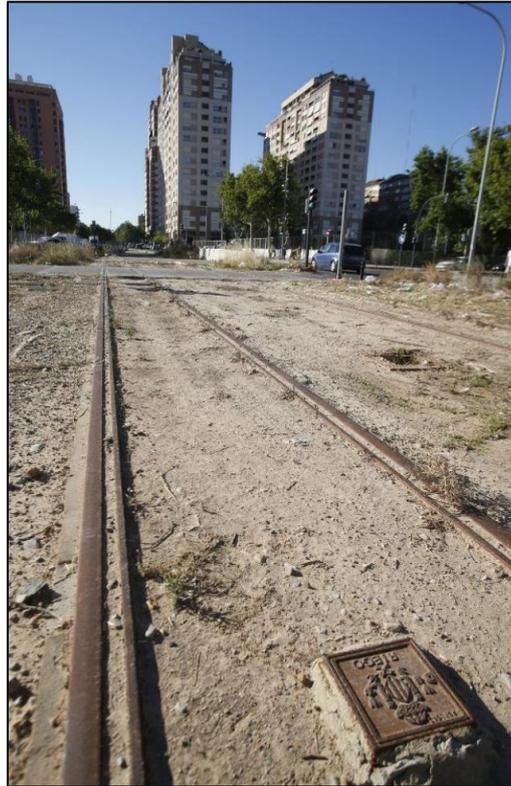


Figura 3.6: Tramo abandonado de la futura línea 10. Fuente: Diario Las Provincias.

### 3.3. Recuperación del Proyecto

En mayo del 2014, Ximo Puig, secretario general del Partido Socialista Obrero Español en la Comunidad Valenciana, mencionaba en un acto por los 20 años del tranvía en Valencia que los socialistas plantearían realizar un préstamo al Banco Europeo de Inversiones para obtener el dinero necesario y poder terminar las obras de la línea T2. En ese entonces, el futuro presidente de la Generalitat Valenciana mencionaba un presupuesto de 100 millones de euros para poder dar por finalizada la T2.

Finalmente, el 12 de junio de 2017 el propio Ximo Puig, ya como presidente, anunció la continuación de las obras, en un acto junto al alcalde de Valencia, Joan Ribó, y la consellera de Vivienda y Obras Públicas, María José Salvador. El proyecto se dividió en dos, debido a que para poner completamente en servicio a la línea se necesitarían más de 170 millones de euros. De esta manera, el tramo que se estaba retomando llegaría hasta l'Oceanografic en la Ciudad de las Artes y Ciencias.

Entre los compromisos adquiridos por la petición de los fondos FEDER figura que el servicio tiene que comenzar a funcionar en 2023, por mencionar alguno. Para esta nueva línea se necesitaría la construcción de nuevos talleres, ya que no se conectarían con ninguna de las líneas que operan en la ciudad, lo que explica, entre otras cosas, el alto costo para finalizar la obra.

La decisión de dividir la línea en dos tramos no cayó nada bien en las representaciones vecinales del barrio de Nazaret, lugar al que llegaría el proyecto anterior. Varios

portavoces de estas asociaciones mostraron su inconformidad con el proyecto y amenazaron con movilizaciones en las calles si no eran escuchadas sus peticiones.

### 3.4. Obras en 2 fases:

En marzo de 2018, el Consejo de Administración de la FGV decidió cambiar el nombre de la línea T2, como se conoció al proyecto desde su concepción, por el de Línea 10 de la red de Metrovalencia. Esta fue una iniciativa que se tomó principalmente para evitar confusiones con la actual Línea 2 de Metrovalencia que va desde Torrent Avinguda hasta el municipio de Llíria. (FGV, 2018)

Unos días después se licitó por parte de la FGV la asistencia técnica para realizar los estudios de la línea con un presupuesto de un millón y medio de euros, como se publicó en el Diario Oficial. Se dividió en dos fases, la primera desde el centro hasta l'Oceanogràfic, que finalizaría en 2021, y la segunda fase hasta Nazaret, con su entrega en 2023. Para esto se partirá con la documentación ya existente a fin de reducir costos. (FGV, 2018)

Entre los pliegos para retomar las obras de esta línea, también figuran posibles ampliaciones de la red de Metrovalencia, las cuales se plantearían a futuro por su costo significativo. Estas son las ampliaciones que se mencionan en los pliegos:

- La línea 11, que será una extensión de la línea 10 en dirección al Hospital La Fe.
- La posibilidad de que la red se conecte con la Plaza del Ayuntamiento por medio de la estación de Xàtiva.
- Extender la línea tranviaria hasta el Mercat Central, en la estación que ya está construida en subterráneo, y que actualmente se encuentra separada del resto de la red.

Tabla 3.1: Información de la Licitación de Estudios. Fuente: Vía Libre.

Número en el mapa	53 <a href="#">↑ Ver mapa</a>
Organismo	Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV)
Fecha	08/03/2018
Tipo de Actuación	Licitación. Procedimiento administrativo que consiste en una invitación a contratar de acuerdo con bases previamente determinadas con la finalidad de obtener la oferta más beneficiosa para la Administración. Este procedimiento exige la publicidad en el Boletín Oficial del Estado y Diario Oficial de las Comunidad Europeas (cuando los contratos estén sujetos a regulación armonizada). Si el promotor de la infraestructura es una Comunidad Autónoma o entidad de régimen local puede sustituirse la publicación en el BOE por los diarios oficiales correspondientes.
Presupuesto	1.524.600,00 €
Adjudicatario	

<b>Actuación</b>	Asistencia técnica para la redacción de estudios y proyectos de la futura L10 de la red de FGV en València, fases 1 y 2.
<b>Plazo de ejecución</b>	12 meses
<b>Descripción</b>	La línea 10 de Metrovalencia, anteriormente denominada T2 por su diseño tranviario, tendrá un trazado en superficie norte-sur de la ciudad, desde la Ciudad de la Ciencia a Nazaret. Aunque en una primera fase se pondrá únicamente en marcha el tranvía entre la calle Alicante y el Oceanogràfic, el contrato licitado también engloba la segunda fase, que posteriormente llevará este medio de transporte hasta el barrio de Nazaret, para poder contar con una planificación global que acelere las actuaciones en el futuro. La inversión inicial contemplada para la reanudación de las obras, paralizadas desde 2011, es de 50 millones de euros, de los que 30 serán aportados por la Administración autonómica y 20 procederán de fondos Feder. Para la elaboración de los proyectos constructivos y las posteriores fases de obra, se partirá de la información, planos, estudios y documentación existentes, con el objetivo de obtener un ahorro de costes durante el ciclo de vida del proyecto, desde la coordinación en las disciplinas en la fase de diseño, control del intercambio del flujo de información, la unicidad en el modelo durante la fase de proyecto y reducción de incertidumbre e interferencias en la fase de obra, hasta el potencial en la gestión posterior de la infraestructura y su conservación.

El 15 de junio de 2018 se realizó la firma del contrato para la redacción de los proyectos de la línea 10 de Metrovalencia en su fase 1. Para esta fase se planificó la redacción de los siguientes 5 proyectos:

- Infraestructura del tramo que va desde la rampa de salida del túnel ubicada en la calle Amado Granell hasta la Parada Hermanos Maristas. 3.8M
- La superestructura de vía, arquitectura y equipamiento desde la calle Alicante hasta la rampa en la calle Amado Granell. 25M
- La electrificación, subestaciones y acometidas de la totalidad de la línea, desde la calle Alicante hasta el barrio Nazaret. 7.8 M
- La señalización y comunicaciones de la totalidad de la línea. 7M
- La superestructura de la vía, arquitectura y equipamientos, desde la rampa de la calle Amado Granell hasta Nazaret, además de incluir el Taller Provisional 8M

Esta información consta en el documento Pliego de Condiciones Técnicas de Licitación del segundo proyecto, la superestructura de la vía. También se hace énfasis en que se utilizará la metodología BIM (Building Information Modeling) por parte del consultor que se adjudique la obra para todas las fases de esta, a partir de la documentación aprobada de los proyectos. (FGV, 2018)

Esta también es de las condiciones de este Proyecto, al ser de financiado con dineros públicos, como indica la Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo. Para esto, el

Ministerio de Fomento ha venido trabajando para definir los parámetros de eso de esta metodología en las licitaciones que se lleven a cabo en España.

Con BIM se puede documentar todo el trabajo de determinado proyecto a lo largo de su existencia, con nuevas tecnologías, repositorios, imágenes modeladas en 3D al alcance de todos los integrantes del proyecto. De esta manera se tiene una mejor comunicación entre las partes involucradas con todos los documentos al alcance de quien los requiera, facilitando la gestión del proceso. (FGV, 2018)

### 3.5. Obras en una sola fase:

Una gran noticia para el barrio de Nazaret fue la que mencionó Ximo Puig, presidente de la Generalitat, al parlamento valenciano, en septiembre de 2018. Además de anunciar la extensión de los horarios en fin de semanas y feriados del servicio de Metrovalencia, también dijo que las obras se llevaran a cabo en una única fase desde la calle Alicante hasta Nazaret. (Obrador, Puig anuncia metro nocturno los fines de semana y festivos y la llegada de la L10 a Nazaret en una única fase, 2018)

Además de esto recalcó la futura extensión desde Nazaret hasta el Puerto de Valencia, para 2021, pudiendo unir la línea 10 al resto de la red. Colectivos del barrio que fueron entrevistados por diversos medios periodísticos mostraron su positivismo a este nuevo anuncio, confiando en que finalmente Nazaret esté conectada con la ciudad.

El 14 de marzo de 2019 se firmó el contrato de las obras de la línea, concretamente la del tramo entre la estación Amado Granell y la estación Germans Maristas. Este tramo tiene un presupuesto inicial de algo más de 3.6 millones de euros.



Figura 3.7: Primeras obras de la línea 10 retomadas hacia el final de la Avenida Amado Granell. Fuente: 20 Minutos.

El tramo que comprende el túnel, proyecto más importante de esta obra tanto económica como técnicamente, se adjudicó en enero del 2020 por una unión temporal de empresas (UTE) que incluso redujeron a casi una cuarta parte el valor de la licitación. En palabras

de Emilio Bayarri a los medios de comunicación, es el proyecto más importante para finalizar la línea. Esta parte de la obra contempla la superestructura de vía, además equipamiento del túnel y de sus estaciones.

En febrero de 2020 finalizaron las obras del tramo entre las estaciones de la calle Amado Granell y su continuación por la estación de la Av. Hermanos Maristas, incluidas la rampa de conexión entre el túnel y la superficie que se ubica frente al Colegio de Médicos. (FGV, 2020)

En esta etapa se han colocado 800 metros de vía, en ambos sentidos, y la adecuación de aceras y jardineras en la vía. Para el entorno de la obra, se realizó el asfaltado de la calzada, modificación de plazas de aparcamiento e incluso el cambio de lugar de una parada de autobús.

Las obras se vieron retrasadas por el Estado de Alarma impuesto en todo el territorio español por la pandemia del COVID-19, pero se pudieron retomar a mediados del mes de mayo. Los proyectos de señalización y de adecuación de tramo en superficie, también fueron paralizados en fase de licitación, pero fueron retomados los procesos en la medida que se levantan ciertas restricciones por la pandemia. (FGV, 2020)

A noviembre del 2020, se han ejecutado obras en la Calle Alicante y en Ruzafa con las rejillas de ventilación, y que ya se ha acondicionado los alrededores del sector para la circulación normal de automotores. (Furió, 2020) También se han reanudado las obras en superficie entre la rampa en la Av. Amado Granell hasta el final de la línea en Nazaret, esto es la plataforma de circulación, como en la intersección con la Avenida Antonio Ferrandis, donde se desmontaron hace varios años los rieles, y las estaciones, con obras eléctricas, comunicaciones, entre otras. Aquí están incluidas las instalaciones correspondientes a las cocheras provisionales.

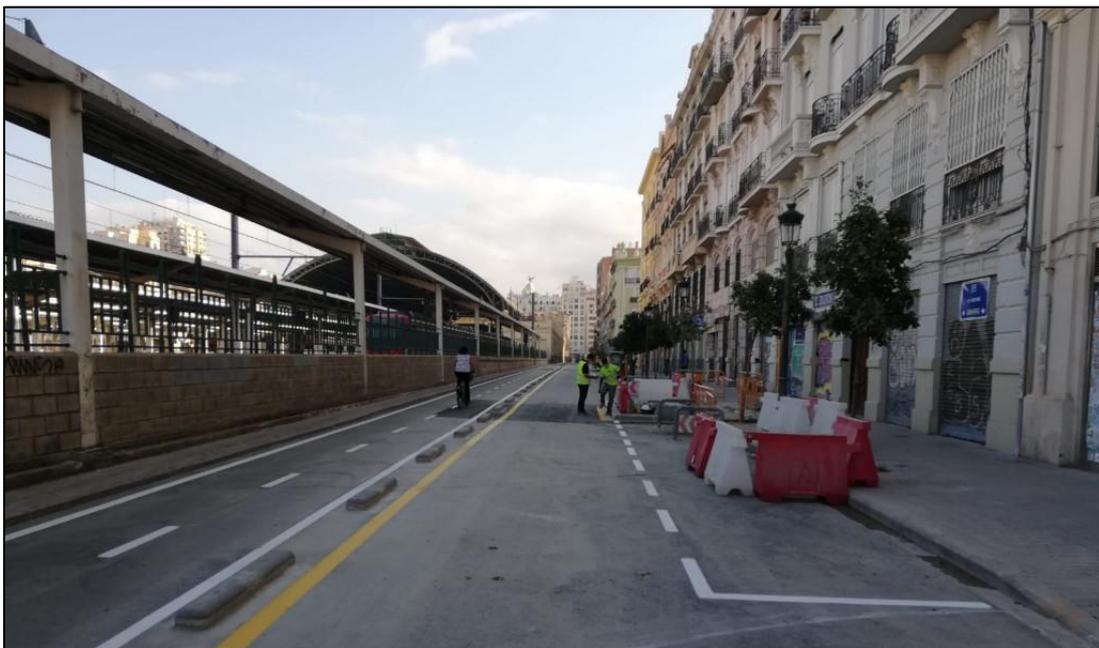


Figura 3.8: Trabajos de la Línea 10 en la Calle Alicante en agosto del 2020. Fuente: Horta Noticias

### 3.6. Trazado

El recorrido subterráneo comienza en la Estación Alacant en el centro de la ciudad, a unos 300 metros de la Estació del Nord. Continúa por la Gran Vía de les Germanies y la Avenida del Reino de Valencia en el barrio de Ruzafa. Luego gira hacia la derecha en la Calle de Luis Santángel y su continuación en la Avenida Amado Granell donde el trazado sale a la superficie.

Sigue recorriendo la Av. Granell hasta girar por la Calle de Antonio Ferrandis hasta la rotonda en la Ciudad de las Artes y las Ciencias donde se dirige a la Calle de Eduardo Primo. Circula por el paso elevado para pasar las vías del ferrocarril que se dirige hacia Cabanyal y el norte de la Comunidad Valenciana. Continúa por la Calle de Las Barracas del Figuero y finaliza en la Calle de Fontilles justo en frente del Mercado de Nazaret, completando 5 kilómetros aproximadamente.

Tabla 3.2: Datos la línea 10 desde la calle Alicante a Nazaret. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana

Tramos	Longitud (m)	Paradas
Subterráneo	2055	3
Superficie	2977	5
Total	5320	8

Las cocheras en primera instancia se las pensaba colocar en el sector de Quatre Carreres, en terrenos de propiedad del Ayuntamiento, pero las fuertes demandas de los vecinos lo impidieron. A partir de esta situación, se optó por trasladarlas de manera provisional al sector de Les Moreres, cercano al final de la línea en Nazaret. (Bellvis, 2019)

Las estaciones estarán ubicadas en las siguientes calles:

Tabla 3.3: Ubicación de la estación de la Línea 10 de Metrovalencia. Fuente: Elaboración propia

Estación	Nombre en Castellano	Dirección
Alacant	Alicante	Calle Alicante y Calle de Segorbe
Russafa	Ruzafa	Av. Reino de Valencia y Calle del Dr. Sumsi
Amado Granell	Amado Granell	Av. Amado Granell y Calle de Luis Oliag
Germans Maristes	Hermanos Maristas	Av. Amado Granell y Calle Ricardo Muñoz Suay
Ciutat de les Arts i les Ciències	Ciudad de las Artes y las Ciencias	Calle de Antonio Ferrandis y Av. Del Profesor López Piñero
Oceanogràfic	Oceanográfico	Calle de Eduardo Primo Yúfera frente al Oceanogràfic
Les Moreres	Las Moreras	Calle de las Barracas del Figuero y Calle de Alquería del Favero
Natzaret	Nazaret	Calle de Fontilles y Calle Mayor Nazaret



Figura 3.9: Esquema de una de las paradas en superficie de la Línea 10. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana.

### 3.7. Futuras conexiones

A lo largo del tiempo han ido cambiando los proyectos de conectividad con las otras líneas de la red, desde llegar hasta Pont de Fusta por un extremo hasta conectar con la Marina por el otro. En la actualidad se espera lograr la conexión con la red de Metrovalencia, como lo mencionó Arcadi España, conseller de Política Territorial y Movilidad. Además de la prolongación a la Marina, se buscará unir las estaciones de Alicante y Xàtiva en el centro de la ciudad. (Desfilis, 2019)

Para la conexión con la Estació del Nord y la Estación Xàtiva, separada a unos 300 metros de la Estación Alacant de la línea 10, se piensa adaptar una pasarela mecánica que iría en un túnel entre ambas estaciones, de esta manera el traslado para el usuario sería más rápido. (Navarro, 2019) Esta solución es similar a la situación en aeropuertos con las mangas de salida ubicadas a largas distancias o en la de la Estación Lambrate FS del Metro de Milán, Italia, conectada con la Estación Ferroviaria de Lambrate con servicios regionales.



Figura 3.10: Pasarelas mecánicas en la Estación de metro Lambrate FS, en Milán, Italia. Fuente: Google Imágenes.

En cuanto al extremo en el barrio Nazaret, se plantea que la red se amplié hasta llegar a la Marina y realizar las conexiones con las líneas que llegan hasta Maritim – Serrería, concretamente con la Línea 8, que es la de menor longitud de la red. Además, se estudiará en unos años que exista una prolongación en la Avenida Amado Granell hacia el Hospital La Fe y los sectores cercanos al sur de la ciudad, que pasará a llamarse Línea 11 de la red de Metrovalencia.



Figura 3.11: Esquema de las futuras ampliaciones de la línea 10. Fuente: 20 Minutos.

## 4. PROPUESTA DE EXPLOTACIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO

### 4.1. Frecuencia del Servicio de líneas de Metrovalencia

La Línea 10 de Metrovalencia será un servicio que recorrerá solamente la ciudad de Valencia, sin tener tramos en el área metropolitana. Por esta razón se prevé que el servicio sea parecido a la actual línea 6 que es de tranvía y recorre desde la estación de Tossal del Rei hasta Maritim-Serrería, donde realiza trasbordo con las líneas de Metro.

Hora de salida								
05	05:44	---	---	---	---	---	---	---
06	06:17	06:40	06:54	---	---	---	---	---
07	07:14	07:34	07:44	07:54	---	---	---	---
08	08:04	08:14	08:24	08:34	08:44	08:54	---	---
09	09:04	09:14	09:24	09:34	09:44	09:54	---	---
10	10:04	10:14	10:24	10:34	10:44	10:54	---	---
19	19:04	19:14	19:24	19:34	19:44	19:54	---	---
20	20:04	20:14	20:24	20:34	20:44	20:54	---	---
21	21:04	21:14	21:24	21:34	21:44	21:54	---	---
22	22:14	22:34	22:54	---	---	---	---	---
23	23:14	23:33	---	---	---	---	---	---

Figura 4.1: Horarios de circulaciones partiendo de la Estación Tossal del Rei hacia Maritim – Serrería. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana.

El paso de los trenes de la línea 6 es de 15 minutos, con servicios más espaciados a primeras horas de la mañana y los últimos trenes a la noche. Si sumamos los recorridos de la línea 4, que en su totalidad comienza su recorrido en Mas del Rosari en dirección hacia Maritim-Serrería, se tienen trenes circulando de 4 a 6 minutos contando todos los trenes disponibles. En la línea 10, el túnel y posterior tramo en superficie va a ser utilizado únicamente por esa línea, entonces esta única línea tendrá que trasladar a todas las personas a diferencia de las citadas anteriormente que alternan sus trenes.



Figura 4.2: Tranvía saliendo de la Estación de Maritim-Serrería. Fuente: Elaboración propia.

Para mostrar los tiempos de paso de trenes, se muestran los horarios entre la estación de Primat Reig, donde se juntan las líneas 4 y 6, y la estación de Tarongers, donde finaliza uno de los recorridos ambas líneas. Estos recorridos se realizan desde aproximadamente las 5:30 de la mañana hasta las 00:30 del siguiente día como muy tarde. En este tramo hay un tren cada 5 a 6 minutos.

13	13:04	13:08	13:14	13:18	13:24	13:28	13:34	13:38
—	13:44	13:48	13:54	13:58	---	---	---	---
14	14:04	14:08	14:14	14:18	14:24	14:28	14:34	14:38
—	14:44	14:48	14:54	14:58	---	---	---	---
15	15:04	15:08	15:14	15:18	15:24	15:28	15:34	15:38
—	15:44	15:48	15:54	15:58	---	---	---	---
16	16:04	16:08	16:14	16:18	16:24	16:28	16:34	16:38
—	16:44	16:48	16:54	16:58	---	---	---	---

Figura 4.3: Horarios de circulaciones entre las estaciones de Primat Reig y Tarongers de la Línea 4 y 6. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana.

La línea 10 unirá un barrio algo marginado en los últimos años por la presencia del Puerto de Valencia perdiendo el estatus de destino turístico y playero que alguna vez tuvo, por lo que se presume que el uso hasta Nazaret sea prácticamente residencial. Pero hay que tener en cuenta el crecimiento a futuro del ámbito urbano en los sectores de Quatre Carreres y el PAI del Grao, este último también pospuesto en el tiempo.

Otro valor a tener en cuenta es la gran cantidad de atractivos de entretenimiento por los que pasará la línea 10, entre los que podemos mencionar:

- Barrio de Ruzafa, con amplia oferta patrimonial y cultural.
- Casal España Arena, próxima sede del Valencia Basket y de eventos en general. Se encuentra en construcción.
- Ciudad de las Artes y las Ciencias, lugar icónico de Valencia con museos y espacios culturales.
- Oceanogràfic, conocido por sus ecosistemas marinos.



*Figura 4.4: Panorámica de los rieles de Línea 10, el Oceanogràfic y la Ciudad de las Artes y Las Ciencias. Fuente: Elaboración propia.*

Estos centros de ocio y entretenimiento traerán visitantes a la línea de metro y a esto se le puede sumar los centros comerciales y hoteles frente a la Ciudad de las Artes y Ciencias.

## **4.2. Explotación de la Línea 10 de Metrovalencia**

Con todo lo citado anteriormente, para esta línea se proyectan para los días laborables 6 tranvías por hora en cada sentido en la totalidad de la nueva línea la mayor parte del día, completándola en alrededor 15 minutos, teniendo una explotación similar a la línea 6 de Metrovalencia en los tramos donde sólo circulan los trenes de esa línea.

En días laborables el primer tren, como en otras líneas de la red, saldrá a las 5 horas y 45 minutos de la mañana desde la Estación de la calle Alicante con dirección a la Estación Natzaret, llegando a esta a las 6 horas en punto. Los trenes en la primera y última hora de servicio saldrán cada 15 minutos, mientras que en el resto del día saldrán cada 10 minutos. El servicio concluirá a las 0 horas y 30 minutos del día siguiente, con el tren procedente del barrio de Nazaret. Así, para los primeros y últimos servicios del

día se tendrán 4 trenes por hora y se necesitarán para el servicio 3 trenes. En el resto del día circularán 6 trenes por hora con el uso de 4 trenes.

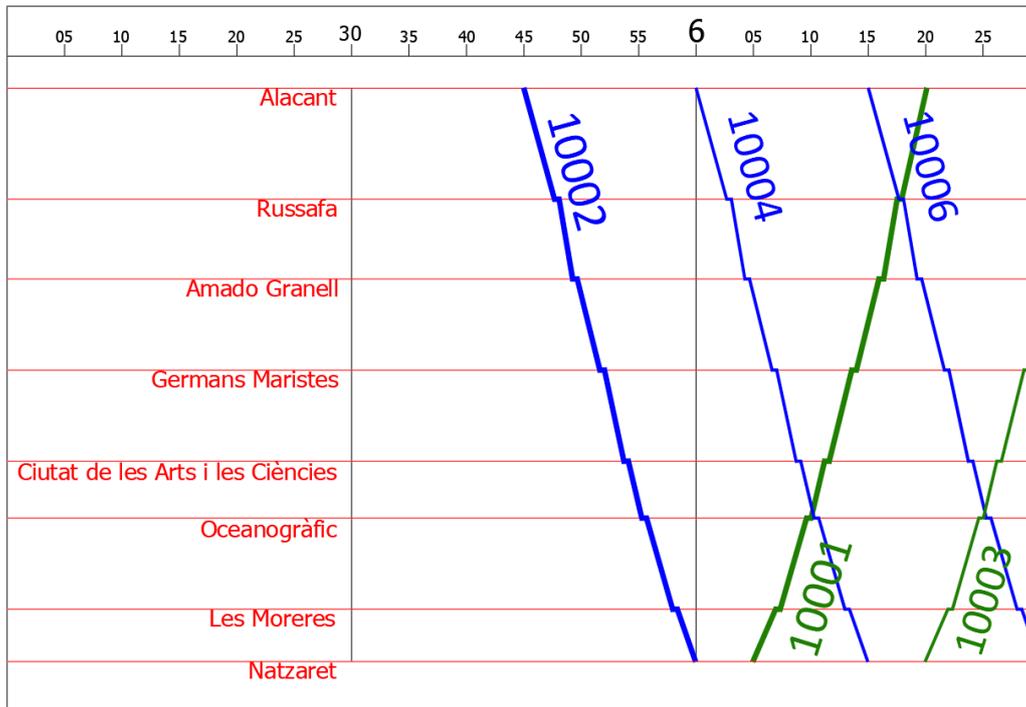


Figura 4.5: Se visualizan las primeras circulaciones para la situación en días laborables, donde los trenes salen cada 15 minutos de las estaciones. Las circulaciones pares realizan el recorrido Alacant – Natzaret en color azul y las circulaciones impares el sentido contrario Natzaret – Alacant en color verde. Fuente: Elaboración propia.

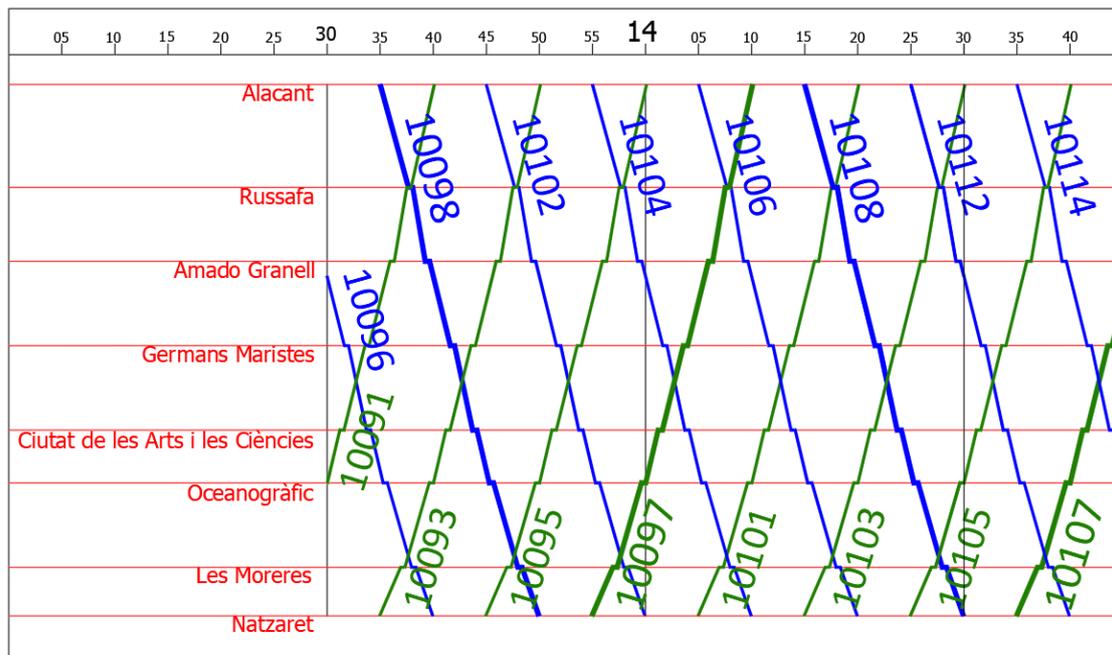


Figura 4.6: Se visualizan las circulaciones en horario de la tarde para la situación en días laborables, donde los trenes salen cada 10 minutos de las estaciones. Las circulaciones pares realizan el recorrido Alacant – Natzaret en color azul y las circulaciones impares el sentido contrario Natzaret – Alacant en color verde. Fuente: Elaboración propia.

Al estar pensada como una línea para el ocio y la diversión, por los centros de atracción por los que allí circula, tanto los sábados como los festivos se los considerará iguales para la explotación. De esta manera, el primer tren saldrá 1 hora después respecto a los días laborables, esto es las 6 horas y 45 minutos, desde Alacant hacia Natzaret, con una frecuencia de 15 minutos. El cierre del servicio en estos días se producirá 30 minutos después del cierre en los días laborables. En todo el día habrá 4 trenes por hora y se necesitarán para la explotación 3 trenes, uno menos que en los días laborables.

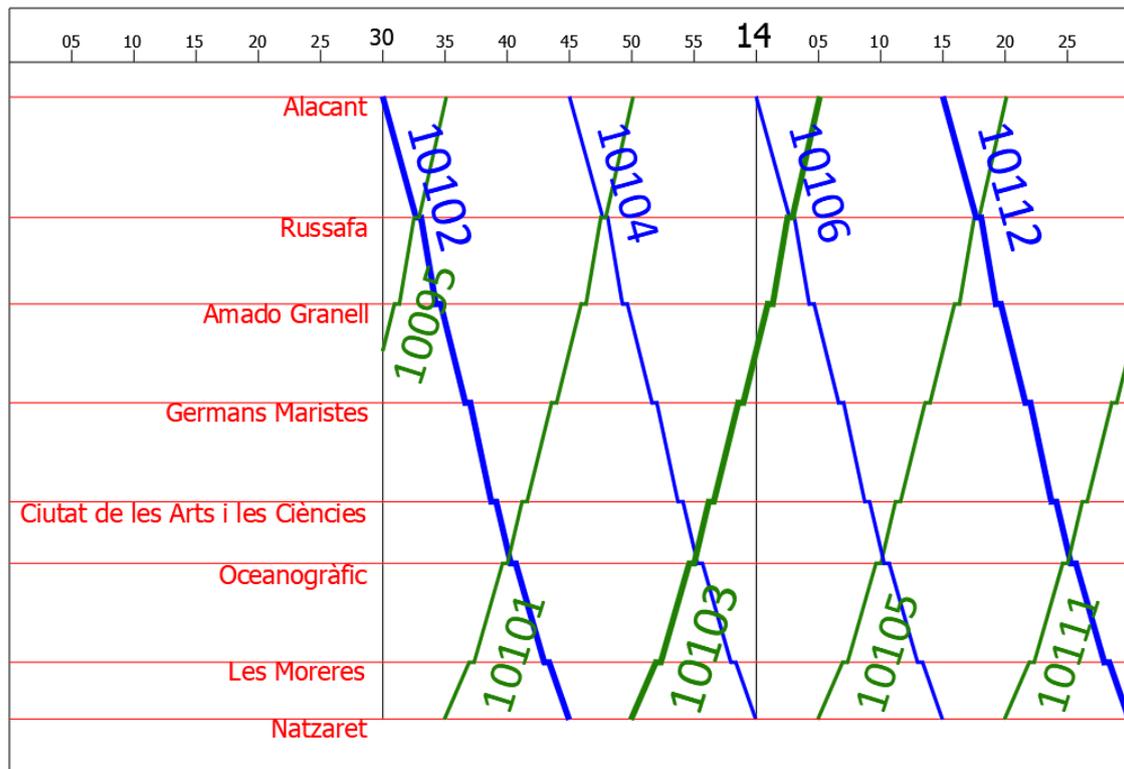


Figura 4.7: Se visualizan las circulaciones para la situación en sábados y festivos, donde los trenes salen cada 15 minutos de las estaciones. Las circulaciones pares realizan el recorrido Alacant – Natzaret en color azul y las circulaciones impares el sentido contrario Natzaret – Alacant en color verde. Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes tablas se muestran los tiempos de viaje de la Línea 10 hacia las diferentes estaciones que la componen.

Tabla 4.1: Tiempo de viaje siendo el origen la Estación Alacant. Fuente: Elaboración propia.

Salida desde Alacant Estación de destino	Tiempo acumulado (min)
<b>Russafa</b>	2 y 30 seg
<b>Amado Granell</b>	4
<b>Germans Maristes</b>	6
<b>Ciutat de les Arts i les Ciències</b>	8 y 30 seg
<b>Oceanogràfic</b>	10
<b>Les Moreres</b>	13
<b>Natzaret</b>	15

Tabla 4.2: Tiempo de viaje siendo el origen la Estación Natzaret. Fuente: Elaboración propia.

Salida desde Natzaret Estación de destino	Tiempo acumulado (min)
Les Moreres	2
Oceanogràfic	4 y 30 seg
Ciutat de les Arts i les Ciències	6
Germans Maristes	8 y 30 seg
Amado Granell	11
Russafa	12 y 30 seg
Alacant	15

### 4.3. Modelo de Consumo Energético

Para obtener el Consumo Energético se usará un Modelo de Consumo de Energía desarrollado por el Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes de la Universidad Politécnica de Valencia.

Este modelo toma en cuenta diferentes variables del trazado geométrico de la línea, como los radios de giro y las pendientes donde se ha considerado realizarlo cada 100 metros ya que la longitud total del recorrido es muy corta en comparación a las líneas regionales. También toma en consideración parámetros del material rodante como los bogíes en curva y la velocidad a la que circula el tren a lo largo de su recorrido.

Las condiciones geométricas de la vía al momento de realizar el presente estudio ya se conocen, ya que la construcción prácticamente está terminada, por esta razón, la velocidad es la condición que se puede modificar para lograr que la circulación sea eficiente. (García Álvarez & Martín Cañizare, 2010) Para ingresar los datos de velocidad en el cálculo, se identificaron las abscisas aproximadas donde están las estaciones, que serán los puntos donde los trenes frenan y aceleran generando un mayor consumo. Se tomó como velocidad máxima 70 km/h en el túnel y 60 km/h cuando la línea sale a la superficie.

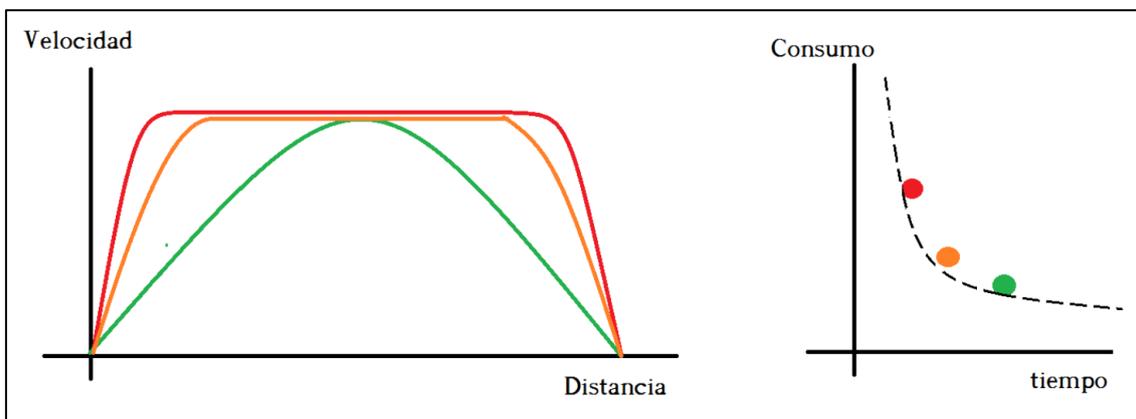


Figura 4.8: Consumo energético en función del tiempo de viaje. Fuente: I. Villalba.

Se trata de lograr circular a velocidades que no sobrepasen el límite permitido, aprovechar las condiciones geométricas de la línea. Acelerando y desacelerando progresivamente permitirá tener un menor consumo que si se busca llegar a la velocidad límite apenas comenzado el recorrido y frenar cerca de la estación. Por contraparte, esta manera de gestionar la velocidad incide en el tiempo que tome en completar el trayecto de la línea, demorando más que si se conduce a velocidades mayores.

Se calcularon los valores para ambos sentidos de la línea, resultando:

Tabla 4.3: Consumo Izquierda – Derecha. Fuente: Elaboración propia.

Lado	Consumo x km (KWh)
Izquierdo	18
Derecho	14

Tabla 4.4: Consumo Ida y Vuelta en el Lado Izquierdo. Fuente: Elaboración propia.

Lado Izquierdo	Consumo x km (KWh)
Ida (hacia Nazaret)	18
Vuelta (hacia Estación del Norte)	9

Para tener una idea de los resultados obtenidos del cálculo de consumo, se puede tomar en cuenta los valores de consumo de las demás líneas de la red. Los consumos de las demás líneas de Metrovalencia tienen valores alrededor de los 5 a 7 KWh por kilómetro, los valores obtenidos del cálculo pueden diferir por los siguientes motivos:

- Condiciones propias del trazado de la línea como radios de curvaturas cerrados, donde necesariamente se debe de bajar la velocidad y pendientes fuertes, como el paso elevado cerca del Oceanogràfic para sortear las vías férreas hacia Cabanyal.
- Las velocidades se las ha determinado de manera orientativa, tomando en cuenta la distancia hasta la próxima estación y la geometría de la línea.
- Paradas cercanas al final de la línea llegando a Nazaret, a mayor número de paradas, se deberá acelerar y frenar con mayor frecuencia y se obtendrá un mayor consumo.
- Además de las paradas, en un servicio tranviario que circula en la superficie tiene intersecciones a nivel, por lo que deberá acelerar y frenar en cada uno de los cruces con semáforo, ya sean cruces vehiculares o peatonales.
- El modelo es una aproximación. En sistemas urbanos como el de la Línea 10, con cambios geométricos en pocos metros, sería ideal que el modelo los refleje, teniendo una precisión cada 10 metros. Para el presente modelo, varios cambios de pendiente o de radios no se ven reflejados. En los Anexos se presentan las tablas de la geometría del recorrido.

#### 4.4. Relación con el servicio de autobuses de la EMT

Existen 2 líneas de buses cuyos recorridos se asemejan al de la Línea 10 de Metrovalencia:

35) Estación del Norte – Islas Canarias: recorrido parecido desde el centro, circula por la Av. Amado Granell hasta la Av. Hermanos Maristas y luego llega la Ciudad de las Artes y Ciencias, donde cruza el viejo cauce del Turia en dirección hacia el norte.

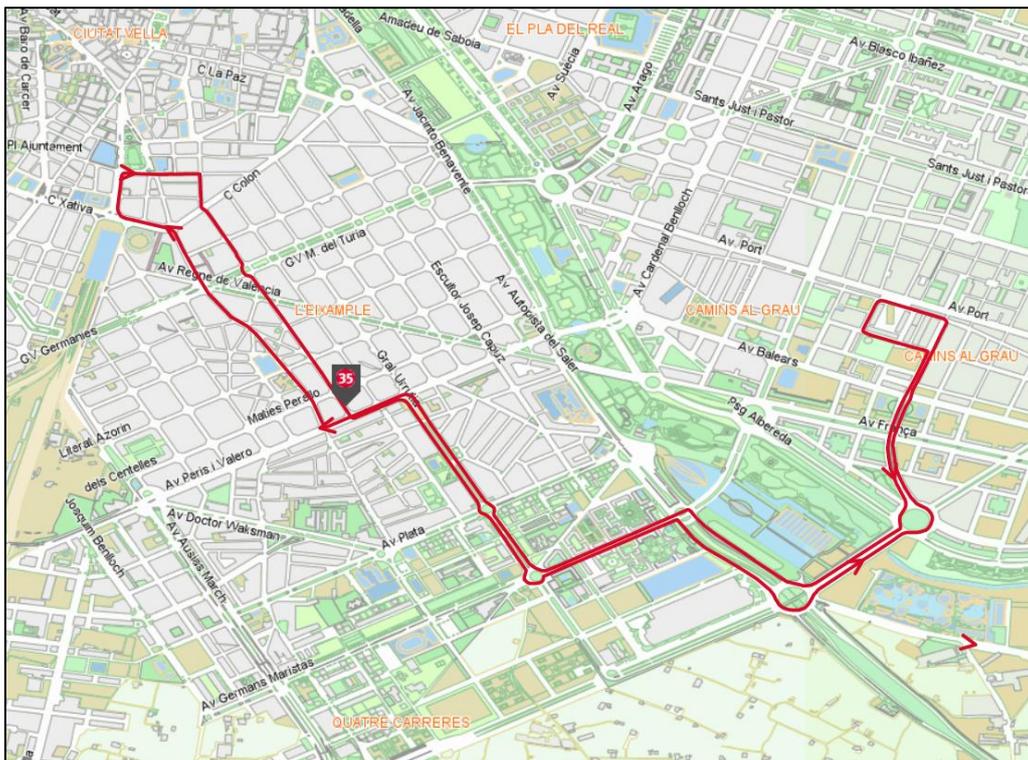


Figura 4.9: Recorrido de la Línea 35 de buses. Fuente: Empresa Municipal de Transportes de Valencia S.A.U.

95) Jardín del Turia – Playas: tiene el mismo recorrido desde el Oceanogràfic por la Calle de Eduardo Primo, pero no cruza el paso elevado, que es exclusivo de la Línea 10 y del carril bici, sino que toma una rotonda que lo dirige a otro paso elevado. Luego continúa por la Calle de las Barracas del Figuero y llega a Nazaret, posteriormente avanza hacia La Marina.

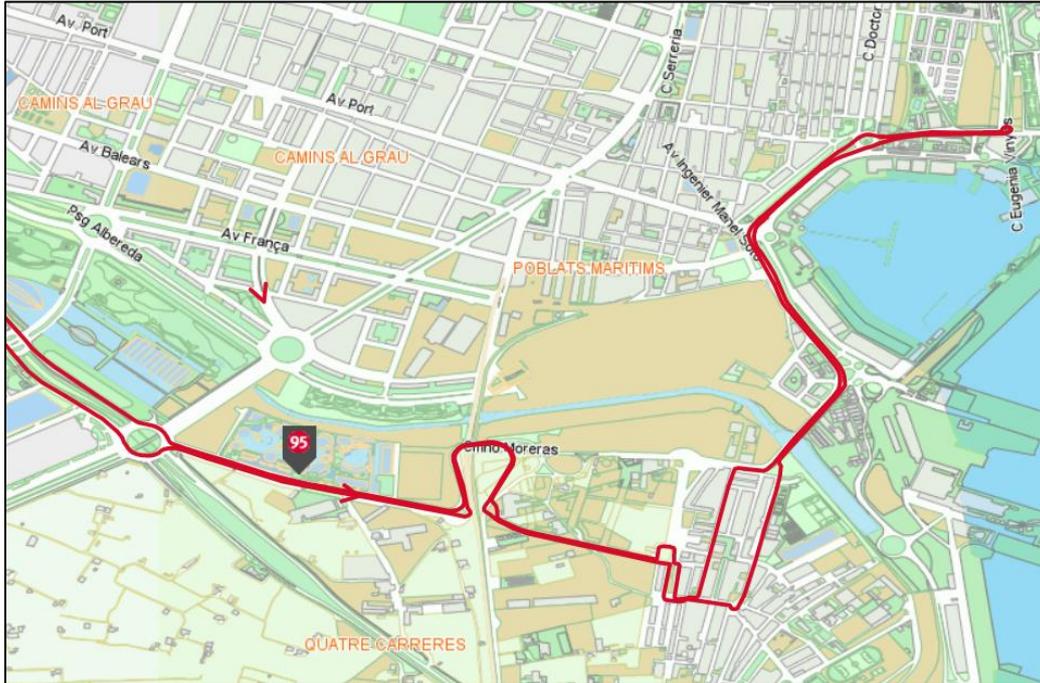


Figura 4.10: Recorrido de la Línea 95 de buses. Fuente: Empresa Municipal de Transportes de Valencia S.A.U.

Una vez que la línea 10 entre en funcionamiento, será necesario que la EMT modifique esos recorridos, a fin de que no haya una sobre posición de los servicios de transporte público en la ciudad. Cabe destacar que los destinos finales de las líneas de buses no son iguales a los de la línea de metro, así que con pocas modificaciones también pueden servir para la intermovilidad de los usuarios.

Las siguientes líneas tienen ciertas paradas cerca de las estaciones de Metro y pueden funcionar como trasbordos para la intermovilidad de los usuarios:

- 4) Puerto/Nazaret – Poeta Querol: recorre desde Nazaret incluido el mercado, hasta el centro de la ciudad, a 4 calles de la Estación del Norte. Circula por la Av. Del Puerto.
- 14) Horno de Alcedo/Pinedo – Estación del Norte: circula en un tramo en la Av. Amado Granel en el centro de la ciudad y continua hacia Ruzafa.
- 30) Nazaret/Hospital Clínico: recorre desde Nazaret, se dirige al Hospital Clínico Universitario. Circula por la Av. Del Puerto.

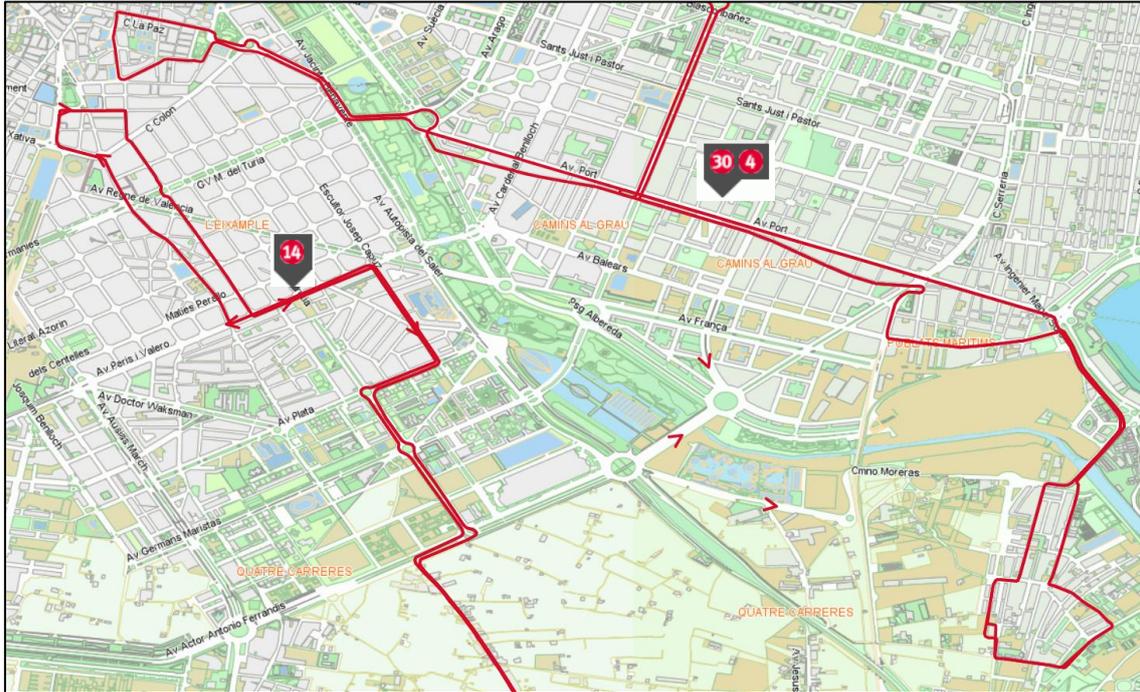


Figura 4.11: Recorrido de las Líneas 4, 14 y 30 de buses. Fuente: Empresa Municipal de Transportes de Valencia S.A.U.

## 5. CONCLUSIONES

- El proyecto de la Línea 10 de Metrovalencia se ha pospuesto más de una década debido a la crisis económica e incluso hoy en día aún no entra en funcionamiento. Se espera que comience su funcionamiento en el verano de 2021. También ha sido un reclamo del barrio Nazaret por varios años, los vecinos sienten que han sido marginados y el retraso ha influenciado esa sensación. Será de gran importancia para el usuario la conectividad con la red de buses de la EMT, del sistema Valenbisi y demás medios de transporte público para integrar todas las zonas de la ciudad.



Figura 5.1: Estación de Valenbisi fuera de lo que será la Estación Amado Granell a junio 2020. Fuente: Elaboración propia.

- El recorrido de esta es íntegramente urbano, desde el centro de la ciudad en la Calle Alicante hasta el barrio de Nazaret, además combina tramos subterráneos y en superficie. Una vez puesta en marcha unirá importantes centros de convocatoria de la ciudad, como la Estación del Norte, el barrio de Ruzafa, la Ciudad de las Artes y las Ciencias, entre otros. Tiene 8 estaciones, 3 en subterráneo y 5 en superficie, y se prevé que el recorrido dure unos 15 minutos, en días laborables, disminuyendo los 40 minutos o más que puede durar el viaje de extremo a extremo con los servicios de transporte actuales.
- El cálculo de consumo energético se realizó con una serie de modelos, calibrados con datos reales pero que no deja de ser una aproximación para una línea que aún no está en servicio y que se trata de estimar su operación. Para futuros trabajos se puede ajustar el modelo a una distancia menor, cada 10 metros. De esta manera se pueden contemplar los cambios de geometría en el trazado que ocurren en menos de los 100 metros con los que realiza el cálculo el

modelo, ya que algunos de los cambios de curvas o de pendientes tienen una longitud muy corta.



Figura 5.2: Radios de curvatura, 52 metros, en el trazado de la Línea 10. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana

- Existen varias variables que inciden en el consumo energético de un tren, como las propias características físicas del material móvil, el trazado con pendientes y radios de giro propios del recorrido de la línea y también condiciones del servicio una vez puesta en marcha la línea, como la distancia entre paradas, aceleraciones. Con el modelo se apreció que variaciones de la velocidad inciden en el consumo, por lo que es importante gestionar de manera óptima las aceleraciones y detenciones del tren, que llevará a un aprovechamiento de energía.
  - Los valores de consumo energético para la línea 10 resultaron entre 14 a 18 kW por hora, valores cercanos a los 7 kW por hora que tienen en las otras líneas de la red de Metrovalencia. Si bien los cálculos son razonables, la diferencia se puede explicar por las condiciones geométricas, paradas más cercanas, intersecciones a nivel que aumentan la frecuencia de las aceleraciones y desaceleraciones.
- b
- El proyecto de la línea 10 tiene previsto unir a la nueva línea con el resto de la red de Metrovalencia, de esta manera, en el barrio Nazaret se comunicará con el Puerto y la Marina. En la calle Alicante se prevé realizar una pasarela mecánica para que los usuarios se dirijan a la Estación del Norte o al centro y también una futura expansión se realizará hacia el Hospital La Fe. Para que estos proyectos se

realicen será importante la financiación que tenga la Conselleria, que no existan recortes que perjudiquen las obras como ocurrió en el pasado y hasta la actualidad quedaron estructuras sin aprovechar, como la estación bajo el Mercat Central.



*Figura 5.3: La Estació del Nord, principal estación ferroviaria de Valencia, estará comunicada en un futuro a la Estación Alacat de la Línea 10 de Metrovalencia por medio de una pasarela mecánica. Elaboración propia*

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Adif . (s.f.). *Proyecto: Reducir riesgos de la explotación ferroviaria*. Adif.
- Bellvis, V. (24 de septiembre de 2019). *Sorpresas y novedades en la Línea 10 de MetroValencia*. Obtenido de Valencia News: <https://valencianews.es>
- Conejos, M. (20 de febrero de 2001). La línea T-2 del Metro incorporará una nueva parada en el Mercado Central. *Diario ABC*.
- Connor, P. (2019). *Operations*. Obtenido de The Railway Technical Website: <http://www.railway-technical.com/>
- Delucchi, F. (2014). Metro Milano: Lilla da record. *Quarry & Construction* , 55-58.
- Desfilis, C. (12 de diciembre de 2019). Los avances de la L10 refuerzan el plazo de 19 meses para conectar Nazaret. *València Extra*.
- Domingo, I. (2 de marzo de 2018). El Consell desbloquea la T-2 con la licitación de la redacción de los proyectos hasta Nazaret. *Diario Las Provincias*.
- Entrén Ingeniería Ferroviaria. (2010). *Estudio de las Alternativas de Instalaciones de Señalización y ATP para la Línea 2 del Metro de Valencia*. Valencia: Conselleria d' Infraestructures i Transports de la Generalitat Valenciana.
- Europa Press. (12 de junio de 2017). La Generalitat desbloquea la línea T2 de Metrovalencia tras reprogramar fondos europeos. *20 minutos*.
- Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana. (2006). *Ampliaciones previstas en Metrovalencia*. Valencia: FGV.
- Ferropedia. (2015). *ASFA*. Obtenido de Ferropedia: <http://www.ferropedia.es>
- FGV. (julio de 2018). *FGV emplea la metodología BIM building information modeling en la redacción de los proyectos constructivos de la Línea 10*. Obtenido de FGV: <https://www.fgv.es>
- FGV. (marzo de 2018). *FGV impulsa la reanudación de las obras de la L10 con la licitación de la redacción y adaptación de proyectos entre la calle Alicante y Nazaret*. Obtenido de FGV: <https://www.fgv.es>
- FGV. (marzo de 2018). *La T2 pasa a denominarse oficialmente como línea 10 de la red de Metrovalencia*. Obtenido de FGV: <https://www.fgv.es>
- FGV. (mayo de 2020). *La Generalitat ejecuta las primeras actuaciones en el tramo subterráneo de la futura Línea 10 de Metrovalencia*. Obtenido de FGV: <https://www.fgv.es>



- FGV. (febrero de 2020). *La Generalitat finaliza las primeras obras de la Línea 10 de Metrovalencia en el tramo entre Amado Granell y Hermanos Maristas*. Obtenido de FGV: <https://www.fgv.es>
- Furió, J. (14 de agosto de 2020). Acaban las obras de la futura Línea 10 en la calle Alicante de València. *Horta Noticias*.
- García Álvarez, A., & Martín Cañizare, M. d. (2010). *Metodología de cálculo del consumo de energía de los trenes de viajeros y actuaciones en el diseño del material rodante para su reducción*. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
- Guillaumes, A. (2020). *Estacions i intercanviadors*. Obtenido de sitio web de Albert Guillaumes: <http://estacions.albertguillaumes.cat>
- Levante-EMV Valencia. (24 de mayo de 2012). La Generalitat gastará más de 1.500 euros al día en mantener la línea de metro sin trenes. *Levante-El Mercantil Valenciano*.
- Metrovalencia. (octubre de 2018). *30 anys de metro*. Obtenido de Metrovalencia: <https://www.metrovalencia.es/>
- N.C., C. (4 de febrero de 2011). Las obras de la línea T2 de tranvía levantarán la plaza del Ayuntamiento. *20 minutos*.
- Navarro, C. (21 de noviembre de 2019). Obras Públicas estudia un túnel peatonal por el centro para conectar la línea 10 con la red de Metrovalencia. *El Diario*.
- Newman, A. (28 de abril de 2010). Train Stopped Safely by 'Dead-Man Feature'. *The New York Times*.
- Obrador, J. L. (8 de octubre de 2015). El deterioro de la paralizada línea T2 de Metrovalencia fuerza a retirar tramos de vía en superficie. *20 minutos*.
- Obrador, J. L. (11 de septiembre de 2018). Puig anuncia metro nocturno los fines de semana y festivos y la llegada de la L10 a Nazaret en una única fase. *20 minutos*.
- Obrador, J. L. (11 de diciembre de 2019). La línea 10 de Metrovalencia funcionará en el verano de 2021 con 15 minutos de frecuencia y se conectará a La Marina. *20 minutos*.
- Obrador, J. L. (30 de septiembre de 2019). FGV prevé que la futura línea 10 de Metrovalencia pueda transportar hasta 6,2 millones de viajeros al año. *20 minutos*.
- Plimmer, D. (2019). *Timing Graphs*. Obtenido de Main Line Railways of North Wales: <http://www.2d53.co.uk/index.htm>



- Sánchez Alandí, R. (2013). *Propuesta para la Explotación del Tramo de Línea Ferroviaria de Nueva Construcción entre Manises y Riba-roja del Túria (Valencia)*.
- Schwandl, Robert . (2019). *UrbanRail.Net* . Obtenido de Valencia: <http://urbanrail.net>
- Union Internationale des Transports Publics. (2012). *Metro Automation facts, figures and trends*. . Bruselas: UITP Press Contact.
- Villalba Sanchis, I. (2015). *Estudio y optimización de la eficiencia energética en la conducción de trenes metropolitanos de la ciudad de Valencia*. Obtenido de Trabajo Final de Máster. Valencia: Universitat Politècnica de València.: <https://riunet.upv.es/handle/10251/57730>

## 7. ANEXO I – RADIOS DE CURVATURAS

### 7.1. Vía Derecha

Tabla 7.1: Tabla de radios de curvatura. Vía derecha.

#	Tipo	Pk	Longitud	Radio	Parámetros
1	Recta	324.855	7.29		
2	Clotoide	332.142	5.00		-20
3	Círculo	337.142	12.48	80	
4	Clotoide	349.619	5.00		20
5	Recta	354.619	11.93		
6	Clotoide	366.550	4.50		15
7	Círculo	371.050	6.62	-50	
8	Clotoide	377.670	3.92		-14
9	Recta	381.590	90.93		
10	Clotoide	472.516	15.19		25
11	Círculo	487.705	82.14	-41.15	
12	Clotoide	569.842	17.72		-27
13	Recta	587.557	66.27		
14	Clotoide	653.826	20.00		-107.25
15	Círculo	673.831	12.91	575	
16	Clotoide	686.744	20.00		107.25
17	Recta	706.749	177.32		
18	Clotoide	884.066	44.10		-63
19	Círculo	928.166	25.60	90	
20	Clotoide	953.764	44.10		63
21	Recta	997.864	194.78		
22	Clotoide	1192.643	15.00		58.1
23	Círculo	1207.646	4.20	-225	
24	Clotoide	1211.842	15.00		-58.1
25	Recta	1226.845	6.89		
26	Clotoide	1233.731	15.00		-58.1
27	Círculo	1248.734	4.20	225	
28	Clotoide	1252.930	15.00		58.1
29	Recta	1267.932	103.71		
30	Clotoide	1371.642	15.00		-30
31	Círculo	1386.642	33.01	60	
32	Clotoide	1419.655	15.00		30
33	Recta	1434.655	86.21		
34	Círculo	1520.866	26.83	-5000	
35	Recta	1547.698	57.53		
36	Círculo	1605.226	30.11	-30000	
37	Recta	1635.334	108.00		

38	Círculo	1743.333	20.65	5000	
39	Recta	1763.981	97.93		
40	Clotoide	1861.907	7.11		-40
41	Círculo	1869.018	5.71	225	
42	Clotoide	1874.727	7.11		40
43	Recta	1881.838	19.71		
44	Clotoide	1901.547	7.11		40
45	Círculo	1908.658	7.37	-225	
46	Clotoide	1916.023	5.44		-35
47	Recta	1921.467	639.16		
59	Clotoide	2560.630	15.63		125
60	Círculo	2576.255	22.86	-1000	
61	Clotoide	2599.114	15.63		-125
62	Recta	2614.739	29.37		
63	Clotoide	2644.113	15.63		-125
64	Círculo	2659.738	20.77	1000	
65	Clotoide	2680.509	15.63		125
66	Recta	2696.134	336.01		
67	Clotoide	3032.144	39.19		46
68	Círculo	3071.329	45.57	-54	
69	Clotoide	3116.904	39.18		-46
70	Recta	3156.089	560.36		
71	Círculo	3716.444	82.14	100	
72	Clotoide	3798.586	15.21		39
73	Recta	3813.796	214.72		
74	Clotoide	4028.517	49.81		252
75	Círculo	4078.324	149.13	-1275	
76	Clotoide	4227.457	49.81		-252
77	Recta	4277.264	287.65		
78	Clotoide	4564.913	34.85		-132
79	Círculo	4599.761	28.35	500	
80	Clotoide	4628.112	34.85		132
81	Recta	4662.960	61.13		
82	Clotoide	4724.085	29.93		134
83	Círculo	4754.012	25.17	-600	
84	Clotoide	4779.183	29.93		-134
85	Recta	4809.110	364.17		
86	Círculo	5173.276	38.05	-30	
87	Recta	5211.323	34.07		
88	Círculo	5245.394	37.22	30	
89	Recta	5282.613	77.82		
90		5360.434	0.00		

## 7.2. Vía Izquierda

Tabla 7.2: Tabla de radios de curvatura. Vía izquierda

#	Tipo	Pk	Longitud	Radio	Parámetros
1	Recta	329.515	11.94		
2	Clotoide	341.458	3.21		-15
3	Círculo	344.672	12.08	70	
4	Clotoide	356.75	3.21		15
5	Recta	359.965	11.82		
6	Clotoide	371.783	3.75		15
7	Círculo	375.533	9.25	-60	
8	Clotoide	384.779	3.75		-15
9	Recta	388.529	88.27		
10	Clotoide	476.797	15.16		24
11	Círculo	491.955	75.24	-38	
12	Clotoide	567.194	16.45		-25
13	Recta	583.642	69.14		
14	Clotoide	652.783	13.50		-107.25
15	Círculo	666.283	20.85	575	
16	Clotoide	687.133	13.50		107.25
17	Recta	700.633	182.45		
18	Clotoide	883.087	37.90		-60
19	Círculo	920.981	35.68	95	
20	Clotoide	956.656	37.90		60
21	Recta	994.551	207.25		
22	Círculo	1201.802	22.16	-5000	
23	Recta	1223.959	23.63		
24	Círculo	1247.588	22.16	5000	
25	Recta	1269.744	100.19		
26	Clotoide	1369.936	17.50		-35
27	Círculo	1387.436	40.84	70	
28	Clotoide	1428.272	12.86		30
29	Recta	1441.13	79.76		
30	Círculo	1520.884	26.82	-4996.7	
31	Recta	1547.699	57.83		
32	Círculo	1605.528	30.11	-30000	
33	Recta	1635.636	107.79		
34	Círculo	1743.423	20.65	5000	
35	Recta	1764.07	97.82		
36	Clotoide	1861.889	7.16		-40.439
37	Círculo	1869.052	5.85	228.3	
38	Clotoide	1874.897	7.16		40.439
39	Recta	1882.06	19.66		

40	Clotoide	1901.715	6.96		39.559
41	Círculo	1908.67	7.44	-225	
42	Clotoide	1916.113	5.44		-35
43	Recta	1921.557	635.37		
44	Clotoide	2556.93	15.63		125
45	Círculo	2572.555	22.86	-1000	
46	Clotoide	2595.414	15.63		-125
47	Recta	2611.039	33.00		
48	Clotoide	2644.044	15.63		-125
49	Círculo	2659.669	20.77	1000	
50	Clotoide	2680.44	15.63		125
51	Recta	2696.065	334.80		
52	Clotoide	3030.866	42.32		46
53	Círculo	3073.186	36.16	-50	
54	Clotoide	3109.348	42.32		-46
55	Recta	3151.668	560.74		
56	Círculo	3712.408	82.14	100	
57	Clotoide	3794.55	15.21		39
58	Recta	3809.76	216.11		
59	Clotoide	4025.869	49.81		252
60	Círculo	4075.676	149.13	-1275	
61	Clotoide	4224.808	49.81		-252
62	Recta	4274.615	287.25		
63	Clotoide	4561.863	35.17		-133
64	Círculo	4597.03	28.41	503	
65	Clotoide	4625.442	35.17		133
66	Recta	4660.609	60.90		
67	Clotoide	4721.507	30.08		134
68	Círculo	4751.584	24.74	-597	
69	Clotoide	4776.329	30.08		-134
70	Recta	4806.406	359.34		
71	Círculo	5165.741	41.85	-33	
72	Recta	5207.593	38.66		
73	Círculo	5246.255	31.02	25	
74	Recta	5277.271	82.78		
75		5360.053	-5360.05		

## 8. ANEXO II – PENDIENTES

### 8.1. Vía Derecha

Tabla 8.1: Cambios de Pendientes a lo largo del recorrido vía derecha

Pk	Longitud (m)	Pendiente (‰)	(m)	(‰)
<b>0.000</b>	512.24	<b>0</b>	<b>3145.746</b>	<b>31.11</b>
<b>512.235</b>	310.50	<b>16.12</b>	<b>3176.861</b>	<b>360.24</b>
<b>822.733</b>	183.46	<b>-2.91</b>	<b>3537.104</b>	<b>30.42</b>
<b>1006.190</b>	179.73	<b>-40</b>	<b>3567.521</b>	<b>110.41</b>
<b>1185.920</b>	273.24	<b>-2.56</b>	<b>3677.933</b>	<b>38.44</b>
<b>1459.162</b>	94.61	<b>40</b>	<b>3716.377</b>	<b>64.75</b>
<b>1553.775</b>	134.88	<b>0</b>	<b>3781.123</b>	<b>47.52</b>
<b>1688.657</b>	63.73	<b>-40</b>	<b>3828.647</b>	<b>30.24</b>
<b>1752.382</b>	280.30	<b>0</b>	<b>3858.890</b>	<b>256.17</b>
<b>2032.684</b>	69.34	<b>15.5</b>	<b>4115.063</b>	<b>199.94</b>
<b>2102.022</b>	118.26	<b>1.9</b>	<b>4315.000</b>	<b>147.72</b>
<b>2220.286</b>	155.56	<b>-2</b>	<b>4462.715</b>	<b>212.83</b>
<b>2375.842</b>	149.00	<b>60</b>	<b>4675.543</b>	<b>221.58</b>
<b>2524.844</b>	109.21	<b>0.5</b>	<b>4897.121</b>	<b>59.72</b>
<b>2634.056</b>	26.88	<b>-13.39</b>	<b>4956.846</b>	<b>139.72</b>
<b>2660.933</b>	69.90	<b>-6.15</b>	<b>5096.562</b>	<b>37.92</b>
<b>2730.830</b>	66.82	<b>-12</b>	<b>5134.480</b>	<b>23.52</b>
<b>2797.647</b>	259.61	<b>-1.7</b>	<b>5158.000</b>	<b>34.62</b>
<b>3057.254</b>	29.82	<b>-7</b>	<b>5192.624</b>	<b>87.38</b>
<b>3087.076</b>	58.67	<b>1.17</b>	<b>5280.000</b>	<b>80.43</b>
<b>Pk</b>	<b>Longitud</b>	<b>Pendiente</b>	<b>5360.434</b>	<b>-5360.43</b>

## 8.2. Vía Izquierda

Tabla 8.2: Cambios de Pendientes a lo largo del recorrido vía izquierda.

Pk	Longitud (m)	Pendiente (‰)
<b>0.000</b>	508.75	0
<b>508.754</b>	310.50	16.12
<b>819.252</b>	230.61	-2.91
<b>1049.858</b>	190.47	-3.43
<b>1240.332</b>	224.14	-2.56
<b>1464.473</b>	68.49	-40
<b>1532.965</b>	155.69	0
<b>1688.655</b>	63.73	-40
<b>1752.380</b>	280.30	0
<b>2032.681</b>	69.34	15.5
<b>2102.018</b>	118.27	1.9
<b>2220.285</b>	155.56	-2
<b>2375.842</b>	149.00	60
<b>2524.844</b>	109.21	0.5
<b>2634.055</b>	26.88	-13.39
<b>2660.933</b>	69.90	-6.15
<b>2730.830</b>	66.82	-12
<b>2797.647</b>	257.32	-1.7
<b>3054.971</b>	30.62	-7
<b>3085.595</b>	51.35	1.17
Pk	Longitud	Pendiente

	(m)	(‰)
<b>3136.947</b>	31.49	8
<b>3168.436</b>	360.52	1.28
<b>3528.955</b>	34.13	-3.24
<b>3563.088</b>	109.18	1.61
<b>3672.269</b>	38.37	20.09
<b>3710.638</b>	67.51	0.16
<b>3778.146</b>	48.27	-16.56
<b>3826.412</b>	30.14	11.82
<b>3856.553</b>	256.35	-4.07
<b>4112.907</b>	197.52	-2.72
<b>4310.429</b>	149.67	-3.59
<b>4460.096</b>	212.93	50.51
<b>4673.029</b>	221.68	-48.97
<b>4894.708</b>	59.84	-3.04
<b>4954.552</b>	61.79	-8.29
<b>5016.344</b>	118.14	-8.04
<b>5134.480</b>	23.52	-8.59
<b>5158.000</b>	28.25	-12.22
<b>5186.253</b>	93.75	0.25
<b>5280.000</b>	80.05	-1.54
<b>5360.053</b>		

## 9. ANEXO III – FOTOS DEL RECORRIDO

Las siguientes fotos son propias y fueron realizadas en junio de 2020.



*Figura 9.1: Zona cercana a la Estación Alacant.*



*Figura 9.2: Zona cercana a la Estación Russafa*



*Figura 9.3: Zona cercana a la Estación Amado Granell*



*Figura 9.4: Salida del túnel en la Av. Amado Granell*



*Figura 9.5: Zona cercana a la Estación Germans Maristes*



*Figura 9.6: Rieles del tramo en superficie en la Av. Amado Granell*



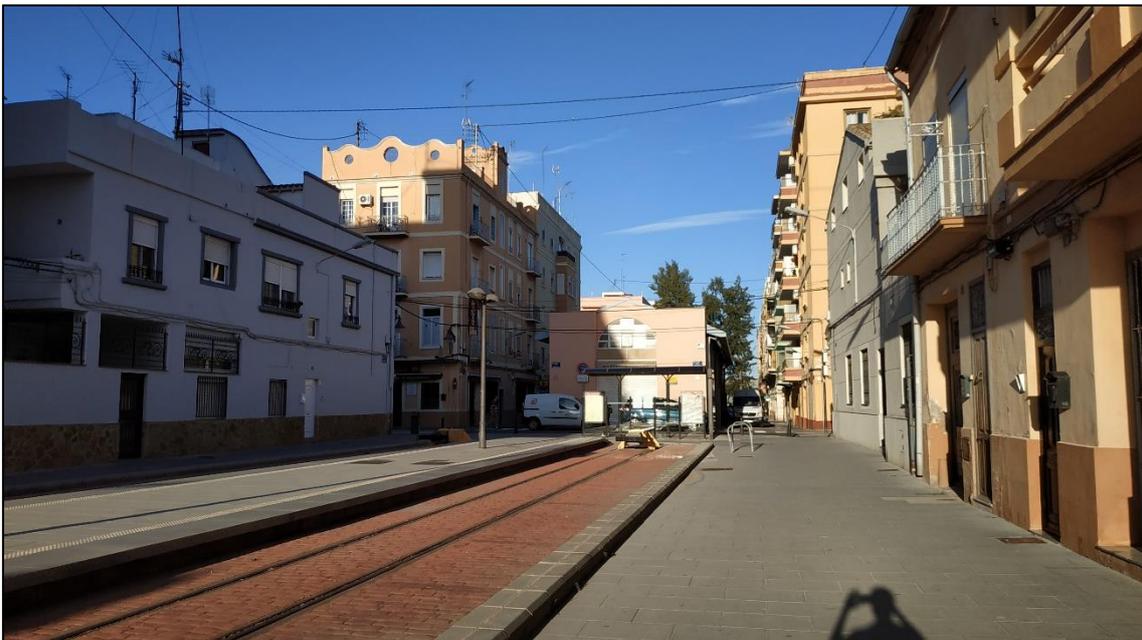
*Figura 9.7: Tramo en la Calle de Antonio Ferrandis*



*Figura 9.8: Tramo en el paso elevado cerca del Oceanográfico*



*Figura 9.9: Paso elevado en dirección al barrio de Nazaret*



*Figura 9.10: Final de la Línea en la Estación de Natzaret*

## 10. ANEXO IV – TRAZADO DE LA LÍNEA 10



Figura 10.1: Trazado de la Línea 10 de Metrovalencia. Fuente: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana

## 11. ANEXO V – OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS).

Relación del TFG/TFM “Propuesta para la explotación y optimización del consumo energético de la línea 10 de Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana en Valencia.” con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. <b>Fin de la pobreza.</b>				
ODS 2. <b>Hambre cero.</b>				
ODS 3. <b>Salud y bienestar.</b>				
ODS 4. <b>Educación de calidad.</b>				
ODS 5. <b>Igualdad de género.</b>				
ODS 6. <b>Agua limpia y saneamiento.</b>				
ODS 7. <b>Energía asequible y no contaminante.</b>				
ODS 8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico.</b>				
ODS 9. <b>Industria, innovación e infraestructuras.</b>				
ODS 10. <b>Reducción de las desigualdades.</b>				
ODS 11. <b>Ciudades y comunidades sostenibles.</b>				
ODS 12. <b>Producción y consumo responsables.</b>				
ODS 13. <b>Acción por el clima.</b>				
ODS 14. <b>Vida submarina.</b>				
ODS 15. <b>Vida de ecosistemas terrestres.</b>				
ODS 16. <b>Paz, justicia e instituciones sólidas.</b>				
ODS 17. <b>Alianzas para lograr objetivos.</b>				

Descripción de la alineación del TFG/M con los ODS con un grado de relación más alto.

### ODS 7. Energía asequible y no contaminante.

Con la búsqueda de la eficiencia en el consumo de la Línea 10, contribuirá a duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética, además de la posibilidad de adoptar energías renovables.



**ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.**

Una vez puesto en funcionamiento el servicio, será una oportunidad para la lograr el empleo pleno y el trabajo decente para mujeres y hombres, incluidos los jóvenes y las personas con discapacidad. Además se puede potenciar el turismo local sostenible, que genere redito con los productos locales, ya que la Línea circulará por varios puntos de importancia cultural y de entretenimiento para la ciudad.

**ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.**

La Línea 10 de metro y tranvía será una construcción sostenible, de calidad, debido a que promueve el transporte sostenible y posteriormente la intermodalidad con buses y bicicletas, así mismo promueve el acceso equitativo para todos, como reclamaba el barrio de Nazaret, por ejemplo. El consumo eficiente de la energía contribuye a que la empresa de ferrocarriles sea sostenible.

**ODS 10. Reducción de las desigualdades.**

El barrio de Nazaret se sentía marginado de la red de metro y de la ciudad en sí al quedar poco a poco alejado de la misma. Con este proyecto se busca la inclusión y reivindicación de la población de Nazaret, y de los alrededores de toda la línea en general. Se garantiza la igualdad de movilidad y de oportunidades.

**ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.**

Este proyecto proveerá a los usuarios de un transporte público seguro, accesible y sostenible y será de gran ayuda a los nuevos proyectos de urbanizaciones en los sectores donde circulará.