



CONTROL UTE

Elaborado	Revisado	Aprobado
 Andrés Pliego Rodríguez	 Héctor Martín Pérez	 Francisco Javier Valencia Vera

CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Código	Objeto	Versión	Fecha
TMG6211PPR3-AYP-INS-ZZZ-ANE-IS-002	Creación del documento	C01.01(V00)	28/11/2022
TMG6211PPR3-AYP-INS-ZZZ-ANE-IS-002	Revisión del documento	C02.01	31/03/2023

Índice

1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	6	7.2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS FASES	16
2. NORMATIVA	6	7.3. REGULACIÓN DE INTERSECCIONES NORMALES	16
3. ESTRUCTURA DOCUMENTAL.....	8	7.4. REGULACIÓN DE GLORIETAS.....	17
4. OBJETO	8	7.4.1. Características generales.....	17
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE REGULACIÓN SEMAFÓRICA.....	9	7.4.2. Regulación típica de glorieta. Solución 1	17
5.1. SEMÁFOROS	9	7.4.3. Regulación típica de glorieta. Solución 2.	18
5.2. DETECCIÓN DEL TREN.....	10	7.5. SEÑALIZACIÓN Y REGULACIÓN DE PASOS DE PEATONES NORMALES (NO SITUADOS EN PARADAS)	19
5.3. REGULADOR LOCAL	10	7.5.1. Organización de la señalización	19
5.4. ARQUITECTURA DEL CONTROL CENTRALIZADO.....	11	7.5.2. Organización de los tiempos de regulación.....	20
5.5. PUESTO DE CONTROL SECUNDARIO (PCS)	11	7.6. REGULACIÓN DE PASOS DE PEATONES EN PARADAS	20
6. ESTRATEGIA DE PRIORIDAD DEL METRO LIGERO.	11	8. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE REGULACIÓN	22
6.1. CONCEPTOS GENERALES	11	8.1. REGULADOR DE LOS SEMÁFOROS DE UNA INTERSECCIÓN	22
6.2. DETECCIÓN DEL METRO LIGERO	11	8.1.1. Características generales.....	22
6.2.1. Sistema de detección	11	8.1.2. Características funcionales y tecnológicas	22
6.2.2. Situación de los detectores.....	12	8.1.3. Funciones de programación:	24
6.3. GESTIÓN DE LOS SEMÁFOROS DEL METRO LIGERO	13	8.1.4. Funciones de verificación:.....	24
6.4. GESTIÓN DE LA PRIORIDAD DEL METRO LIGERO.....	13	8.2. DETECTORES DEL METRO LIGERO.....	24
6.5. ESTRATEGIA DE PRIORIDAD MÁXIMA.....	14	8.3. ANTENAS DE HIPERFRECUENCIA (RECEPTOR)	25
6.6. ESTRATEGIA DE PRIORIDAD POR MICRO-REGULACIÓN	14	8.4. MATERIAL EMBARCADO	25
6.6.1. Ampliación por inicio de verde	14	8.4.1. Antenas Emisora para detectores en vía.....	25
6.6.2. Ampliación por final de verde	14	8.4.2. Antenas de Hiperfrecuencia (Emisor)	26
6.7. SITUACIONES DE FALLO DE DETECTORES	14	8.5. SEMÁFOROS.....	27
6.8. INHIBICIÓN DE LA PRIORIDAD DEL METRO LIGERO (INTERFAZ CON EL SISTEMA DE CONTROL DE METROS).....	14	8.5.1. Tipologías de semáforos.....	27
6.9. GESTIÓN DE SITUACIONES COMPLEJAS	15	8.5.2. Características técnicas de los semáforos	28
6.9.1. Control de itinerarios del metro ligero.....	15	8.6. COLUMNAS DE SUSTENTACIÓN DE SEMÁFOROS	28
6.9.2. Gestión de un cruce de vías.	15	8.7. SOPORTES	28
6.9.3. Gestión de un tramo de vía única.....	15	8.8. BÁCULOS	28
6.10. REGISTRO DE DATOS ESTADÍSTICOS EN EL REGULADOR DE SEMÁFOROS	15	8.9. PULSADORES DE PEATONES.....	29
7. CRITERIOS DE REGULACIÓN DE LAS INTERSECCIONES	16	8.10. CABLES ELÉCTRICOS DE CONDUCCIÓN DE ENERGÍA Y TOMAS DE TIERRA ...	29
7.1. GENERALIDADES	16	8.10.1. Conductores eléctricos.....	29
		8.10.2. Tomas de tierra.....	29
		8.11. CABLES DE COMUNICACIÓN CON REGULADORES Y DETECTORES.....	30
		8.12. OBRA CIVIL	30

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

8.13. MATERIAL PARA CONSERVACIÓN.....	30	9.5.13. Ordenes diferidas	40
9. SISTEMA CENTRALIZADO DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN.....	31	9.5.14. IGU diagrama de barras	40
9.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	31	9.5.15. IGU ondas verdes estáticas.....	41
9.1.1. Características generales y objetivos	31	9.5.16. Estadísticas de datos de tráfico	41
9.1.2. Organización del sistema de control.....	31	9.6. FUNCIONALIDAD DEL SOFTWARE DE MONITORIZACIÓN DE LA REGULACIÓN SEMAFÓRICA DEL METRO LIGERO.....	41
9.1.3. Funciones generales de gestión del sistema.....	31	9.6.1. Características generales.....	41
9.1.4. Centro de control del metro ligero.....	31	9.6.2. Funcionamiento del Proceso.....	42
9.1.5. Centro de Control de Tráfico del Ayuntamiento de Granada	32	9.6.3. Particularidades de los Equipos	42
9.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y FUNCIONALES DE LAS CENTRALES DE REGULACIÓN	32	9.6.4. Entidades de Control.....	43
9.2.1. Introducción.....	32	9.6.5. Información de actuaciones y eventos	43
9.2.2. Funcionalidad	32	9.7. CENTRO DE CONTROL DE TRÁFICO DEL AYUNTAMIENTO DE GRANADA	43
9.2.3. Control de los equipos	32	9.8. ORGANIZACIÓN DE ZONAS DE REGULACIÓN Y RED DE COMUNICACIONES	44
9.2.4. Sincronización de equipos	33	9.8.1. Objetivos generales del diseño.....	44
9.2.5. Envíos espontáneos.....	33	9.8.2. Diseño de las zonas de regulación	44
9.2.6. Gestión de alarmas e históricos	33	9.8.3. Sistema de comunicaciones con las centrales de regulación.....	46
9.2.7. Terminal de mantenimiento.....	33	9.8.4. Comunicaciones con los reguladores locales	46
9.2.8. Características técnicas	34	10. ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE LA REGULACIÓN DEL METRO LIGERO	47
9.3. SISTEMA DE COMUNICACIONES	34	10.1. INTRODUCCIÓN.....	47
9.4. CARACTERÍSTICAS Y EQUIPAMIENTO DEL CENTRO DE CONTROL	35	10.2. OBJETO Y CONTENIDO DE LOS TRABAJOS DEL ESTUDIO	47
9.5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SOFTWARE DE GESTIÓN CENTRALIZADA DEL TRÁFICO.....	35	10.3. RELACIÓN DE ACTUACIONES DEL ESTUDIO	47
9.5.1. Funciones generales.....	35	10.4. OBTENCIÓN DE DATOS DE TRÁFICO	48
9.5.2. Arquitectura de organización del software	35	10.5. DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE FASES DE LAS INTERSECCIONES.....	48
9.5.3. Comunicación entre ordenadores	36	10.6. MODELOS DE SIMULACIÓN DE TRÁFICO Y DE CÁLCULO DE LAS VARIABLES DE REGULACIÓN.....	49
9.5.4. Comunicación con los equipos de calle.....	36	10.7. CÁLCULO DE LOS PLANES DE TIEMPOS DE REGULACIÓN.....	49
9.5.5. Control del funcionamiento de los equipos.....	36	10.8. DISEÑO DE LAS ONDAS VERDES DE PRIORIDAD DEL METRO LIGERO	50
9.5.6. Gestión de los datos de los reguladores	36	10.9. DISEÑO DE LOS PARÁMETROS DE PRIORIDAD ACTIVA DEL METRO LIGERO	50
9.5.7. Modificación interactiva de datos	36	10.10. DOCUMENTACIÓN FINAL DEL ESTUDIO	50
9.5.8. Adquisición de datos de tráfico	37	10.11. INGENIERÍA DE TRÁFICO PARA INTEGRACIÓN DE SUBSISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE CCTV EN CENTRO DE GESTIÓN Y CONTROL INTEGRAL DEL AYUNTAMIENTO DE GRANADA (CGIM)	51
9.5.9. Selección horaria de planes.....	37	10.12. INGENIERÍA DE TRÁFICO PARA ACTUALIZACIÓN DE SOFTWARE DE REGULACIÓN SEMAFÓRICA EN PARADAS POR INCLUSIÓN DE SEMÁFOROS R/A.	51
9.5.10. Archivos de información histórica de actuación del sistema.....	37	10.13. INGENIERÍA DE TRÁFICO PARA ACTUALIZACIÓN DE SOFTWARE PARA UNIDADES DOBLES.....	51
9.5.11. Archivos de información histórica de eventos de los reguladores	37		
9.5.12. Interfaz gráfica de usuario.....	37		

10.14.	ADAPTACIÓN REGULADORES SEMAFÓRICOS PARA AMPLIACIÓN DE ENTRADAS DIGITALES	52
10.15.	REAJUSTE DE PARÁMETROS DE REGULACIÓN SEMAFÓRICA CON MOTIVO DE PUESTAS EN SERVICIO PARCIALES.....	52
10.16.	INGENIERÍA Y TRABAJOS DE REPROGRAMACIÓN DE REGULACIÓN SEMAFÓRICA SOLICITADAS POR AYUNTAMIENTOS DURANTE FASE DE OBRAS.	52
10.17.	CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.....	52
10.18.	CRUCES VIARIOS	53
10.19.	CRUCES PEATONALES CON FUNCIONAMIENTO INDEPENDIENTE	58

Índice de figuras

Figura 1	Arquitectura del Sistema de Regulación Semafórica	9
Figura 2	Aspectos de paso, paro e indicador del estado del regulador, respectivamente ...	10
Figura 3	Esquema zona de Regulación	45
Figura 4	Leyenda	53
Figura 5	Cruce viario 1 (PK 0+065).....	53
Figura 6	Cruce viario 1 (PK 0+440).....	54
Figura 7	Cruce viario 1 (PK 0+700).....	54
Figura 8	Cruce viario 1 (PK 1+080).....	54
Figura 9	Cruce viario 1 (PK 1+375).....	54
Figura 10	Cruce viario 1 (PK 1+475)	55
Figura 11	Cruce viario 1 (PK 1+700).....	55
Figura 12	Cruce viario 1 (PK 1+775)	55
Figura 13	Cruce viario 1 (PK 2+000)	55
Figura 14	Cruce viario 1 (PK 2+305)	56
Figura 15	Cruce viario 1 (PK 2+670)	56
Figura 16	Cruce viario 1 (PK 3+720)	56
Figura 17	Cruce viario 1 (PK 4+380)	56
Figura 18	Cruce viario 1 (PK 4+670)	57
Figura 19	Cruce peatonal independiente (PK 0+905).....	58
Figura 20	Cruce peatonal independiente (PK 1+297).....	58

1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- [1] Proyecto Constructivo de obra civil y superestructura de la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada. Tramo: Armilla - Churriana de la Vega
- [2] Proyecto constructivo de obra civil y superestructura de la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada. Tramo: Churriana de la Vega – Las Gabias
- [3] Anejo nº2 Capítulo 4.2 del Proyecto Modificado nº1 del Proyecto de Construcción de señalización, seguridad y comunicaciones del Metro Ligerero de Granada (T-MG6118/OEJ0)

2. NORMATIVA

En general, serán de aplicación cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos Oficiales, que guarden relación con las obras objeto del presente anejo, con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas y que se hallen en vigor en España. En particular:

- R.E.B.T. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- E.I.A. Asociación de Industrias Electrónicas
- C.E.P.T. Comité Europeo de Correos y Telégrafos
- Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo
- Norma 8.1-IC Señalización vertical de la Instrucción de Carreteras
- Norma 8.2-IC Marcas viales

Normas U.N.E.

- UNE-EN 12675:2018 Semáforos. Requisitos funcionales de seguridad.
- UNE-EN 12368:2015 Equipos de control de tráfico. Cabezas de semáforo.
- UNE-CLC/TS 50509:2009 EX Uso de cabezas de semáforo de LEDs en sistemas semaforicos de la red viaria.
- UNE 199171:2013 Equipamiento para la gestión del tráfico. Arquitectura para la gestión del tráfico urbano.
- UNE 199021-1:2011 Equipamiento para la gestión del tráfico. Reguladores de tráfico
- UNE 135401-6:2003 Equipamiento para la señalización vial. Reguladores de tráfico. Parte 6: Compatibilidad electromagnética
- UNE 20-432 Ensayos de los cables eléctricos sometidos al fuego.
- UNE 20-512 (I). Fiabilidad de equipos y componentes electrónicos. Terminología.

- UNE 20-512 (V). Fiabilidad de equipos y componentes electrónicos. Toma de datos. Disponibilidad y mantenibilidad a partir de resultados de explotación.
- UNE 20-608. Pruebas de fiabilidad de equipos.
- UNE 20812: 1995 - Técnicas de análisis de fiabilidad de sistemas. Procedimientos de análisis de los modos de fallo y de sus efectos.
- UNE 20864: 1993 - Normalización de Interconexiones entre Emisores de Radiodifusión o entre Sistemas de Emisores y Equipos de Supervisión.
- UNE EN 50310 Aplicación de las redes equipotenciales y de las puestas a tierra en los edificios con equipos de tecnologías de información.
- UNE EN 50174-1 Tecnología de información. Instalación del cableado. Especificación y aseguramiento de calidad.
- UNE EN 50174-2 Tecnología de información. Instalación del cableado. Métodos de planificación de la instalación en el interior de los edificios.

CENELEC (Normativa europea para cableado estructurado)

- CENELEC EN 50310 Application of equipotential bonding and earthing in buildings with information technology equipment.
- CENELEC EN 50173 Information technology - Generic cabling system.
- CENELEC EN 50174-1 Information technology - Cabling installation Part 1: Specification and quality assurance.
- CENELEC EN 50174-2 Information technology - Cabling installation Part 2: Installation planning and practices inside buildings.
- CENELEC EN 50174-3 Information technology - Cabling installation Part 3: Installation planning and practices external to buildings.

I.S.O (Organización Internacional de Normalización)

- ISO 1745: Proceso de información. Procedimiento de control básico para sistemas de comunicación de datos.
- ISO 7498: Interconexión abierta de sistemas.
- ISO/IEC IS 11801 Information technology - Generic cabling for customer premises.
- ISO/IEC IS 14763-1 Information technology - Implementation and operation of customer premises - Part 1: Administration.
- ISO/IEC IS 14763-2 Information technology - Implementation and operation of customer premises - Part 2: Planning and installation.
- ISO/IEC IS 14763-3 Information technology - Implementation and operation of customer premises - Part 3: Testing of optical fiber cabling.

I.E.C. (Comité Electrotécnico Internacional)

- IEC 61935-1 Generic cabling systems - Specification for the testing of balanced communication cabling in accordance with ISO/IEC 11801 - Part 1: Installed cabling.
- IEC 529/EN 60529: Especificación para los grados de protección proporcionados por cubiertas (código IP).
- IEC 605-1: Pruebas de fiabilidad del equipamiento; parte 1: Requisitos generales.
- IEC 605-7: Pruebas de fiabilidad del equipamiento; parte 7: Planes de pruebas de conformidad para la tasa de fallos y tiempo medio entre fallos asumiendo una tasa de fallos constante.
- IEC 255-4: Compatibilidad electromagnética.
- IEC 255-5: Resistencia de aislamiento.
- IEC 801-2: Descarga electrostática.
- IEC 255-5: Rigidez dieléctrica.

I.T.U. (Unión Internacional de Telecomunicaciones.)

- ITU-T H.323: Sistemas de Comunicaciones Multimedia Basados en Paquetes.
- ITU-T L.1: Construcción, Instalación y Protección de Cables de Telecomunicaciones en Redes Públicas.
- ITU-T L.11: Estandarización de Planes de Conducción Subterráneos.
- ITU-T G.650: Definición y métodos de test para los parámetros más relevantes de la fibra óptica monomodo
- ITU-T G.652: Características del cable de fibra óptica monomodo
- ITU-T G.653: Características del cable de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada
- ITU-T G.655: Características del cable de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada no nula.
- ITU-T G.661: Definición y métodos de prueba de los parámetros genéricos pertinentes de los dispositivos y subsistemas amplificadores ópticos.

ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones)

- ETSI TS 100 392-2 V3.9.1 (2019-01) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 2: Air Interface (AI)
- ETSI TR 100 392-17-6 V1.1.1 (2018-12) TETRA and Critical Communications Evolution (TCCE); Part 17: TETRA V+D, DMO and associated specifications; Sub-part 6: Release 2.2

- ETSI TS 101 053-2 V2.5.1 (2018-12) Rules for the management of the TETRA standard encryption algorithms; Part 2: TEA2
- ETSI TS 100 392-5 V2.6.1 (2018-06) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D) and Direct Mode Operation (DMO); Part 5: Peripheral Equipment Interface (PEI)
- ETSI TS 100 392-9 V1.6.1 (2018-05) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 9: General requirements for supplementary services
- ETSI TS 100 392-1 V1.5.1 (2018-04) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 1: General network design
- ETSI TR 102 022-2 V1.2.1 (2018-01) User Requirements Specification; Mission Critical Broadband Communications; Part 2: Critical Communications Application
- ETSI TS 103 269-2 V1.2.1 (2017-06) TETRA and Critical Communications Evolution (TCCE); Critical Communications Architecture; Part 2: Critical Communications application mobile to network interface architecture
- ETSI EN 300 392-7 V3.4.1 (2017-01) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 7: Security
- ETSI EN 300 396-6 V1.6.1 (2016-11) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Direct Mode Operation (DMO); Part 6: Security
- ETSI TR 102 300-7 V1.2.1 (2016-11) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D): Designers' guide; Part 7: TETRA High-Speed Data (HSD); TETRA Enhanced Data Service (TEDS)
- ETSI EN 300 392-12-4 V1.4.1 (2016-07) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 12: Supplementary services stage 3; Sub-part 4: Call Forwarding (CF)
- ETSI TR 102 300-6 V1.1.2 (2016-05) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D): Designers' guide; Part 6: Air-Ground-Air
- ETSI TS 101 052 V2.1.1 (2016-02) Rules for the management of the TETRA standard authentication and key management algorithm set TAA1

I.E.E.E. (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica)

- IEEE 802 Normas para redes de Área Local y Metropolitana
- IEEE 802.11 a/b/g/n/ac Normas para sistemas Wi-Fi

En caso de discrepancias entre las normas anteriores y salvo manifestación expresa en contra, se entenderá válida la prescripción más restrictiva.

Cuando en algunas disposiciones legales se haga referencia a otra que haya sido modificada o derogada, se entenderá que dicha modificación o derogación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

El equipamiento electrónico instalado en campo deberá soportar condiciones de humedad y temperatura asimilables a condiciones de intemperie.

3. ESTRUCTURA DOCUMENTAL

A fecha de redacción del presente documento ha sido consensuado entre la Dirección del Contrato (AOPJA) y la UTE redactora Ayesa-PONTM la estructuración en proyectos en lo referente a la totalidad de las instalaciones.

Por tanto, se realizarán dos proyectos que aglutinen estas instalaciones proyectar. Son los siguientes:

- Proyecto Constructivo de instalaciones del tramo Armilla - Churriana de la Vega – Las Gabias.
- Proyecto Constructivo de instalaciones del tramo Armilla – Alhendín.

En consecuencia, con lo introducido, el contenido de ambos proyectos deberá abarcar todo lo relacionado con los sistemas e instalaciones que son parte del alcance del contrato. Por tanto, su alcance abarcará a grandes rasgos los siguientes sistemas:

- Electrificación.
- Suministro de energía.
- Señalización ferroviaria.
- [Semaforización viaria](#).
- Control, supervisión y comunicaciones
- Billetaje
- Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE), Sistema de Información al Viajero (SIV) y Radio

En lo que a la presente Propuesta de Solución Técnica se refiere, se marca en [azul](#) la disciplina y sistema incluido dentro del alcance de ésta, en la que se trata de recoger y plantear los criterios de diseño para su completa definición en los Proyectos Constructivos a elaborar por el consultor.

4. OBJETO

El objeto del presente documento es la definición de la solución técnica a ejecutar dentro del "Proyecto para la Línea Metropolitana del Metro de Granada. Tramo: Prolongación Sur del Metropolitano de Granada. Tramo Armilla - Churriana – Las Gabias", en lo referente al **subsistema de regulación semafórica**.

Este sistema persigue conseguir una integración entre la circulación y operación de esta infraestructura tranviaria y la semaforización viaria de aquellos cruces existentes a lo largo de este nuevo tramo, tanto los cruces de vehículos como de peatones.

La filosofía de éste está basada en otorgar la prioridad de paso al metro ligero, favoreciendo de esta manera una circulación fluida a lo largo de la línea si necesidad de que dichos vehículos tengan que realizar paradas en las intersecciones que se encuentre a su paso.

Este Sistema de Regulación Semafórica estará conectado a la red de comunicaciones multiservicio del Metropolitano de Granada, red desde la que se le da servicio a la totalidad de sistemas de dicha infraestructura.

La conexión de este sistema se hará a través de los nodos de acceso previstos en las paradas del nuevo tramo (definidos en el correspondiente anejo de Comunicaciones) mediante tendidos de fibra óptica entre cada uno de los armarios de campo y el nodo (switch) de la parada más cercana.

Para la centralización de todos los nuevos equipos de regulación que se instalarán, se incluye en este Proyecto Constructivo una nueva central de zona, que se instalará junto con las tres (3) ya existentes en el complejo de Talleres y Cocheras de Maracena, que controlan los reguladores actualmente en explotación.

Dado que la prolongación de la infraestructura del Metropolitano de Granada se extenderá por los términos municipales de Armilla, Churriana de la Vega y Las Gabias, y dado que ninguno de estos tres municipios cuenta actualmente con Centros de Control de Tráfico, no se contempla la integración de este sistema en ningún centro local. Si bien, el sistema deberá contar con la posibilidad de implementar esta funcionalidad en un futuro, en previsión de una posible futura demanda de este aspecto por parte de los ayuntamientos implicados.

5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE REGULACIÓN SEMAFÓRICA

El Sistema de Regulación Semafórica integrará todos los componentes normales de regulación de intersecciones con los elementos necesarios para la gestión del control y la prioridad de los trenes, en forma que el regulador local de la intersección incorpore el control de todos los elementos, la lógica de prioridad, y las incompatibilidades entre todos los semáforos de vehículos, peatones y trenes.

A lo largo del presente apartado se describirán todos los elementos y partes que compondrán este Sistema de Regulación Semafórica y las características de cada uno de ellos, así como la relación y conexión entre los mismos.

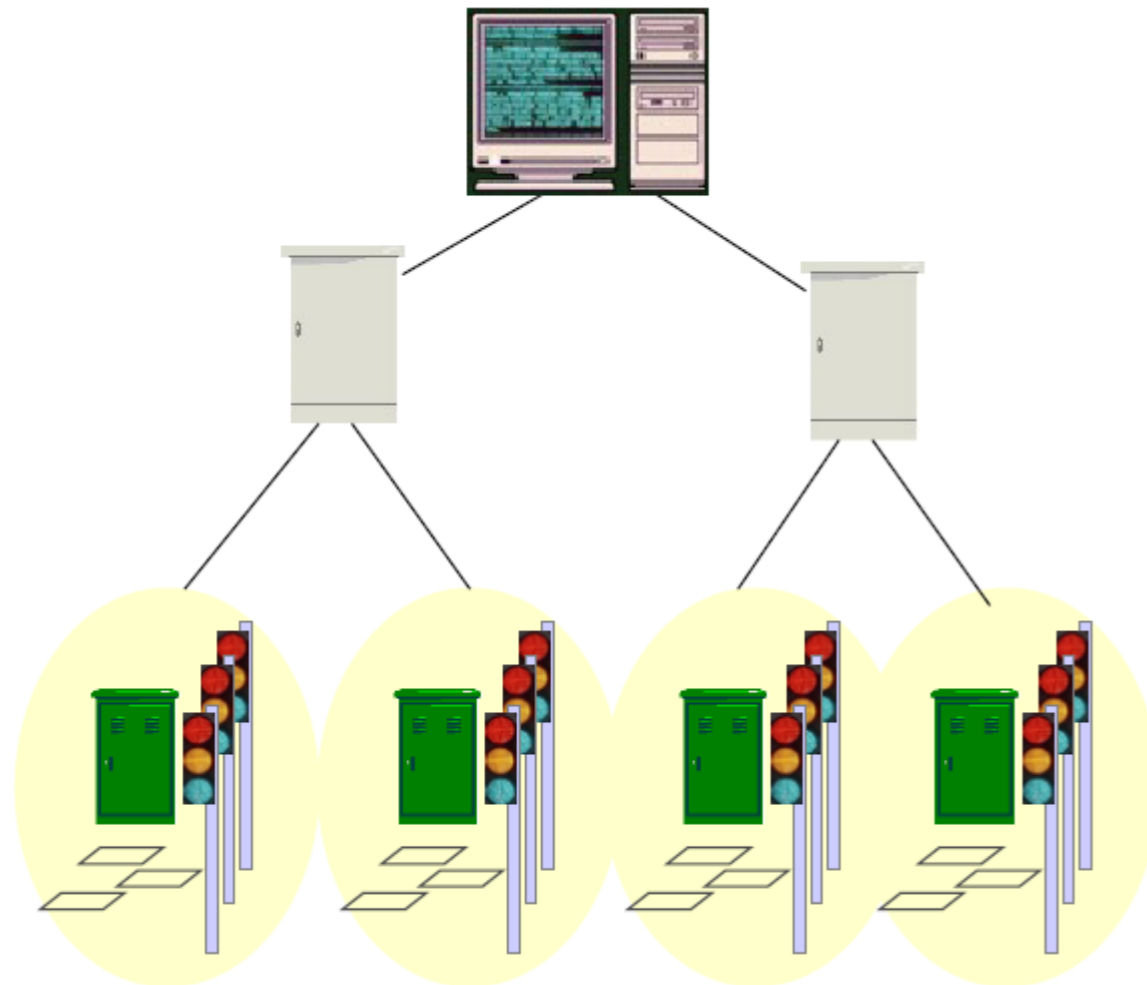


Figura 1 Arquitectura del Sistema de Regulación Semafórica

5.1. SEMÁFOROS

Dentro de las tipologías de semáforos a instalar en cada uno de los cruces del Metropolitano de Granada pueden diferenciarse dependiendo de a los usuarios a los que den servicio o información. Cabe distinguir entre los siguientes 3 tipos:

- **Semáforos para señalización a vehículos.** Estos semáforos tendrán las mismas características y funcionalidades con las que cuentan normalmente (focos verde, ámbar y rojo) y serán de la tipología marcada por la normativa local de cada ayuntamiento, dependiendo del término municipal en el que vayan a instalarse.
- **Semáforos para señalización a peatones asociados a cruces de vehículos.** Estos semáforos tendrán las mismas características y funcionalidades con las que cuentan normalmente (focos verde y rojo) y serán de la tipología marcada por la normativa local de cada ayuntamiento, dependiendo del término municipal en el que vayan a instalarse.
- **Semáforos para señalización a peatones en cruces exclusivos de peatones.** Estos semáforos, que se ubicarán en cruces de peatones intermedios e independientes contarán con un foco rojo y uno ámbar. Estarán siempre en ámbar intermitente indicando que es una zona en la que los peatones no tienen preferencia y cambiarán a rojo cuando se prevea la entrada o salida de un metro ligero. En lo que se refiere a su tipología, será también la marcada por la normativa local de cada ayuntamiento, dependiendo del término municipal en el que vayan a instalarse. Cabe mencionar que su funcionalidad es totalmente independiente a la de los semáforos vehiculares (tienen sus propios componentes y regulación).
- **Semáforos para señalización a metro ligero.** Estos semáforos darán a los trenes las informaciones de paso, paro y aviso de final de fase (equivalente a ámbar). Además, indicarán al conductor la información sobre el estado del regulador en relación con el sistema de detección del metro ligero, para apoyar al conductor en las maniobras de paro o avance cuando está llegando a una distancia apropiada de la intersección (información de preseñalización).

Para ello, estos semáforos contarán con focos que tengan en su interior una franja blanca iluminada sobre fondo circular en color negro. El foco de preseñalización contendrá un triángulo iluminado sobre fondo circular negro.

El significado de las señales será el siguiente:

- La franja blanca horizontal iluminada prohíbe el paso del metro ligero, en las mismas condiciones que una luz roja.
- La franja blanca vertical iluminada permite el paso recto o al frente del metro ligero.
- La franja vertical iluminada intermitentemente indica que el metro ligero ha de detenerse en las mismas condiciones que si se tratase de una luz ámbar fija.

- El triángulo blanco iluminado o en intermitente da información sobre el estado del regulador en relación con la detección del metro ligero (información de preseñalización).

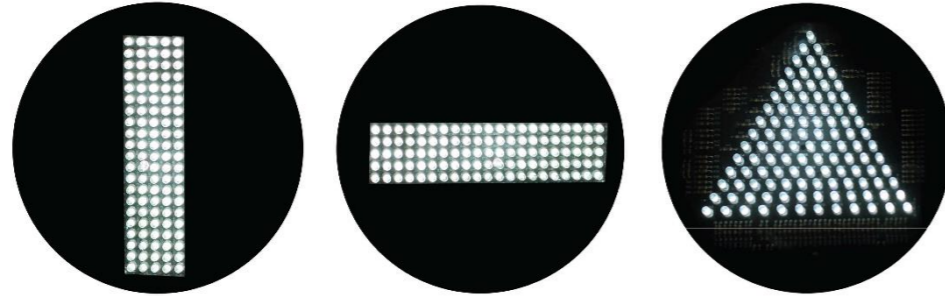


Figura 2 Aspectos de paso, paro e indicador del estado del regulador, respectivamente

La ubicación de los semáforos de Metro Ligero será principalmente en los siguientes puntos:

- Salidas de paradas. Se emplearán para dar permiso de salida a la unidad de tranvía desde las paradas extremo de la línea.
- Desvíos de agujas motorizadas. Se colocarán señales en todos los cambios motorizados de aguja para indicar la posición en que se encuentra el desvío.
- Cruces viarios. Se emplearán para indicar la existencia de paso libre o cerrado a través de un cruce. En condiciones normales, al aproximarse un tranvía a un cruce deberá encontrarlo siempre con paso libre ya que tiene preferencia sobre el tráfico rodado, pero por fallos del sistema o incidencias del tráfico podría ocurrir que no fuera así. Estas señales constituyen por tanto una medida de seguridad adicional para la prevención de colisiones en estas situaciones.
- Salidas/entradas de cocheras. En el sentido de salida, mediante estas señales, se dará permiso a los tranvías existentes en cocheras para dirigirse hacia el inicio de recorrido. En el sentido de entrada, se utilizarán para informar a los conductores acerca de la vía destino a la cual se deben dirigir.

En la selección de la ubicación exacta de las señales, una vez definida la zona en que deben encontrarse para proporcionar la funcionalidad requerida, se seguirán además tres criterios:

- Las señales se ubicarán siempre de forma que su visibilidad sea máxima para el conductor del tranvía para lo cual se intentarán instalar en tramos rectos del recorrido y a una altura aproximada de 2,5 metros.
- Como criterio general se ubicarán en el lado derecho de la vía, en el sentido normal de circulación del tren.
- En la instalación de los semáforos tranviarios se intentará minimizar el impacto visual que provocan. Para ello, siempre que sea una solución adecuada para el tranvía, se colocarán en báculos existentes para la semaforización viaria y peatonal. En los puntos donde exclusivamente existan señales tranviarias, se acercarán en la medida de lo posible a las fachadas de los edificios colindantes

5.2. DETECCIÓN DEL TREN

El sistema de detección y seguimiento del paso del metro ligero por cada banda de aproximación a un cruce regulado estará formado por tres detectores, situado el primero a distancia suficiente para la predicción de la llegada del metro ligero (detector de aproximación), el segundo, cerca de la línea de detención del semáforo del metro ligero (detector de presencia), y el tercero a la salida de la intersección (detector de cancelación).

Se utilizarán detectores totalmente selectivos, con una unidad a bordo del metro ligero y otra unidad en la calzada en el punto de detección que corresponda.

5.3. REGULADOR LOCAL

El regulador local es el equipo encargado del control de todos los elementos de regulación de una o varias intersecciones, asumiendo el encendido de los semáforos, la recepción de información de detectores, las funciones de monitorización interna y externa y vigilancia de incompatibilidades, y la comunicación con el nivel superior de control (central de regulación u ordenador).

Este sistema efectuará las funciones de concesión de prioridad al metro ligero, alguna de las cuales pueden forzar la pérdida de sincronismo del equipo. El regulador dispondrá de un procedimiento automático de recuperación del sincronismo en forma tan rápida como sea posible, manteniendo los tiempos mínimos de verde de las fases.

El regulador local estará preparado para los siguientes modos de funcionamiento (también llamados "planes") en lo que a la relación con los elementos de su entorno se refiere:

- **Funcionamiento aislado.** En este modo su funcionamiento dependerá exclusivamente de los datos programados en su memoria, no requiriendo de relación alguna con el elemento jerárquicamente superior.
- **Funcionamiento sincronizado.** Mediante este modo, el regulador funcionará recibiendo una señal externa de sincronismo, lo cual le permitirá la coordinación con otros reguladores acorde a un plan fijo de circulaciones.
- **Funcionamiento centralizado.** El regulador cuando se encuentre funcionando en este modo, contará con capacidad de comunicación bidireccional con un equipo central que mantiene la información de sincronización, monitoriza el funcionamiento del equipo, y puede introducir parámetros y órdenes de control.

Cabe mencionar que además de mediante los detectores dispuestos en la vía, el regulador puede recibir información tanto de detectores de vehículos viarios como de pulsadores de peatones. En estos casos, cada regulador podrá actuar autónomamente para la ejecución de fases o movimientos.

La alternancia entre los diferentes modos de funcionamiento o planes podrá forzarse mediante alguna de las circunstancias planteadas, así como de manera remota desde el

centro de control. De igual manera, se podrá definir en el regulador una tabla horaria de selección de planes a lo largo de los días de la semana.

El regulador permitirá la definición en sus tablas de parámetros de un mínimo de ocho planes de regulación, conteniendo cada uno las variables de ciclo, estructura, reparto y desfase correspondientes al plan.

5.4. ARQUITECTURA DEL CONTROL CENTRALIZADO

El control centralizado del sistema de regulación se organiza en tres niveles. De superior a inferior son:

- Ordenador central u ordenadores del centro de gestión.
- Centrales de regulación de zonas.
- Reguladores locales.

El ordenador central se comunica directamente con las centrales de regulación. Cada central actúa de centro de comunicaciones con un conjunto de reguladores que forman su zona de actuación. Se dimensiona el sistema para que el número de reguladores conectados a una central no exceda de 32.

La misión principal de la central es la función de multiplexor de comunicaciones entre el ordenador central y los reguladores que tiene conectados. Y efectúa además ciertas funciones rutinarias de gestión automática de los reguladores, principalmente la de mantener la sincronización de los relojes locales para conservar el sincronismo del conjunto. Es además un punto intermedio de acceso a la red de comunicaciones para mantenimiento o explotación de datos de los reguladores.

5.5. PUESTO DE CONTROL SECUNDARIO (PCS)

Debido a la prolongación del tramo explotado por el Metropolitano de Granada, se incluye la construcción de un Puesto de Control Secundario (PCS) en el complejo de Talleres y Cocheras Sur, en cuya sala de operadores se instalarán puestos de operador polivalentes que podrán, entre otras aplicaciones, gestionar la regulación semafórica en caso necesario.

Los puestos de operador estarán conectados a la red de regulación a través de la red de Fibra Óptica. A través de ésta obtienen todas las informaciones de los cruces.

Estos puestos serán de última tecnología, compatible con los del tramo anterior dando continuidad a su solución y estarán compuestos por:

- Un ordenador de operación.
- Cuatro monitores para el puesto de operador.
- Un ratón y un teclado para dicho ordenador.

6. ESTRATEGIA DE PRIORIDAD DEL METRO LIGERO.

6.1. CONCEPTOS GENERALES

El concepto de prioridad se ha de entender como un conjunto de medios de hardware y software encaminados a adjudicar al metro ligero una ventana de verde que coincida con su paso por la intersección, alterando los tiempos de funcionamiento normal de los semáforos en caso de que esta ventana no coincida con una fase estable compatible con el paso del metro ligero.

Además de esta prioridad activa el sistema dispondrá de todo el nivel de prioridad pasiva que pueda aportar el diseño de la coordinación de los semáforos para favorecer una onda verde de paso del metro ligero.

Los subsistemas que permiten la gestión de la prioridad del metro ligero son:

- Detección del metro ligero y predicción de su llegada a la intersección
- Gestión de los semáforos del metro ligero
- Gestión de prioridad para mover los tiempos de la intersección para dar paso al metro ligero

6.2. DETECCIÓN DEL METRO LIGERO

6.2.1. Sistema de detección

La detección del paso del metro ligero por un acceso a una intersección se controla con tres detectores colocados en secuencia y denominados: de aproximación (D1), de presencia (D2) y de cancelación (D3).

- a) Detector de aproximación (D1). Se sitúa a una distancia adecuada del acceso para que el regulador tenga tiempo de mover los tiempos de los semáforos para adjudicar el paso al metro ligero unos segundos antes de su instante de llegada a la intersección, que se calculará en base al tiempo previsto de circulación del metro ligero desde el detector.
- b) Detector de presencia (D2). Se sitúa a una distancia de la línea de detención del semáforo del metro ligero que asegure que un metro ligero parado ante el semáforo habrá activado previamente el detector. Sus funciones son:
 - Detectar la llegada del metro ligero a la intersección, y confirmar su paso por la intersección cuando esta llegada coincida con una situación de verde para el metro ligero
 - Activar la petición de paso del metro ligero al regulador en caso de que el paso del metro ligero estuviese cerrado

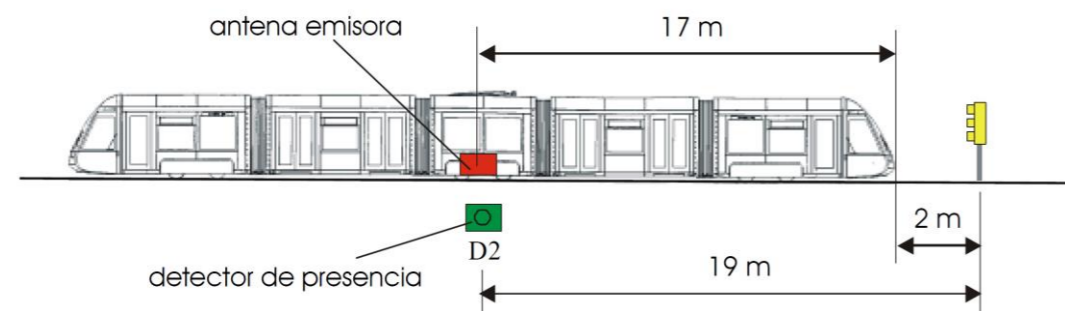
c) Detector de cancelación (D3). Se sitúa en el punto adecuado para detectar la salida del metro ligero de la intersección, con el objetivo de controlar el tiempo de despeje para el metro ligero.

6.2.2. Situación de los detectores

- a) Situación del detector de presencia D2.

El detector de presencia se ha de situar lo más próximo posible a la línea de parada del metro ligero delante del semáforo de entrada a la intersección, en un punto en que un metro ligero que se pare ante el semáforo haya sido detectado primero en el detector de presencia, para avisar al regulador de la intersección de su llegada.

La distancia entre el detector y la línea de parada depende por tanto de la situación del equipo detector en el interior del metro ligero.



Suponiendo que el equipo emisor se encuentra a 17 metros de la parte delantera del metro ligero, el detector de presencia se instalará a 19 metros de la línea de parada, dejando un margen de 2 metros.

En las paradas con semáforo de metro ligero a la salida de la parada la situación del detector de presencia está sujeta a otros condicionantes, y no coincide con lo expuesto. Se comenta a continuación.

- b) Situación del detector de presencia en paradas

En las paradas situadas delante de una intersección o paso de peatones, en que a la salida de la parada existe un semáforo de control del metro ligero, el detector de presencia se sitúa en un punto en que el metro ligero no haya sido detectado antes ni durante su parada.

El metro ligero será detectado después del arranque cuando pasa el semáforo en verde. Si la operación de parada no ha durado más de lo normal el metro ligero recibirá paso cuando llegue al semáforo. Para el caso de que quedase atrapado en el semáforo se ha de prever la generación automática de una nueva demanda de paso, similar a una activación de D2 para que el regulador le asigne otra opción de paso.

El detector de presencia se sitúa en estos casos a 10 metros de la línea de parada del semáforo.

- c) Situación del detector de cancelación D3.

El detector de cancelación se situará 5 m después del paso de peatones situado a la salida de la intersección, o a 5 m de la salida de la intersección si no hay paso de peatones en esta zona.

- d) Situación del detector de aproximación D1.

El detector de aproximación se ha de situar a una distancia de la intersección suficiente para que el regulador tenga tiempo de reaccionar y dar paso al metro ligero en cualquier situación de las fases de la intersección cuando se recibe la señal de llegada del metro ligero al detector de aproximación. El tiempo de trayecto del metro ligero hasta la intersección ha de ser por tanto superior al tiempo máximo de reacción del regulador. Este tiempo máximo de reacción depende de los siguientes factores:

- o Estrategia de prioridad de la intersección (se verá en otros apartados más adelante)
- o Características de la estructura de fases de la intersección
- o Tiempos de las fases
- o Intensidades de tráfico en los accesos
- o Tiempos mínimos de las fases

La distancia del detector de aproximación ha de garantizar un tiempo de trayecto superior al tiempo máximo de reacción del regulador. El detector se puede situar por tanto a distancias mayores, definiéndose en el regulador el tiempo de trayecto correspondiente a la posición real del detector de aproximación.

La solución adoptada es la utilización como detector de aproximación del detector de cancelación o el detector de presencia de la intersección anterior, o de otra intersección más lejana. En esta forma se aprovechan los detectores que ya son necesarios para cada acceso, y solo se agregan detectores nuevos en casos especiales.

Se ha de agregar un detector especial de aproximación en los casos en que la intersección anterior está muy lejos (con distancias superiores a 500 metros). En este proyecto se han considerado también estas situaciones.

En el estudio que se habrá de realizar para el ajuste de los tiempos y parámetros del sistema de regulación semafórica del metro ligero se habrán de efectuar los cálculos necesarios para definir el detector de aproximación que se utilizará en cada acceso de las intersecciones.

La ubicación y disposición de los detectores de aproximación, presencia y cancelación dependerá de la ubicación física y concreta de cada uno de los de cruces, intersecciones, pasos a peatones y la proximidad entre ellos, adaptando la instalación de los equipos de vía a la situación específica de manera que se optimice y se adecue la regulación semafórica tranviarias a las necesidades específicas

6.3. GESTIÓN DE LOS SEMÁFOROS DEL METRO LIGERO

- a) Semáforos de control de paso del metro ligero.

Los semáforos de paso del metro ligero están formados por una franja blanca que se ilumina sobre fondo circular negro, con el significado que se indica en otro apartado de este documento.

El semáforo se mantiene normalmente en paro, incluso durante la fase compatible con el metro ligero, y solo se activa el semáforo de paso unos segundos antes de la llegada prevista para el metro ligero por el regulador, o como resultado de una petición de emergencia.

La duración de verde ha de ser suficiente para asegurar el paso del metro ligero, y se ha de agregar un tiempo de despeje para garantizar su salida de la intersección antes de activar cualquier movimiento incompatible. El detector de cancelación se utilizará para asegurar que la salida del metro ligero se ha producido, y se puede truncar el tiempo de despeje.

- b) Semáforo de preseñalización.

El módulo semaforístico de preseñalización es un foco que presenta un triángulo de color blanco que se ilumina sobre fondo circular negro. Esta señal pasa por tres estados sucesivos, manteniendo siempre la misma secuencia de aparición de estos estados:

- o Apagado: Indica que no se ha detectado ningún metro ligero que se acerque a la intersección. Es decir, no se ha detectado metro ligero en el detector D1.
- o Encendido intermitente: El regulador ha recibido la información de llegada de un metro ligero, normalmente por la llegada del metro ligero al detector D1. El encendido intermitente solo indica que hay una demanda de paso registrada, pero no da ninguna información sobre la acción que va a realizar el regulador. A partir de este momento el regulador inicia el proceso de intentar dar paso al metro ligero, teniendo en cuenta las condiciones de la intersección en aquel momento, el tiempo de circulación del metro ligero hasta llegar a la intersección, y los parámetros que controlan los verdes mínimos y otras condiciones que deberá cumplir el proceso. La duración de este tiempo es variable, aunque siempre se mantendrá un mínimo de tres segundos por razones de visibilidad.
- o Encendido fijo: El encendido fijo informa al conductor de que el semáforo del metro ligero le va a dar paso transcurrido un cierto tiempo desde el momento de inicio de este estado. El objeto de esta indicación es por tanto dar seguridad al conductor de que se activará el paso y reducir los inconvenientes de frenados innecesarios del vehículo. El tiempo adjudicado a este estado será programable en función de las condiciones de cada acceso, pero se diseñará para introducir en lo posible un tiempo fijo para todo el sistema, ya que es una referencia que se ha de asimilar en forma automática por los conductores.

6.4. GESTIÓN DE LA PRIORIDAD DEL METRO LIGERO

La habilitación del paso del metro ligero en el instante previsto de llegada a la intersección exige que el regulador efectúe cambios en la secuencia y tiempos de las luces con relación a los definidos en el plan activo en aquel momento. La organización de estos cambios depende de la situación de las señales en el momento de detección del metro ligero, del instante previsto de llegada y de los parámetros de control de estos cambios. En todo caso estos cambios van a alterar el funcionamiento normal de los semáforos, y por tanto pueden afectar negativamente a los tiempos de espera de peatones y a las paradas y demoras de los vehículos.

Por otra parte, se necesitará un tiempo para devolver el regulador a su estado normal de sincronismo, y además la actuación para permitir el paso de un metro ligero en un sentido puede perjudicar la posibilidad de ceder el paso a otro que venga en sentido contrario, o de otra rama. En consecuencia, las estrategias de prioridad han de considerar también la influencia sobre los cruces cercanos, y la frecuencia de paso de los trenes, para conseguir un equilibrio entre nivel de concesión de prioridad máxima y perturbaciones que puede originar a los otros vehículos y peatones y a la propia regularidad del conjunto de trenes de la línea.

Los reguladores deberán por tanto disponer de lógica para utilizar dos estrategias de prioridad, seleccionables para cada regulador en función de las características de las instalaciones y el servicio:

- a) Estrategia de prioridad máxima

El regulador moverá la secuencia de fases para conseguir dar paso al metro ligero en el instante de llegada a la intersección, con la única limitación de los parámetros de control interno del regulador.

- b) Estrategia de micro-regulación (ampliación del tiempo de verde)

El regulador intentará integrar el paso del metro ligero en su secuencia normal de fases, sin alterar la sincronización, ampliando el tiempo de verde de la fase compatible con el metro ligero, ya sea iniciando antes el verde (ampliación por inicio de verde), o extendiendo el tiempo de verde por el final (ampliación por extensión de verde).

En ambas estrategias el sistema de prioridad ha de preservar los tiempos mínimos programados para todas las fases o movimientos. Y en el caso de la prioridad máxima se ha de introducir además un parámetro de tiempo máximo de rojo para cualquiera de los movimientos o fases.

Otras condiciones generales del sistema de prioridad son:

- o El sistema debe poder incorporar otro metro ligero en sentido contrario si puede integrarse en la concesión de verde adjudicada al primer metro ligero
- o En prioridad máxima, una vez cerrada una fase de metro ligero, no se podrá admitir otra demanda hasta que no haya pasado un ciclo a partir de la demanda anterior

6.5. ESTRATEGIA DE PRIORIDAD MÁXIMA

Una vez detectado el metro ligero el regulador calcula el instante de llegada y define la necesidad de abrir su semáforo de paso tres segundos antes de este instante, y calcula el tiempo mínimo de fase que tiene que adjudicar al metro ligero, determinando así la posición de la ventana de verde mínima necesaria para el paso del metro ligero. Se pueden dar dos circunstancias:

- Que el intervalo de paso coincida en toda su extensión con el intervalo de actuación de la fase estable, en cuyo caso se introducirá la fase del metro ligero en el instante necesario sin ninguna alteración de los tiempos del plan de regulación.
- Que el intervalo de paso no coincida con el intervalo de actuación de la fase estable. En este caso el regulador efectuará un proceso de acortar o alargar los tiempos de las fases que le permita cumplir con el requerimiento de paso del metro ligero con la mínima distorsión posible a la secuencia de fases del plan activo.

6.6. ESTRATEGIA DE PRIORIDAD POR MICRO-REGULACIÓN

Esta estrategia corresponde normalmente a una situación en que la coordinación de los semáforos está calculada para proporcionar una onda verde de paso razonable a los trenes, y el sistema de prioridad activa tiene que intervenir para ceder el paso siempre que sea posible a un metro ligero que se haya salido de los márgenes de la onda verde.

En consecuencia, se trata de ampliar el tiempo de la fase compatible para incorporar un metro ligero adelantado o retrasado.

Igual que en el caso de prioridad máxima el regulador tiene que definir la situación y magnitud del intervalo de paso que necesita adjudicar a un metro ligero que está llegando, y en caso de que no coincida totalmente con la fase compatible, estudiar la posibilidad de integrar su paso iniciando antes la fase compatible (ampliación por inicio de verde), o cerrando más tarde la fase compatible (ampliación por final de verde). Se introducirán en el regulador parámetros de limitación de los tiempos máximos de extensión de inicio de verde y de final de verde, y en todo caso este proceso siempre tendrá que mantener los tiempos mínimos de todas las fases o movimientos. El tiempo extra adjudicado a la fase compatible se habrá de retraer de la fase anterior o siguiente para mantener el cruce dentro de sus condiciones de sincronización.

El proceso en cada una de estas dos situaciones es el siguiente:

6.6.1. **Ampliación por inicio de verde**

Se efectuará una ampliación de inicio de verde siempre que la previsión de llegada del metro ligero sea en un instante anterior al inicio de las transiciones de paso a la fase compatible con el metro ligero. Se calculará el avance necesario en el inicio de estas transiciones para

incorporar la llegada del metro ligero, o se adjudicará el avance máximo permitido (tiempo máximo de inicio de verde), en caso de que la demanda de avance de tiempo sea superior.

6.6.2. **Ampliación por final de verde**

Se efectuará una ampliación de final de verde cuando sea posible habilitar el intervalo completo de paso del metro ligero ampliando el verde en un valor inferior o igual al parámetro de máxima extensión de final de verde.

En ambos casos comprobando que no se vulnera en ningún momento el tiempo mínimo de la fase que se reduce para habilitar la ampliación de verde.

6.7. SITUACIONES DE FALLO DE DETECTORES

El regulador tiene que implementar algoritmos de detección de fallos en los detectores, y actuaciones de emergencia en estas condiciones.

Fallo del detector de aproximación (D1)

En caso de fallo del detector D1 la detección del metro ligero se efectúa cuando llega al detector D2, y se inicia entonces el proceso de adjudicar la señal de paso tan pronto como se pueda.

El foco de preseñalización inicia el intermitente a partir de la detección en D2. El reconocimiento de paso del metro ligero se efectuará en D3.

Fallo del detector de presencia (D2)

Si se ha producido la detección en D1 el sistema de adjudicación de prioridad está garantizado. El reconocimiento de la llegada del metro ligero se efectuará en D3.

Fallo del detector de cancelación (D3)

En este caso el cierre de la fase compatible con el metro ligero se efectuará en base al parámetro de tiempo de despeje del metro ligero.

Un metro ligero puede quedar atrapado en el semáforo por fallo de los detectores D1 y D2, o por otras circunstancias relacionadas con el sistema de prioridad. En este caso el conductor deberá disponer en la cabina de un telemando manual para solicitar al regulador la fase del metro ligero. El receptor de la orden de telemando se instalará en el cabezal del semáforo del metro ligero. Esta actuación entrará en el regulador como una entrada digital más, y el regulador la tratará como la activación de un detector D2.

6.8. INHIBICIÓN DE LA PRIORIDAD DEL METRO LIGERO (INTERFAZ CON EL SISTEMA DE CONTROL DE METROS)

Sobre la vía del metro ligero coexisten los sistemas de señalización semafórica y de señalización de vías (o de control del metro ligero). Ambos sistemas han de comunicarse para optimizar el funcionamiento de los metros y del tráfico:

- Si el sistema de señalización viaria bloquea el paso de un metro ligero, el sistema de señalización semafórica no ha de conceder prioridad afectando al tráfico
- Cuando desaparece el bloqueo el sistema de señalización semafórica debe activar la prioridad.

La interfase entre señalización de metros y señalización viaria deberá diseñarse para permitir trasladar también información direccional sobre el metro ligero que está llegando en caso de que sea necesaria para la regulación de los semáforos.

El sistema de control de vías del metro ligero enviará una señal (Di) al regulador de semáforos para avisar de una situación de bloqueo del paso de un metro ligero, incorporando en esta señal la información relativa al movimiento que va a efectuar en la intersección el metro ligero. Esta señal será usada por el regulador para inhibir la actuación de prioridad relativa a aquel acceso de metro. La demanda de prioridad accionada por el metro ligero afectado será memorizada en el regulador para poner en marcha la prioridad tan pronto como se desactive la señal de inhibición Di.

En el caso de que se active la señal Da de llegada de un metro ligero estando Di activada, el regulador estará informado de que el metro no podrá pasar, y entonces memorizará Da sin iniciar el proceso de prioridad, para iniciar este proceso cuando se desactive Di.

En el caso contrario de que se active Di estando ya la señal Da activada, pero antes de llegar al punto en que se enciende el triángulo de preseñalización en forma fija, el regulador desactivará el sistema de prioridad e iniciará el proceso de devolver los tiempos de funcionamiento de los semáforos a su estado normal. Si el triángulo de preseñalización hubiese llegado ya al encendido fijo el proceso de prioridad de paso del metro ligero ya no se puede detener.

6.9. GESTIÓN DE SITUACIONES COMPLEJAS

6.9.1. Control de itinerarios del metro ligero

El regulador de semáforos estará preparado para la gestión de intersecciones en que concurren varias líneas de metro ligero (cruces de vías), y de tramos de vía única.

El regulador dispondrá de entradas de señal para recibir información del itinerario del metro ligero que llega a la intersección. Cada entrada de señal estará asociada a un itinerario, y se podrán definir en el regulador en forma diferenciada todos los parámetros y elementos de control del itinerario. El regulador solo permitirá la activación de un itinerario cuando reciba la señal correspondiente, que será suministrada normalmente por el sistema de control de vías. Se podrán definir hasta seis itinerarios en el regulador de una intersección.

6.9.2. Gestión de un cruce de vías.

El sistema de control de vías enviará al regulador de semáforos la señal de información del itinerario de metro ligero que llega a la intersección, que quedará por tanto habilitado en el

regulador. Este itinerario dispondrá de toda la información diferenciada de elementos y parámetros de control, entre ellos los detectores de acceso. La señal de definición de itinerario Dn habrá de llegar antes de que el metro ligero pase por el detector de aproximación D1 de ese itinerario. El regulador adaptará sus fases para dar paso al metro ligero sobre ese itinerario.

6.9.3. Gestión de un tramo de vía única.

Los detectores definidos para la gestión del metro ligero no son direccionales. Sobre la vía única se situarán los detectores D1, D2 y D3 necesarios para cada sentido de circulación, pudiendo un mismo detector utilizarse para funciones distintas en cada sentido de circulación.

La gestión de vía única estará basada en primer lugar en la señal de itinerario definida anteriormente, que permitirá habilitar en cada cruce el acceso en el sentido de circulación del metro ligero que llega. Además, en el regulador se podrá definir la condición de vía única de un itinerario, para inhibir la gestión del acceso correspondiente en tanto no haya sido habilitado por la señal de itinerario.

6.10. REGISTRO DE DATOS ESTADÍSTICOS EN EL REGULADOR DE SEMÁFOROS

La eficacia del sistema depende de lo acertado que resulte el cálculo del instante previsto de llegada del metro ligero a la línea de parada. Para ayudar a la configuración de los parámetros que intervendrán en su cálculo, y para la gestión de incidencias y ajuste del correcto funcionamiento del sistema, el regulador de semáforos almacenará datos relativos al paso del metro ligero.

Para cada activación del sistema de prioridad se guardará los siguientes datos:

- Instante de activación
- Tipo de activación
- Activación normal por detector de aproximación (D1)
- Activación por detector de presencia (D2)
- Activación por emergencia
- Éxito / fracaso. El metro ligero ha pasado o no ha podido pasar sin detenerse.
- Tiempo de aproximación. Sólo será válido en el caso de activación normal con éxito.
- Tiempo de paso entre el detector de presencia y el detector de cancelación.
- Secuencia de detectores. Para D2 y D3 se registrará si se han activado dentro o fuera del intervalo previsto en los parámetros del regulador.

Simultáneamente, para cada uno de los tiempos se calculará la media, desviación típica, valor máximo y mínimo por intervalos de una hora.

La cantidad de intervalos de una hora guardados, y de pasos de metro ligero estará limitada por la memoria del regulador. Se podrá configurar la proporción de memoria destinada a guardar los tiempos y los pasos.

7. CRITERIOS DE REGULACIÓN DE LAS INTERSECCIONES

7.1. GENERALIDADES

En este apartado se introducen las consideraciones y criterios utilizados en el diseño de la regulación semafórica de las intersecciones, atendiendo especialmente a la organización de las fases que agrupan los movimientos compatibles, y a las necesidades de seguridad e incompatibilidades específicas generadas por la inclusión del metro ligero. El diseño de las fases de las intersecciones se ha efectuado siguiendo las normas habituales en ingeniería de regulación de tráfico, incorporando los movimientos del metro ligero con sus necesidades específicas:

- Los movimientos del metro ligero no son compatibles con ningún tipo de movimiento de peatones o vehículos. Por ejemplo, no es posible permitir movimientos de giros de vehículos atravesando la vía. En estos casos, se habrá de habilitar una fase especial para el giro. Y tampoco se permitirá un movimiento de giro del metro ligero sobre un paso de peatones en verde.
- Se ha de estudiar la secuencia de fases y los despejes entre movimientos para asegurar que no se quedará atrapado ningún vehículo en la vía del metro ligero por motivos relativos a la organización de la regulación semafórica. Y se intentará evitar que se produzcan estos problemas por otros motivos relacionados con la densidad del tráfico o con interferencias de peatones.
- Simplificar en lo posible los movimientos de la intersección para conseguir que la fase compatible con el metro ligero tenga la mayor duración posible. Es importante eliminar en lo posible los giros a la izquierda y dejar la intersección en condiciones de funcionar con solo dos fases principales.

Se presentan en este proyecto las soluciones de regulación de cada intersección, definiendo la situación y tipología de semáforos y la organización de movimientos de las fases principales y su secuencia normal de funcionamiento. En este capítulo se explican los criterios generales utilizados en este diseño, y las soluciones dadas a situaciones estándar y a algunas situaciones especiales.

7.2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS FASES

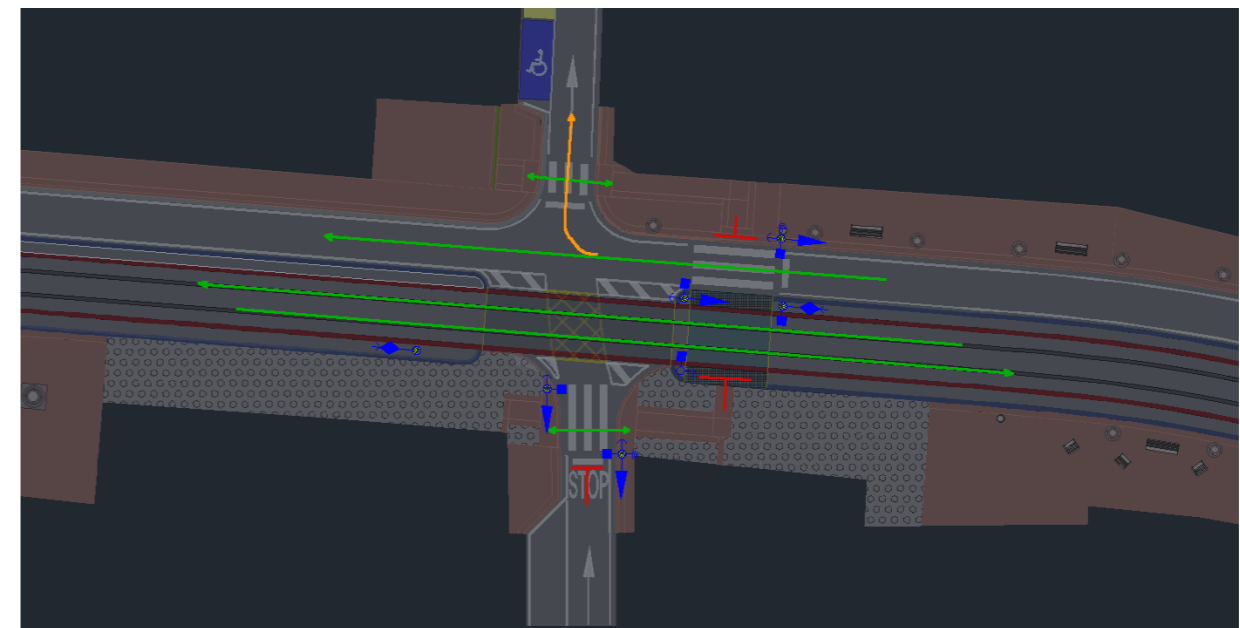
La representación gráfica de los movimientos de vehículos, peatones y trenes que están permitidos en cada fase de las intersecciones se presenta en los planos que se incluyen en el apartado correspondiente de este proyecto. Se utilizan los siguientes grafismos para representar el estado de funcionamiento de los movimientos en cada fase: Indica un movimiento de vehículos o de trenes que se está realizando en esta fase, por tener su

semáforo en verde Indica un movimiento de vehículos que se ha de realizar con precaución porque cohabita con otro movimiento de vehículos o peatones que no es totalmente compatible con él. Corresponde a un movimiento al que se da paso con un semáforo en ámbar intermitente. Indica que el movimiento de vehículos o de trenes está parado en esta fase por tener su semáforo en rojo Indica un movimiento de peatones que se está realizando en esta fase, por tener su semáforo en verde. Indica que el movimiento de peatones está parado por tener su semáforo en rojo.

7.3. REGULACIÓN DE INTERSECCIONES NORMALES

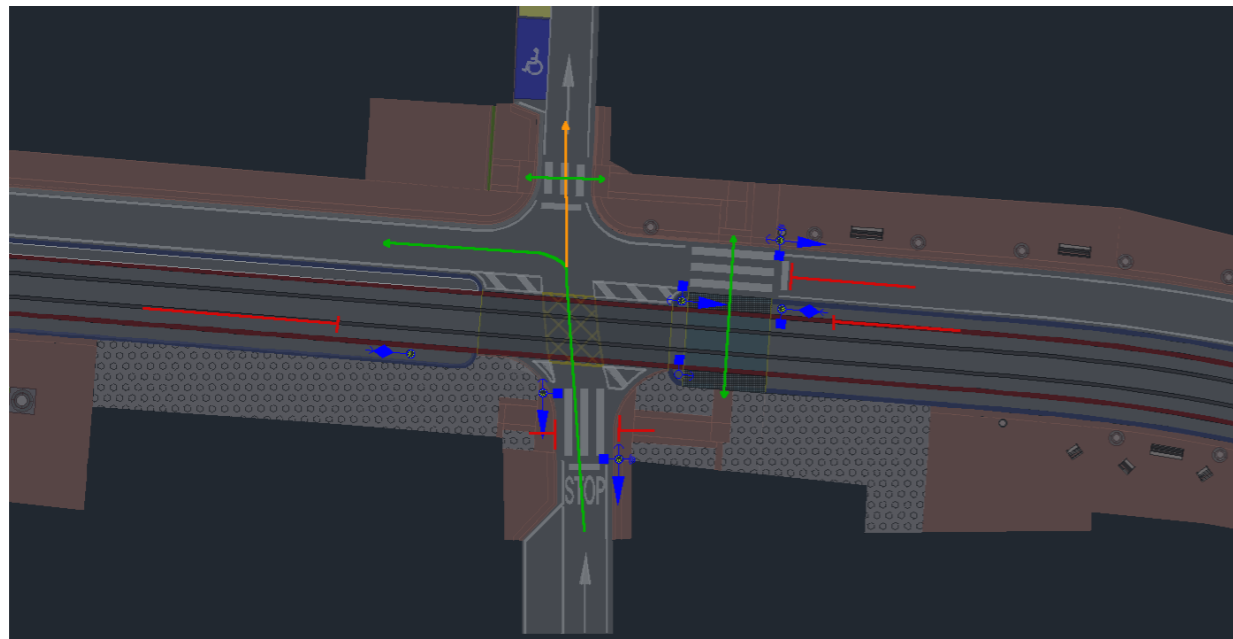
El diseño típico de la regulación de una intersección normal constará de dos fases estables, una para los movimientos de la calle principal (Fase A), y otra para los movimientos de la fase de paso de la calle transversal (Fase B). Los peatones de la calle principal pasan en la fase de la vía transversal, y los peatones de la calle transversal pasan en la fase A con la vía principal.

Se presenta como ejemplo las fases de la intersección de la calle San Ramón (Calle principal que integra las vías) con la calle Eras Bajas (calle transversal). En la primera fase pasan los vehículos de la calle San Ramón, que pueden circular rectos y girar a la derecha atravesando el paso de peatones, el cual está protegido semáforo en ámbar intermitente.



Los movimientos del metro ligero son compatibles con esta fase A, y por ello se representan en flecha verde. Sin embargo, el semáforo de metro ligero se abrirá dentro de esta fase solo si llega el metro ligero. Se observa por la señalización horizontal que no están permitidos los giros a la izquierda desde la calle San Ramón.

En la fase B se representan en verde los movimientos rectos de la calle Eras Bajas, y los movimientos de giro a la izquierda.



Cuando en una intersección se producen giros a la izquierda, o existen más accesos, o conviene proteger los peatones de los movimientos de giro, u otras circunstancias, el número de fases estables puede ser de tres, o más en casos especiales. La ordenación del tráfico debe dirigirse a conseguir intersecciones que funcionen con dos fases estables, principalmente en una zona de paso del metro ligero.

7.4. REGULACIÓN DE GLORIETAS

7.4.1. Características generales

Las glorietas se diseñan inicialmente para funcionar sin semáforos, con prioridad de paso al tráfico que circula por el anillo de la glorieta.

En algunos casos se incorporan semáforos con objeto de proteger los pasos de peatones de los accesos a la glorieta, que según normas de diseño se han de situar a una distancia adecuada de la boca de entrada. El paso de peatones, normalmente actuado con pulsador, se protege con semáforos de vehículos en rojo cuando están en verde los semáforos de peatones, y en la fase de paso de vehículos el semáforo que controla el tráfico en sentido hacia la glorieta funciona en ámbar intermitente para indicar que en la boca de la glorieta tendrá que ceder el paso a los vehículos del anillo.

En glorietas situadas en el centro de las ciudades, o en condiciones de intensidades muy altas de tráfico, o accesos de más de dos carriles, puede procederse a un control total con

semáforos del funcionamiento de la glorieta, implicando incluso la existencia de semáforos que controlan los movimientos en el interior del anillo.

La casuística de situaciones de incorporación de semáforos a una glorieta es por tanto muy variada, y tiene relación con las intensidades de los movimientos de tráfico, el diámetro del círculo interno de la glorieta, el número de carriles de los accesos, y también con la longitud de los pasos de peatones.

El paso de la vía del metro ligero por una glorieta exige por descontado la introducción de semáforos, al menos para separar los movimientos del metro ligero de los movimientos de peatones y vehículos. El elemento diferenciador más evidente será que el metro ligero no puede respetar la prioridad del tráfico que circula por el anillo, y será necesario instalar semáforos de vehículos en el anillo delante del paso de las vías, que se cerrarán en rojo cuando se da paso al metro ligero.

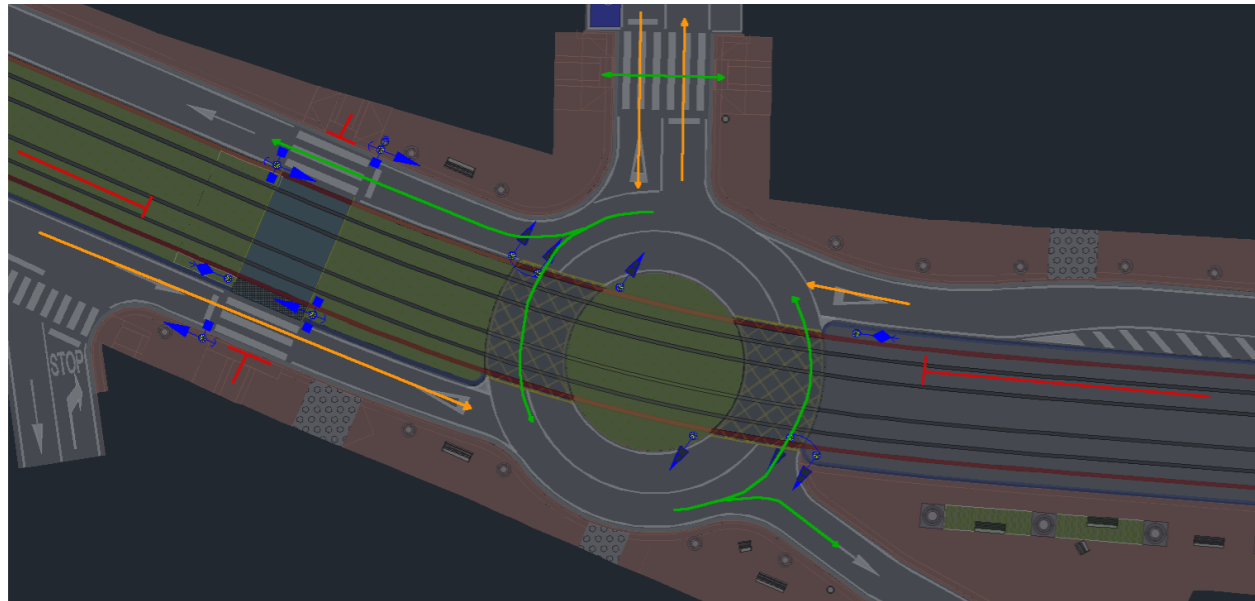
Asumida la existencia de semáforos para control del paso del metro ligero, la regulación del resto de la glorieta queda sujeta también a las diferentes posibilidades enunciadas, y se habrá de ajustar por tanto a las características de cada glorieta.

Las soluciones adoptadas en cada caso se presentan los planos de regulación de las intersecciones, y en este apartado explicaremos el funcionamiento de dos soluciones típicas de regulación de glorietas.

7.4.2. Regulación típica de glorieta. Solución 1

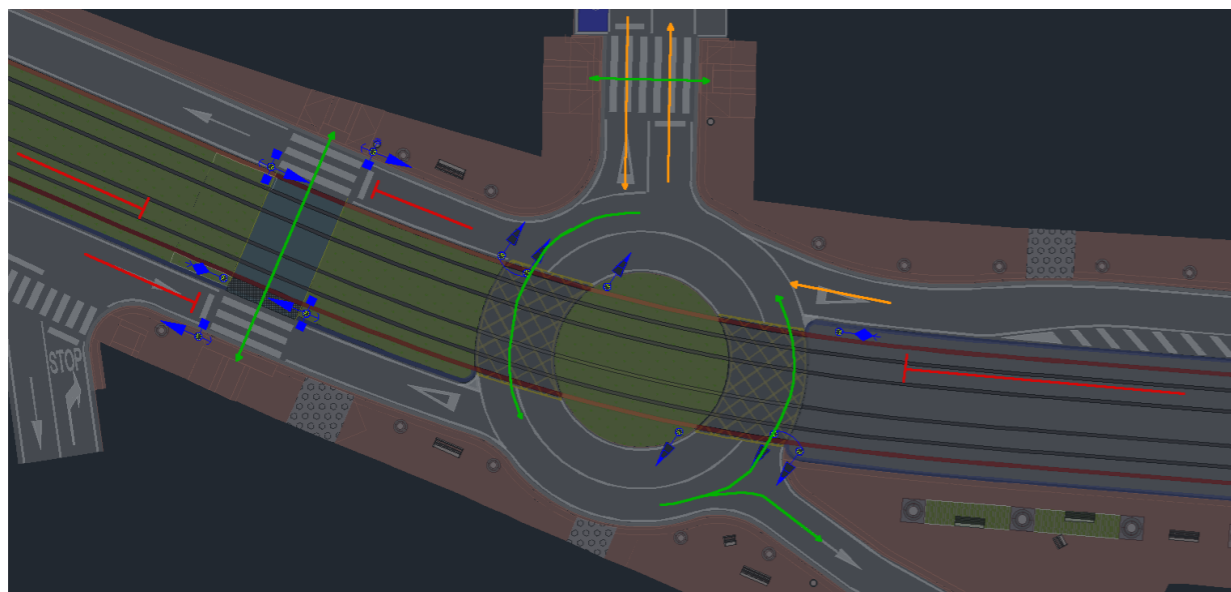
Presentamos la solución de regulación de la glorieta de la calle San Ramón (calle principal que integra las vías del metro ligero) con Agustina de Aragón y Santa Lucía. En la fase A pasan los vehículos de la calle San Ramón, que pueden circular rectos sobre el paso de peatones protegido con un semáforo en ámbar intermitente. En esta fase pasan también los peatones que atraviesan la calle Agustina de Aragón. Se propone una solución de dos fases principales y una fase especial para controlar el paso del metro ligero.

La representación de la primera fase es la siguiente:



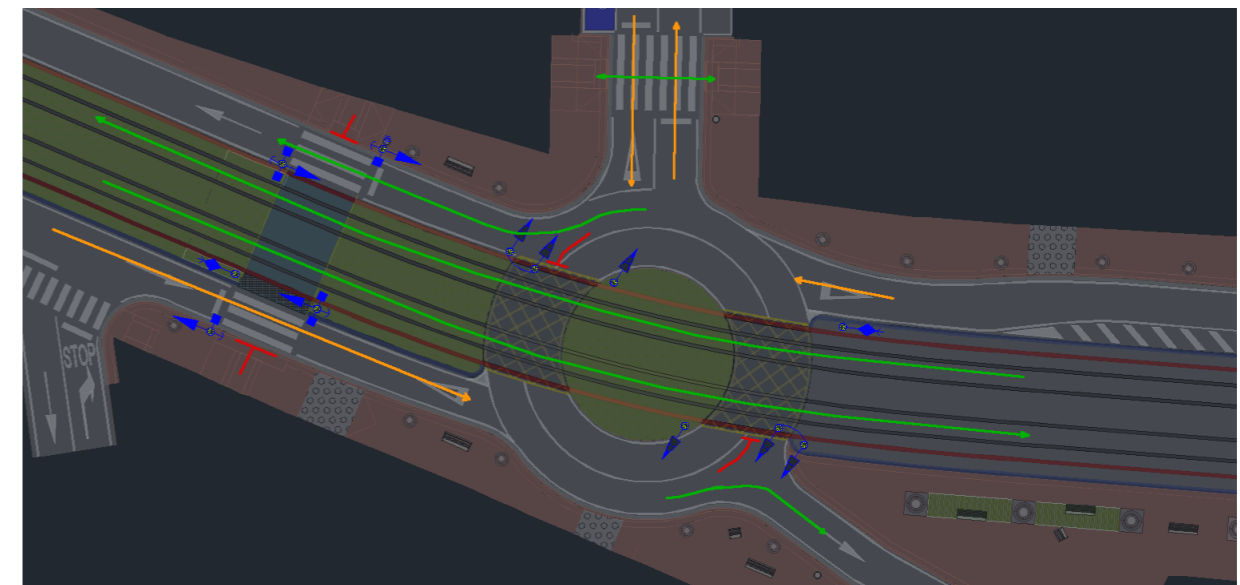
Funcionan en ámbar intermitente los semáforos de acceso a la glorieta de la Calle San Ramón, y están en verde los semáforos del interior del anillo delante de las vías del metro ligero, ya que la circulación por el anillo tiene prioridad sobre los vehículos de entrada a la glorieta. La calle secundaria Agustina de Aragón, no dispone de semáforos en el paso de peatones, por lo que los vehículos de entrada y salida a la glorieta tendrán que hacerlo respetando la prioridad del paso de peatones

La segunda fase es la siguiente:



Es conceptualmente similar a la anterior, en este caso se cierra el semáforo de vehículos en el paso de peatones de calle San Ramón.

Y cuando llega un metro ligero se activará la siguiente fase especial, que no es compatible con ninguna de las fases 2 normales anteriores:

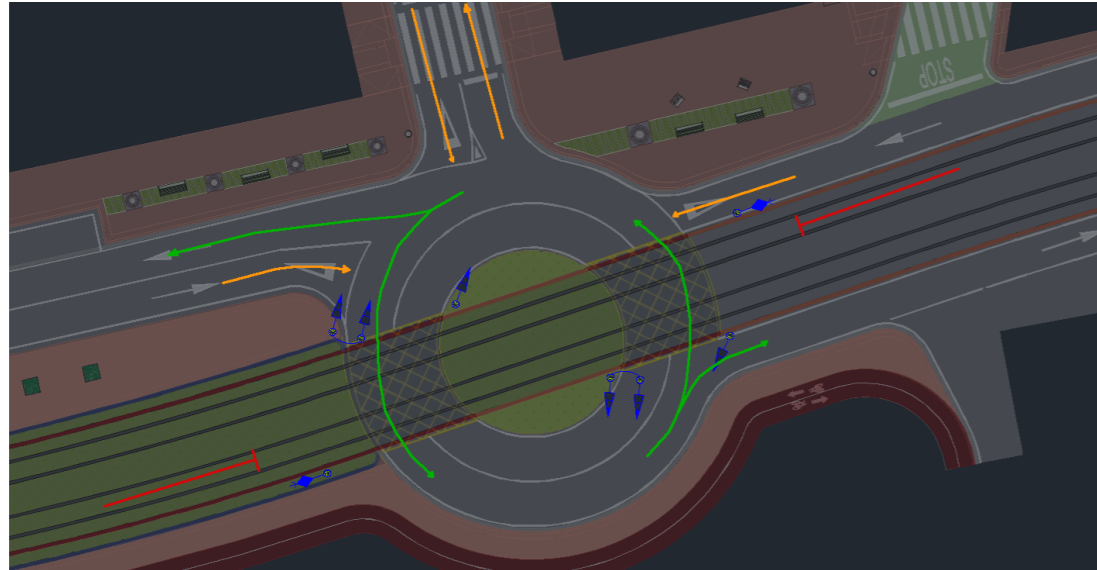


Esta fase mantiene todos los semáforos de los pasos de peatones en el mismo estado de la primera fase, y únicamente se diferencia en que se ponen en rojo los semáforos que controlan la circulación del anillo para proteger el paso del metro ligero.

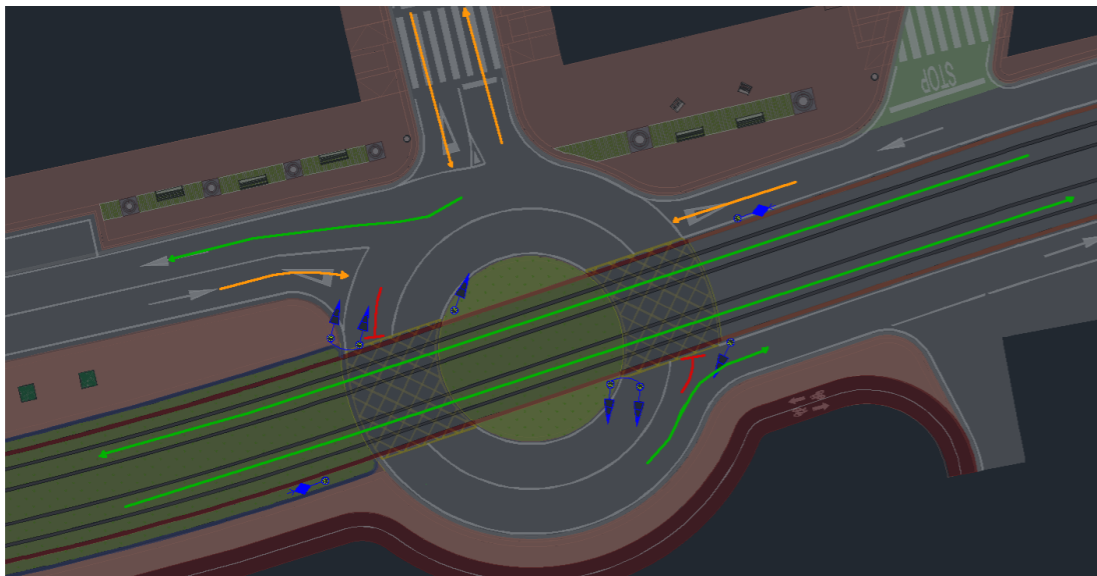
7.4.3. Regulación típica de glorieta. Solución 2.

Se trata de la solución de regulación de la glorieta Crta. De Alhama – C. San Cayetano – C. Poniente. Es una intersección en T sin pasos de peatones semaforizados. En este caso se usarán 2 fases para la circulación normal y el paso del metro ligero.

La primera fase los semáforos para la circulación de vehículos estarán abiertos como si no hubiese semáforos, permitiendo una circulación libre.



En la segunda fase, los semáforos de la glorieta se cerrarán, impidiendo el paso de vehículos a través de ella, permitiendo el libre paso del metro ligero

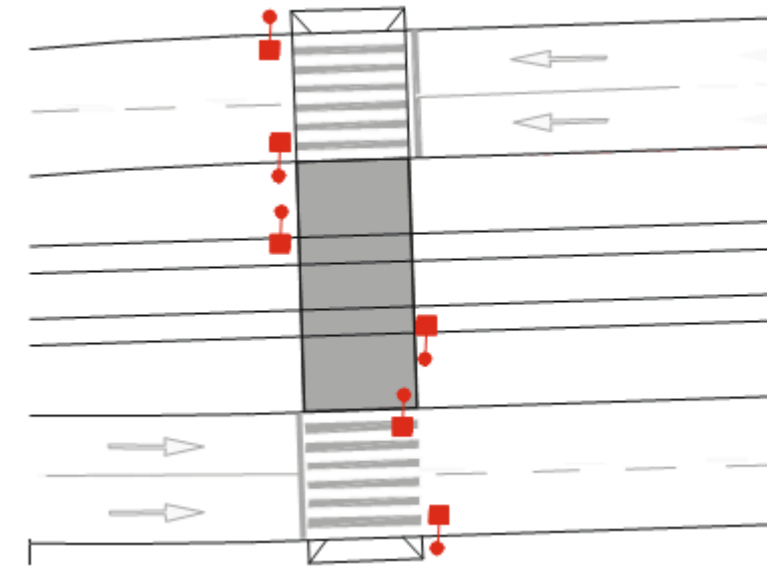


7.5. SEÑALIZACIÓN Y REGULACIÓN DE PASOS DE PEATONES NORMALES (NO SITUADOS EN PARADAS)

7.5.1. Organización de la señalización

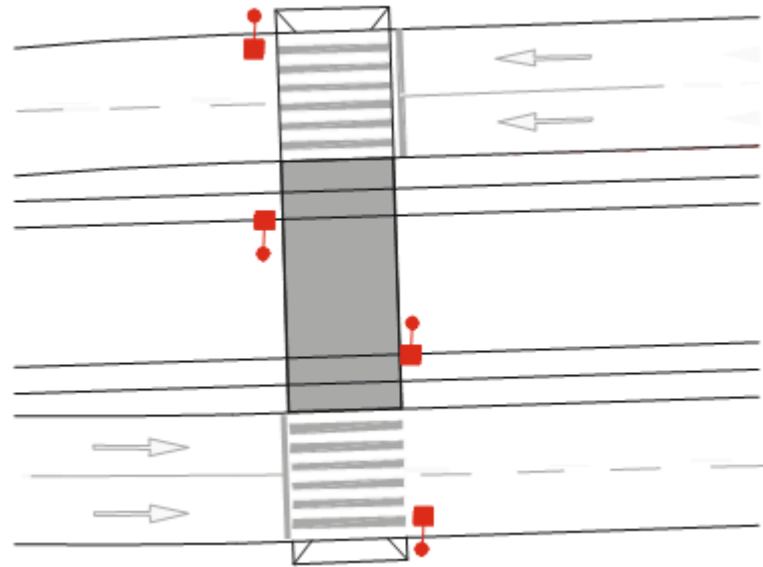
La señalización semafórica de los pasos de peatones consistirá en semáforos cuadrados de dos focos de 200 mm de lado con siluetas humanas en verde y rojo. El número y situación de estos semáforos dependerá de la ubicación de las vías del metro ligero en relación con las calzadas del tráfico, y especialmente en la existencia o no de un espacio suficiente para estancia de uno o varios peatones en el entorno de las vías, y de la situación de estos refugios. Considerando, como es el caso en este proyecto, y normal en muchas situaciones, que las vías del metro ligero se encuentran situadas en la zona central entre las calzadas en cada sentido de circulación, se podrán distinguir tres situaciones típicas que presentamos y describimos a continuación.

a) Vías centradas con refugio entre la vía y la calzada



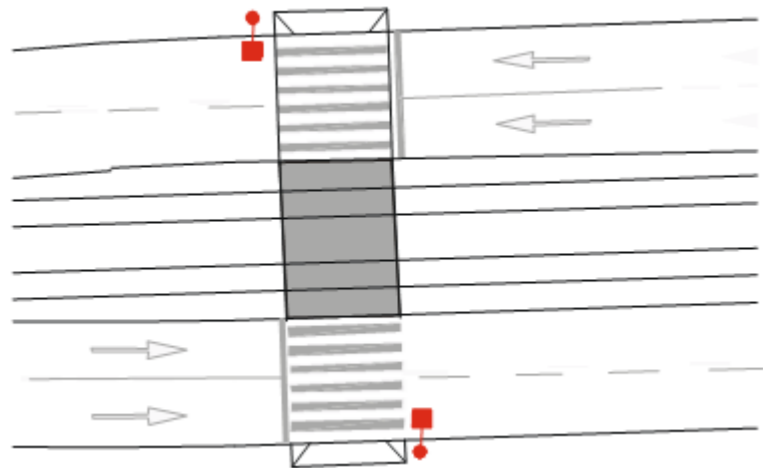
En este caso se instalarán semáforos de peatones para cubrir independientemente los tres pasos: dos de las calzadas de tráfico y el paso a través de las vías.

b) Vías situadas al lado de cada calzada, sin refugio entre la calzada y la vía, pero con separación suficiente entre las dos vías



En este caso la vía queda integrada en el semáforo de peatones del paso de calzada, y únicamente se instalan semáforos en dos pasos de peatones independientes, uno para cada calzada de circulación de tráfico.

c) Vías centradas sin refugio entre las vías y la calzada, ni tampoco entre las vías



En este caso, y dado que el peatón no está protegido en ningún punto de la zona central de vías, se han de instalar semáforos para cubrir un único paso de peatones para todo el conjunto de vías y calzada

d) Paso de peatones en parada no coincidente con intersección.

Se implantarán semáforos peatonales en la zona de plataforma, que funcionarán de forma independiente de los semáforos vehiculares, siempre en ámbar intermitente de paso de peatones indicando que es una zona en la que no tienen preferencia (como bien se indica en la señalización vertical según se recoge en pliego) y que cambien a rojo cuando se prevea la entrada o salida de un vehículo móvil.

La activación del rojo peatón será siempre mediante los detectores instalados en vía, tanto a la entrada a la parada como a la salida. La activación será mediante los detectores de aproximación (Da) o mediante los de cancelación del cruce precedente (Dc) programando en cada caso un tiempo de llegada a parada.

Con este modo de funcionamiento desde la entrada del tren en la parada y hasta su paso por el cruce de peatones en plataforma, el peatón se encontrará protegido en rojo, estando del lado de la seguridad y evitando situaciones de peligro ante la inminente salida del tren.

La activación nuevamente al ámbar intermitente del peatón se hará mediante los detectores de cancelación (Dc).

7.5.2. Organización de los tiempos de regulación

El tiempo de paso de la fase de peatones, en condiciones normales, habrá de ser suficiente para que los peatones puedan atravesar todos los pasos independientes dentro de ese tiempo, en forma que un peatón andando a la velocidad mínima establecida como límite de diseño pueda llegar de una acera a la totalmente opuesta en ese tiempo.

Cuando se acerca un metro ligero a la intersección o al paso de peatones el regulador puede alterar los tiempos de las fases para ceder paso prioritario al metro ligero, salvando los tiempos mínimos fijados para cada fase como parámetros del regulador de semáforos.

En las tipologías de pasos a y b en que los peatones tienen espacio suficiente para quedarse en medio de los pasos independientes, el tiempo mínimo de estos pasos se ajustará únicamente para asegurar el tiempo necesario para atravesar cada paso parcial, para obtener mayor flexibilidad para la prioridad del metro ligero. Un peatón que haya iniciado el paso al principio de una fase que deba cerrarse por la llegada del metro ligero tendrá que detenerse en el refugio inmediato.

En la tipología de paso c en que no hay ningún refugio en medio el tiempo mínimo de la fase de peatones deberá asegurar el recorrido del paso total a la velocidad que se establezca para las situaciones de prioridad del metro ligero.

7.6. REGULACIÓN DE PASOS DE PEATONES EN PARADAS

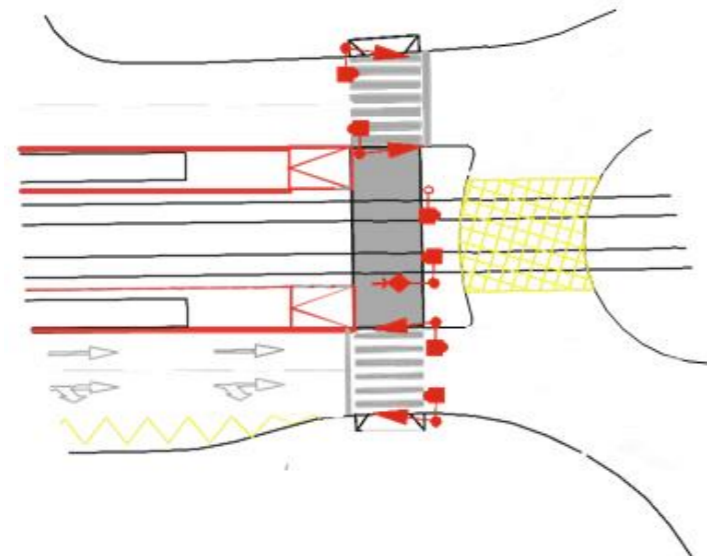
Las paradas del metro ligero se diseñan con pasos de peatones en cada extremo para facilitar el acceso a los andenes para peatones que llegan por cualquier dirección. Estos pasos de peatones han de atravesar las calzadas de vehículos y las vías del metro ligero, y serán utilizados tanto para pasar de un lado al otro de las aceras de la calle, peatones de paso,

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

como para acceder a los andenes para coger el metro ligero. Normalmente uno de los extremos de la parada coincide con una intersección con semáforos, y el otro extremo dispone de un paso de peatones utilizado principalmente para acceso a los andenes. Ambos casos se tratan con soluciones de regulación diferentes.

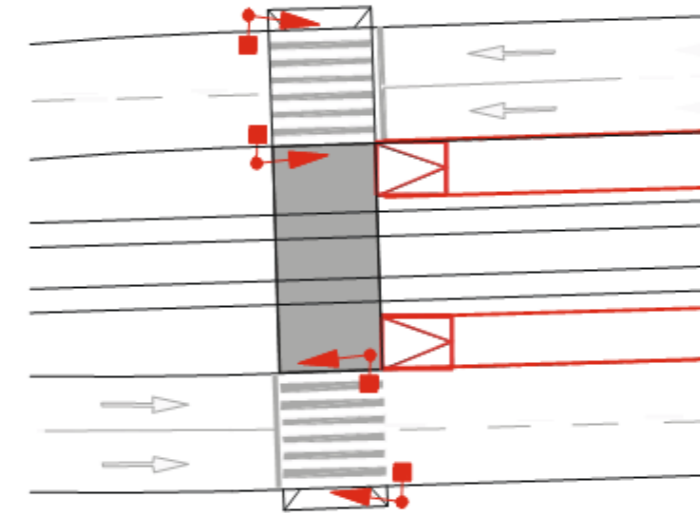
a) Paso de peatones en parada coincidente con acceso a intersección con semáforos.

Los pasos de peatones de final de andén de parada que coinciden con la entrada a una intersección con semáforos se han tratado con semaforización total, instalando semáforos de peatones tanto en las calzadas de tráfico como en el paso sobre las vías del metro ligero, tal como se presenta en el esquema siguiente. La salida del metro ligero de la parada estará también controlada por su semáforo específico ya que es el acceso a la intersección. La organización de los semáforos de peatones depende de la situación de las vías con relación a las calzadas laterales, y específicamente de si entre la calzada y la vía existe una zona suficiente de protección de peatones. En el trazado del MLG casi siempre existe espacio de protección de peatones y por tanto el diseño que se presenta es el normal para todos estos casos.



b) Paso de peatones en parada no coincidente con intersección.

En estos casos, en el proyecto original no se contemplaba la semaforización peatonal de los cruces de plataforma, como se puede ver en la siguiente figura, quedando los peatones sin ningún tipo de protección:



Este diseño corresponde a una situación en que la velocidad del metro ligero a la llegada y salida de la estación es muy reducida, ya que está frenando para parar o sale de una situación de parada total, y por tanto el conductor puede reaccionar ante cualquier situación de peligro ocasionada por los peatones. Será necesario instalar señalización fija para llamar la atención a los peatones sobre la vigilancia necesaria al atravesar las vías.

La solución por la que se opta para este tipo de casos es la implantación de semáforos peatonales en la zona de plataforma, que funcionarán de forma independiente de los semáforos vehiculares, siempre en ámbar intermitente de paso de peatones indicando que es una zona en la que no tienen preferencia y que cambian a rojo cuando se prevea la entrada o salida de un vehículo móvil.

La activación del rojo peatón será siempre mediante los detectores instalados en vía, tanto a la entrada a la parada como a la salida. La activación será mediante los detectores de aproximación (Da) o mediante los de cancelación del cruce precedente (Dc) programando en cada caso un tiempo de llegada a parada.

Con este modo de funcionamiento desde la entrada del tren en la parada y hasta su paso por el cruce de peatones en plataforma, el peatón se encontrará protegido en rojo, estando del lado de la seguridad y evitando situaciones de peligro ante la inminente llegada o salida del tren.

La activación nuevamente al ámbar intermitente del peatón se hará mediante los detectores de cancelación (Dc)

8. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE REGULACIÓN

8.1. REGULADOR DE LOS SEMÁFOROS DE UNA INTERSECCIÓN

8.1.1. Características generales

El regulador es el encargado de controlar el encendido de los semáforos de vehículos, de peatones y del metro ligero, en una intersección o un conjunto de intersecciones, de acuerdo con la programación de planes de regulación y parámetros que definen el funcionamiento de una intersección específica.

El regulador recibe la información de los detectores del Metro Ligero, y efectúa las funciones de control de los semáforos de vehículos y peatones de acuerdo con los planes de regulación programados, y las funciones de control de los semáforos del Metro Ligero y de adjudicación de prioridad al Metro Ligero según las estrategias de definidas en esta memoria.

El regulador deberá cumplir con las normativas españolas y europeas que se relacionan en el capítulo de especificaciones técnicas.

8.1.2. Características funcionales y tecnológicas

8.1.2.1. Tecnología

El regulador será de tecnología digital en estado sólido, provisto de microprocesador, salidas estáticas a los semáforos, y reloj digital de precisión.

Estará preparado para el control de semáforos de LEDs a la tensión de 42 Vac. La alimentación de la electrónica de control del regulador podrá ser a 220 Vac o a 42 Vac.

El regulador dispondrá de cajetín lateral con puerta independiente de la puerta principal, que contendrá un panel de control manual con un conmutador de dos posiciones que permitirá seleccionar los modos de funcionamiento normal o en intermitente.

8.1.2.2. Verdes incompatibles

El regulador dispondrá de una "tabla de verdes incompatibles" en la que se definirán los grupos que no pueden tener verde simultáneamente. Esta tabla habrá de ser específica para esta función, y totalmente independiente de la tabla o tablas en que se defina la asociación de grupos semafóricos a las fases de funcionamiento.

El regulador efectuará una supervisión continua del estado de cada uno de los grupos semafóricos, comparándolo con las restricciones impuestas en la tabla de verdes incompatibles. Si se constata una situación de verdes incompatibles encendidos simultáneamente, en 0,5 segundos el regulador deberá poner todos los semáforos de vehículos y de Trenes en intermitente y desconectar todos los semáforos de peatones.

8.1.2.3. Supervisión de lámparas fundidas

El regulador dispondrá de los recursos necesarios para detectar las ópticas de LEDs de los semáforos que estén funcionando inadecuadamente. Para ello medirá el consumo de cada salida (200 ms después de la activación), y comparará los valores medidos con los valores patrón registrados. Si la discrepancia entre ambos valores es superior a un margen establecido se generarán alarmas por falta o exceso de consumo, que permitirán la detección de leds fuera de servicio.

8.1.2.4. Detectores y pulsadores de peatones

Será posible conectar al regulador señales de detectores o pulsadores de peatones. Cuando se produzca una demanda de peatones el regulador accionará la fase específica para atender esta demanda adaptándose a la programación de fases y tiempos en el regulador. La demanda se cancelará cuando esté activado el verde correspondiente.

El pulsador de peatones estará asociado a un sistema de iluminación interna para indicar el estado de la demanda de peatones. Estará encendido fijo normalmente, y se pondrá en intermitente cuando el regulador haya recibido la demanda, y hasta que sea concedido el verde a los peatones.

8.1.2.5. Supervisión de puerta abierta

El regulador dispondrá de un sensor en la puerta principal del armario para detectar la apertura de la puerta y enviar una alarma al centro de control.

8.1.2.6. Tiempos de despeje

Los valores de tiempo de despeje que componen los periodos de transición entre fases estables han de ser programados de forma independiente para cada una de las fases.

Los tiempos de transición se podrán programar entre 1 y 62 segundos, con resolución de 0,5 segundos.

8.1.2.7. Tiempos de verde mínimo

- Para cada fase y en casos especiales para determinados grupos semafóricos será posible programar un parámetro denominado "verde mínimo"
- el regulador cuidará de que en ninguna circunstancia el tiempo de verde de una fase pueda ser inferior al mínimo programado
- el tiempo de verde mínimo se podrá programar entre 1 y 127 segundos, con resolución de 1 segundo

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

8.1.2.8. Tipos de fases

En la programación del regulador las fases se pueden clasificar en:

- a) En cuanto a duración de la fase, en fijas o variables
- b) En cuanto a presencia de la fase, en fijas y actuadas

Las fases fijas tienen un tiempo de duración definido en la programación del regulador, mientras que la duración de las fases variables depende de la demanda de tráfico.

Las fases fijas están presentes en todos los ciclos, mientras que las fases actuadas solo aparecen cuando se activa la demanda correspondiente de vehículos, peatones o Metro Ligero.

8.1.2.9. Capacidad

El regulador presentará las siguientes capacidades mínimas:

- a) Modularmente desde 8 hasta 32 grupos semafóricos
- b) Hasta 32 planes de regulación funcionando en modo local
- c) Hasta 24 entradas digitales

8.1.2.10. Tabla horaria de cambios de planes de regulación

El regulador dispondrá de una tabla horaria de planes de regulación. Cada plan se activará a partir de un determinado horario, especificando además los días de la semana y del año en que se activará. Los instantes de cambio de plan se podrán programar con precisión de 1 segundo.

Ante cualquier cambio de hora o funcionamiento el regulador debe ser capaz de ajustar de nuevo el funcionamiento del plan de regulación en forma que siempre se mantengan las condiciones relativas de coordinación con los otros reguladores, en función de la hora interna del regulador.

8.1.2.11. Modo de funcionamiento degradado

En este modo todos los grupos de vehículos y del metro ligero se encenderán en ámbar intermitente, y los grupos de peatones permanecerán apagados.

El regulador activará este modo de funcionamiento a partir de las siguientes situaciones:

- Por activación manual del conmutador instalado en el cajetín lateral del regulador, que permite solicitar el modo ámbar intermitente

- Cuando el regulador detecta un mal funcionamiento que puede comprometer la seguridad de vehículos, peatones o metro ligero (detección de verdes incompatibles).
- En la secuencia de puesta en marcha, cuando se inicia el regulador, o cuando se restaura la energía después de un fallo de tensión
- En control local, por activación interna del regulador, cuando exista definido un plan horario caracterizado como intermitente durante un periodo

8.1.2.12. Modo aislado a tiempos fijos

En este modo no existirán fases de duración variable, pero podrán existir fases fijas actuadas. Por ejemplo, una demanda de peatones programada dentro de una fase fija.

En este modo de funcionamiento cada plan ha de contener como mínimo los siguientes elementos:

- Secuencia de las fases (estructura)
- Valor del ciclo
- Tiempos de las fases (reparto de tiempos)
- Tipo de fase (fija o actuada)
- Tiempos de ámbar y de transiciones o despeje

8.1.2.13. Modo aislado actuado

En el modo aislado actuado el regulador atiende a la programación interna de acuerdo con los valores programados en el plan vigente.

El tiempo de verde correspondiente a las fases actuadas de duración variable, variará entre los valores programados de verde mínimo y verde máximo, en función de actuaciones de detectores. El tiempo de verde se irá incrementando en un periodo de tiempo programable denominado "extensión de verde". El tiempo de ciclo será variable, y dependerá del número de extensiones de verde que se producen en cada fase actuada de duración variable.

El regulador deberá mantener siempre los periodos de tiempo programados como verde mínimo, verde máximo, ámbar y transiciones de tiempos de despeje.

En este modo de funcionamiento cada plan ha de contener como mínimo los siguientes elementos:

- Secuencia de las fases (estructura)
- Tipo de fase (fija o variable)
- Configuración de detectores de cada fase

- Tiempos mínimos y máximos, y tiempos de extensión de verde de las fases variables
- Tiempos de las fases fijas
- Tiempos de ámbar y de transiciones o despejes

8.1.2.14. Modo coordinado (a tiempos fijos o semiactuado)

El plan de regulación debe incorporar el tiempo de desfase para la coordinación, ajustable entre cero y el tiempo de ciclo con resolución de un segundo.

Si en un determinado plan existe una fase actuada y no hay demanda, el tiempo no utilizado de esta fase se agregará a una de las fases fijas, en forma que se mantiene constante el tiempo de ciclo y se garantiza el desfase de coordinación.

Cada plan ha de contener como mínimo los siguientes elementos:

- Secuencia de las fases (estructura)
- Valor del ciclo
- Tiempos de las fases (reparto de tiempos)
- Tipo de fase (fija o actuada)
- Tiempos de ámbar y de transiciones o despejes
- Tiempo de desfase

8.1.2.15. Equipamiento de programación

Las funciones de programación y verificación de datos se podrán efectuar conectando al regulador un terminal de programación tipo ordenador portátil, o por comunicación con un ordenador en el centro de control.

Se deberán poder efectuar como mínimo las siguientes funciones:

8.1.3. Funciones de programación:

- Programación de la hora del día (horas, minutos y segundos) y del día de la semana referentes al reloj interno del regulador
- Programación o modificación total o parcial de la tabla horaria de cambio de planes
- Programación o modificación de características de cada fase
- Programación o modificación de la secuencia de fases
- Programación o modificación de los parámetros que componen cada plan de regulación
- Programación o modificación de detectores asignados a fases o a algunos semáforos específicos

- Implantación de un plan para funcionamiento inmediato

8.1.4. Funciones de verificación:

- Lectura y verificación de todos o de cualquier parámetro almacenado en la memoria de datos
- Lectura y verificación del reloj interno del regulador
- Lectura y verificación de las alarmas indicativas de mal funcionamiento

Además de todas las funciones indicadas el regulador permitirá funciones de programación y lectura especiales para la gestión del funcionamiento de los semáforos y las estrategias de prioridad del metro ligero, tal como se especifican en el apartado de centralización de los reguladores.

8.2. DETECTORES DEL METRO LIGERO

Los detectores que se utilizan para detectar y seguir el paso del metro ligero son los siguientes:

- D1: Detector de aproximación
- D2: Detector de presencia
- D3: Detector de cancelación

La llegada del metro ligero a un acceso de una intersección se produce pasando por estos tres detectores en el orden indicado (D1 – D2 – D3). La posición de estos detectores en relación con el acceso a la intersección dependerá de la velocidad del metro ligero y de las condiciones topográficas y los tiempos y parámetros de regulación de la intersección.

La interconexión física de los detectores con el regulador se realiza por medio de cable de pares de tipo telefónico y una interfase con relés de contacto libres de tensión.

El sistema de detección estará compuesto por un equipo emisor embarcada en el metro ligero, y el detector propiamente dicho situado enterrado entre las dos vías.

El equipo embarcado emite constantemente una frecuencia característica que es reconocida por el detector en tierra. Este detector cierra un contacto de salida cuando recibe esta señal.

El cierre del contacto de detección indica por tanto la presencia de un metro ligero en la zona de detección. El detector únicamente reacciona a la frecuencia específica del emisor, evitándose así la detección imprevista de otros vehículos o máquinas.

El contacto de detección ha de quedar cerrado durante todo el tiempo en que el emisor se encuentra en la zona de detección (caso de una unidad de metro parada). En el caso de una unidad en movimiento el cierre del contacto de detección se mantendrá un tiempo mínimo de 2 segundos para asegurar la lectura de la información en el regulador.

8.3. ANTENAS DE HIPERFRECUENCIA (RECEPTOR)

Son los receptores de radiofrecuencia instalados sobre los semáforos tranviarios para los casos de fallo de los sistemas de detección en vía que pueda establecerse la prioridad del Metro Ligero desde la propia cabina del tren mediante el correspondiente emisor.

La transmisión entre el transmisor y el receptor es a través de microondas direccionales. Se trata de una transmisión en la cual el receptor detectará cuando el transmisor estará a la vista

Montaje

El ángulo del transmisor y del receptor se puede ajustar con su doble eje soporte de montaje.

Con el fin de optimizar la transmisión. El sistema debe funcionar a la vista, sin ningún tipo de obstáculos en el medio, para dar lo mejor resultados.

El receptor debe ser instalado a una altura significativa con el fin de evitar que un camión (que puede ser considerado como un obstáculo en movimiento) que viene entre el emisor y el receptor podría cortar el haz de microondas, lo que llevaría a la no detección del Metro.

Se requiere una altura mínima de 3 m y preferiblemente en el lado derecho de la plataforma.

La posición angular recomendada es horizontal y paralela al eje del carril, con una tolerancia angular de 5 ° máxima en la dirección del vehículo.

Cuando el área de detección es en una curva, la posición angular horizontal del receptor debe ser ajustado de acuerdo con los siguientes parámetros:

- La distancia " a la vista ", que puede ser limitado por la presencia de edificios o árboles,
- La distancia de detección requerida,
- El ángulo del vehículo teniendo en cuenta que la abertura de haz de microondas es 20 ° en el plano horizontal.

8.4. MATERIAL EMBARCADO

8.4.1. Antenas Emisora para detectores en vía

Descripción de Antena

El dispositivo se corresponde con un transmisor compacto con antena integrada específicamente destinado a aplicaciones ferroviarias, que se instala en los bajos del tren y cuya funcionalidad es la de activar la demanda del Metro sobre los detectores instalados en vía.

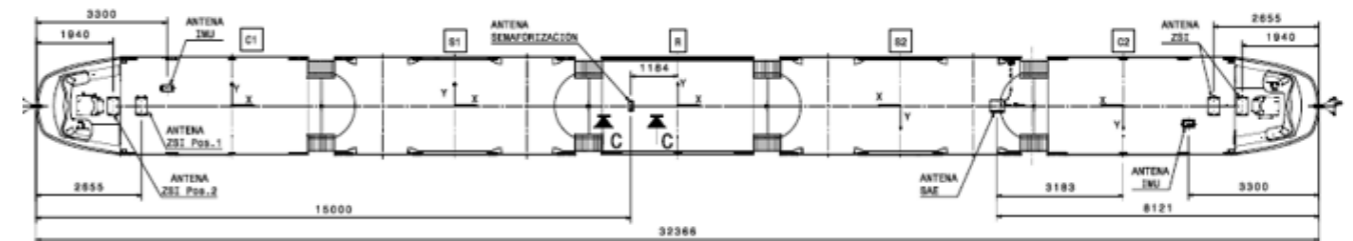
Igualmente se instalará una antena en el vehículo bivial para poder habilitar la demanda de paso de este vehículo, ya que no dispone de baliza embarcada

Montaje de Antena

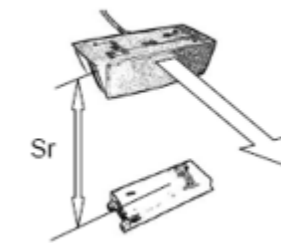
Para un metro simétrico de 5 cajas (con longitud aproximada de 33m), el emisor se montará en el bogie central (centrado en el vehículo como requisito de instalación).

Con esta consideración, el equipo emisor se debe montar a 17 metros del testero de la unidad, sin embargo, a 17m la antena quedaría en los bajos del bogie R, donde no hay espacio para ninguna antena. Por lo tanto, se acuerda montarla lo más centrada posible, en los bajos de los coches R o S, en una posición situada a 15 metros de un extremo y, en consecuencia, a 17,366 metros del otro extremo.

Se instalará conforme a lo indicado en siguiente esquema en los bajos del tren.



El receptor se encuentra a lo largo de la traza de la vía. La distancia entre el transmisor embarcado y el receptor fijo en la traza de la vía ha de estar en el rango especificado en la anterior tabla como SR [100mm a 600mm]. Según lo acordado, ésta no estará nunca a una distancia menor de 113mm con respecto a la línea superior de carril.



La información recogida será enviada al regulador semafórico a través del puerto serie tipo RS-485 para asegurar la localización en tiempo real del vehículo.

La antena embarcada incorpora un sistema de auto test que asegura tanto el correcto funcionamiento del emisor, como la detección del receptor.

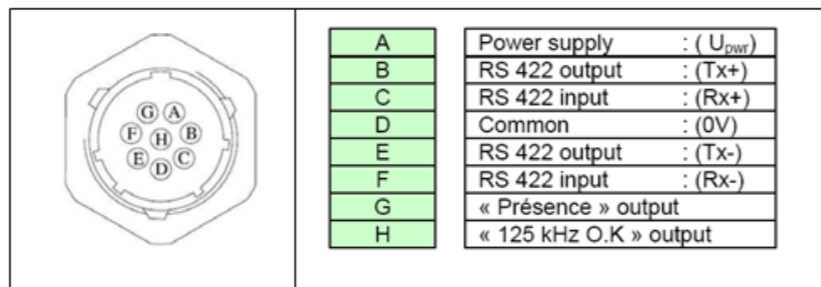
Conexión de Antena

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

Dimensión de la antena: 250x103,5x67,5mm. Distancias al centro de las fijaciones: 225x60mm. Tornillos: 4 de M5.

Cableado a utilizar:

- 8 cables (2 de alimentación, 2 salidas, 2 pares conexionado serie RS 485 o RS 422. Impedancia de la línea 120 ohm).
- Sección de los cables: 1,5 mm².
- Diámetro exterior del cable: 12,5 mm.
- Longitud máxima del cable: 1.200m



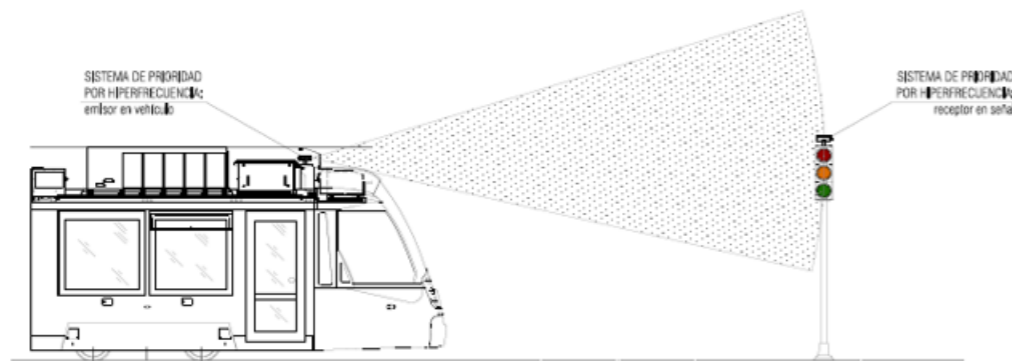
8.4.2. Antenas de Hiperfrecuencia (Emisor)

Las antenas de hiperfrecuencia irán instaladas en todos los trenes y su funcionalidad es la de activar la demanda semafórica de Metro en caso de fallo del sistema de detectores.

Descripción demanda de paso

La semaforización portátil está basada en un sistema de prioridad por hiperfrecuencia (24,125 GHz) que asegura una comunicación de gran alcance y fiabilidad entre emisor a bordo de vehículo y receptor del sistema de control del cruce.

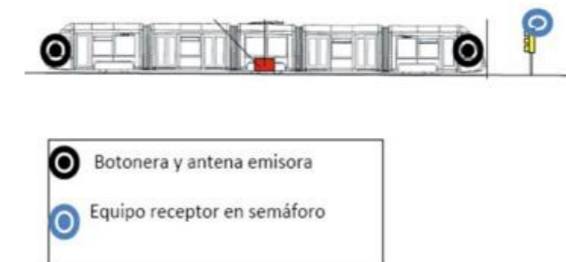
El siguiente gráfico ilustra el funcionamiento del sistema de demanda de paso.



Utiliza el proceso de tratamiento de señal tipo HCMOS, con codificación fijado mediante conmutación. El emisor embarcado trabaja a tensión de 12/24Vcc, siendo el alcance de identificación de hasta 300m gracias al estrecho haz nominal de trabajo.

El emisor está protegido por caja estanca IP66 de 200x80x65mm, con pintura epoxi resistente a rayos UV. El conexionado se realizará mediante conector estanco.

Se dispondrá de una botonera o mando en cada una de las cabinas, así como de una antena que permita el envío de la petición al terminal situado en el semáforo viario de la instalación objeto de la petición.



Especificaciones técnicas del emisor

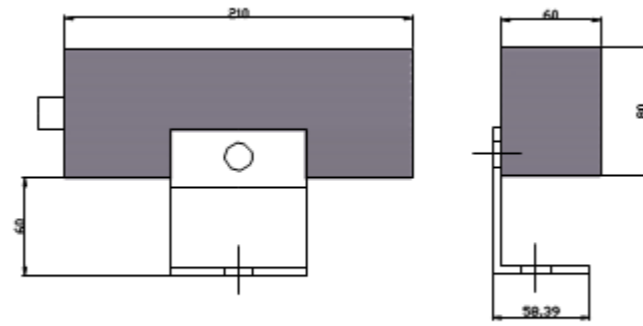
Las principales características técnicas del emisor quedan reflejadas en el siguiente cuadro.

Tecnología	Hiperfrecuencia 24,125 GHz.
Alcance del Radar	300 m con 4 niveles de sensibilidad
Modo	1 Código fijo o 3 códigos programables por codificación binaria externa o bien por conmutador o por enlace Serie RS 232 / 485.
Potencia conmutada en el receptor	Salida corriente débil NO.NF = 2 mA / 5V a 0,5 A / 120 VCA ; 1 A / 24 VCC
Tipo de salida	Relé.
Tensión de alimentación Un	Receptor : 230 VCA / 24 VCA 48-62 Hz, + - 15% ; protección por fusible Emisor : 24VCC / 12VCC, -10% + 20%. ; protección por fusible
Consumo	Emisor < 4VA / Receptor < 3VA
Zona de funcionamiento	Almacenamiento: - 40°C a + 85°C Funcionamiento: - 30°C a + 70°C
Caja	protección IP 66 , con visera / pintura epoxi resistente al los rayos UV.
Dimensiones / peso	210 x 80 x 65 mm (conectores y fijacione aparte). / 1 Kg.
Conexiones	Conector IP 68 o tipo electroválvulas IP 65 / Emisor Cable 0,4 m desenchufable
Reglajes	Por switch en el frontal
Señalización	LED de alta luminosa en el frontal
Normas	CE.

Glosario: NO = Normalmente abierto; NF = Normalmente cerrado.
 Funcionalidad NO.NF: se entiende producto alimentado sin detección.
 Seguridad positiva: relé excitado sin detección.

Montaje de Antena

El ángulo del emisor se ajustará mediante el soporte de montaje de doble eje de manera que se asegure su direccionamiento al receptor fijo, con el objetivo de optimizar la transmisión. Su fijación se realizará con tuerca + tornillo pasante de métrica M8, siendo necesaria la colocación de juntas de goma a modo de "silent blocks" para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

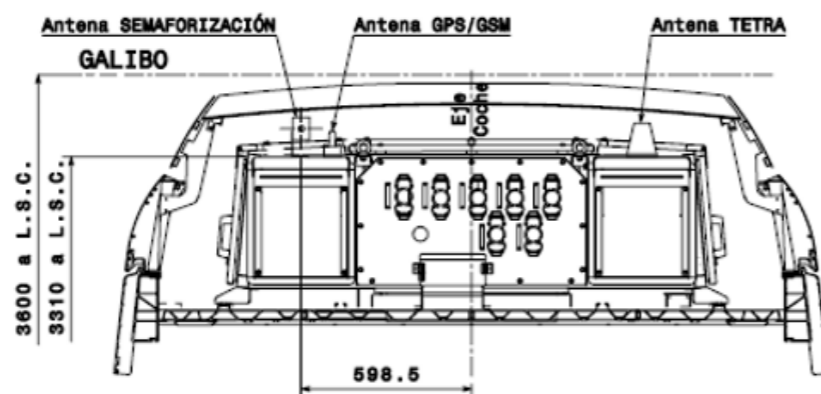


COTAS EN MM

Fijación tuerca + tornillo métrica M8 + juntas de goma

El sistema ha de operar a la vista, sin obstáculos, para garantizar los mejores resultados. Si bien la ubicación ideal de la antena es en el eje central del tren, en una zona detrás del parabrisas de las cabinas C1 y C2, se ha decidido montarla en el techo de éstas, en el lado derecho, desplazada 598,5mm respecto al eje del tren.

La distancia mínima del emisor con respecto a partes metálicas ha de ser de 50mm.



Para garantizar una alimentación estable de 24 V se deberá instalar una fuente estabilizadora de tensión en el cuadro correspondiente,

8.5. SEMÁFOROS

8.5.1. Tipologías de semáforos

Semáforos de vehículos

Se utilizarán semáforos compuestos por uno o varios módulos con foco circular de 200 mm de diámetro, en colores verde, ámbar o rojo. Los módulos irán convenientemente empalmados formando un cabezal rígido de semáforo, adaptado a cada función. Se utilizarán los siguientes cabezales de semáforos:

- Semáforo de tres módulos, verde – ámbar – rojo, para controlar un acceso normal de vehículos
- Semáforo de tres focos, ámbar – ámbar – rojo, para controlar los accesos a rotondas
- Semáforo de dos focos en casos especiales
- Semáforo de un foco ámbar para la protección de pasos de peatones en ámbar intermitente

En las situaciones en que un semáforo de vehículos se utiliza exclusivamente para controlar un movimiento de giro los focos de cada módulo ostentarán una flecha en el sentido del movimiento y del color adecuado a la función del módulo.

Semáforos de peatones

Se utilizarán semáforos formados por dos módulos de foco circular de 200 mm de lado, representando cada uno una silueta de persona, en color verde el módulo inferior y en rojo el superior.

Indicaciones adicionales al peatón. Semáforo rojo/ámbar.

Existen indicaciones adicionales de advertencia al peatón que se gestionan de manera independiente al sistema semafórico. Son semáforos rojos/ámbar.

Físicamente son exactamente iguales a los Semáforos de peatones, con cambio del aspecto verde por uno ámbar.

Semáforos del metro ligero

Los semáforos de control del metro ligero estarán constituidos por módulos circulares de 200 mm de diámetro, similares a los de vehículos, pero con colores y contenido interno distinto.

Los módulos de control del paso del metro ligero ostentarán una franja central en color blanco, orientada horizontalmente para indicar el paro, y verticalmente para indicar el paso, utilizándose esta última en intermitente para avisar del cambio a la luz de paro. En las situaciones en que conviene distinguir que el metro ligero tiene que efectuar un giro al entrar en la intersección la franja vertical se podrá presentar con giro de 45° en el sentido del giro.

Se utilizará además un módulo conteniendo un triángulo equilátero en color blanco, con el cometido de informar al conductor del estado del sistema de concesión de prioridad del regulador de la intersección. Las informaciones de este módulo serán:

- apagado: el regulador no ha recibido información de la llegada del metro ligero.
- encendido intermitente: el regulador ha detectado la llegada de un metro ligero y está evolucionando para darle paso.

encendido fijo: El regulador va a dar paso al metro ligero en un tiempo fijo programable desde el inicio del encendido de esta señal.

Semáforos acústicos

Se utilizarán semáforos formados por un módulo de foco circular de 200 mm de lado, lente perforada y dotado interiormente de la electrónica necesaria para el funcionamiento acústico.

El accionamiento será mediante mando a distancia.

8.5.2. Características técnicas de los semáforos

Los semáforos habrán de cumplir con todas las normas funcionales y constructivas que se especifican en el pliego de prescripciones técnicas particulares de semáforos en este proyecto, y se atenderán a las siguientes normas de circulación de vehículos: Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial - Real Decreto Legislativo 339/1990; y Reglamento General de Circulación - Real Decreto 13/1992.

Las características constructivas de los módulos y cabezales semafóricos serán las que señala la norma EN 12368. Los módulos semafóricos estarán contruidos en material de policarbonato, con las condiciones técnicas de durabilidad y estabilidad que se indican en el pliego de prescripciones técnicas de semáforos.

Los semáforos estarán formados a partir de módulos unifocales, consiguiéndose los cabezales semafóricos de dos y tres módulos mediante el acoplamiento de módulos simples, en forma que presenten, una vez acoplados, una estructura rígida equivalente a la que formaría una sola pieza unitaria.

La base del semáforo habrá de estar reforzada de manera que resista, sin romperse, una colisión que no derribe la columna o una fuerza del viento intensa.

Todos los módulos semafóricos estarán equipados con ópticas de leds de alta luminiscencia y de esperanza de vida superior a 10 años.

Las ópticas no tendrán ningún color estando apagadas, y el color necesario aparecerá con el encendido de los leds.

La tensión nominal de las ópticas de leds será de 42 Vac +/- 15%, y la frecuencia de 50 Hz.

8.6. COLUMNAS DE SUSTENTACIÓN DE SEMÁFOROS

Las columnas son elementos de sustentación que permiten la fijación de uno o varios semáforos mediante la conexión directa a la cabeza de la columna y mediante soportes.

Las columnas serán cilíndricas, contruidas acero galvanizado, de diámetro exterior de tres pulgadas y media (3,5"). El grosor de la columna será de un centímetro (1 cm) para asegurar la robustez adecuada.

Las columnas tendrán una longitud de 240 cm o 300 cm sobre el suelo, y de 25 cm bajo tierra, y estarán dotadas de los elementos de sujeción necesarios.

La parte superior de la columna dispondrá de una corona fija en la que ajustará un semáforo o un soporte de semáforos mediante un tubo con rosca de diámetro de una pulgada y media (1,5").

8.7. SOPORTES

Los soportes son los elementos de sustentación que permiten la fijación de un semáforo o de un conjunto de semáforos a una columna o báculo.

Los soportes estarán contruidos en fundición de aluminio con el grosor necesario para soportar el peso de los semáforos. Dispondrán de las correspondientes coronas con rosca de 1,5" de diámetro, y la forma adecuada para sujetarse a la columna o báculo y mantener la rigidez del conjunto.

Se utilizarán soportes sencillos para instalar un semáforo o un soporte doble, y soportes dobles para instalar dos semáforos.

8.8. BÁCULOS

Los báculos son elementos de sustentación que permiten la fijación de un conjunto de semáforos mediante alargadores con bajantes y soportes.

Serán de chapa de acero del tipo A-37, según las normas UNE-36-050, y de 4 milímetros (4 mm) de grosor mínimo, con una altura de 6 metros (6 m) y un brazo de entre 6,5 metros y 3,5 metros de saliente, en función de la punta intercambiable que lleva incorporada.

Estarán galvanizados en caliente con un mínimo de 520 miligramos por centímetro cuadrado de zinc (520 mg/cm²).

Tendrán una puerta de registro a una altura mínima de 30 centímetros del suelo con una cerradura para cerrarla.

El brazo del báculo deberá aguantar sin deformación aparente un peso de 80 kg en el extremo, o de tres semáforos de tres focos sin que en ningún momento se sobrepase el gálibo mínimo legal. La unión entre el báculo y los semáforos colgados será tal que en caso de colisión con un vehículo que supere el gálibo la rotura se produzca en el soporte, evitando que pueda caer el báculo.

Los bajantes de sustentación del semáforo serán orientables, y mantendrán un gálibo libre con relación a la calzada no inferior a 5 metros una vez instalados los semáforos.

8.9. PULSADORES DE PEATONES

Los pulsadores para las demandas de peatones estarán adosados directamente a la columna o báculo sobresaliendo solamente la parte accesible para establecer la demanda. Serán sólidos y diseñados para una cómoda localización y utilización. El accionamiento podrá ser mecánico mediante un micro interruptor o a través de un dispositivo táctil. En caso de utilizar un micro interruptor será de recorrido corto, accionamiento suave y de mecánica robusta.

El accionamiento del pulsador de peatones establecerá la demanda de paso en el regulador. Se instalará también un módulo de semáforo indicador de la demanda encima de cada semáforo de peatones, que estará normalmente en intermitente, y quedará encendido fijo cuando se reciba la demanda.

8.10. CABLES ELÉCTRICOS DE CONDUCCIÓN DE ENERGÍA Y TOMAS DE TIERRA

8.10.1. Conductores eléctricos

Los conductores eléctricos serán de cobre electrolítico y aislados para una tensión de servicio de 0,6/1 KV.

Los conductores de cobre serán de clase 1 según norma UNE 21.123-91/1, para conductores de secciones entre 1,5 y 4 mm², y de clase 2 según norma UNE 21.022, para conductores de sección de 6 mm² o superior.

El aislamiento de los conductores se efectuará mediante polietileno reticulado uniforme y perfectamente centrado en el inductor. Las características del polietileno serán: carga de rotura superior a 100 kg/cm² y alargamiento comprendido entre 150 y 250%. Cada conductor dispondrá además de un aislamiento de distinto color para identificación de los conductores de fase, conductor neutro y conductores de protección.

Los cables de varios conductores agruparán a éstos y sus aislamientos dentro de un segundo aislamiento de material termoplástico (Cloruro polimerizado de espesor uniforme) con carga de rotura superior a 100 kg/cm² y alargamiento mínimo de 125%. La calidad de la cubierta exterior será tal que pueda soportar perfectamente los agentes del subsuelo.

Los conductores eléctricos no presentarán empalmes dentro de las conducciones ni de las arquetas de registro, efectuándose todos los empalmes en el armario del regulador de tráfico y en los semáforos, a excepción de las conexiones relativas a la puesta a tierra de la instalación que se efectuarán donde convenga.

Las cantidades de conductores y las secciones utilizadas en cada clase de cable y equipamiento son las siguientes:

- Cable de 2x10 mm² de sección, para la alimentación de reguladores y centrales de regulación
- Cable de 4x2,5 mm² de sección, para alimentación de semáforos con un foco
- Cable de 4x2x0,9 mm² de sección, para alimentación de detectores
- Cable de 4x2,5 mm² de sección, para alimentación de semáforos con dos focos
- Cable de 4x2,5 mm² de sección, para alimentación de semáforos con tres focos
- Cable desnudo de 1x16 mm² de sección, para el latiguillo soldado a las picas de toma de tierra
- Cable desnudo de 1x16 mm² de sección, para la línea común de toma de tierra
- Cable desnudo de 1x6 mm² de sección, para la conexión de cada elemento metálico a la línea de tierra.

8.10.2. Tomas de tierra

Todas las masas de la instalación, susceptibles de producir contactos fortuitos, se conectarán a través de los correspondientes conductores de protección a la línea principal de tierra y de ella mediante la línea de enlace con tierra se conectará al electrodo.

La puesta a tierra estará constituida por electrodo artificial de superficie adecuada, enterrado, asegurando un buen contacto permanente con el terreno, procurándose que inicialmente la resistencia de toma a tierra no supere los 20 Ohm. En caso de ser necesario a los efectos de conseguir la resistencia indicada se deberá practicar el consiguiente tratamiento químico

Los conductores que constituyen la línea de enlace con tierra serán de cobre de 16 mm² de sección. La línea principal de tierra, de cobre de 16 mm² de sección y las derivaciones de la línea principal de tierra serán las que se indican en la instrucción ITC-BT 018 para los conductores de protección

En la zona en que sea enterrado el electrodo artificial se dispondrá de arqueta de registro en la que se alojará la línea de enlace con tierra, protegida desde el electrodo hasta el fondo de la arqueta mediante tubo de fibrocemento. Dicha línea se conectará con la línea principal de tierra mediante abrazadera de soldadura aluminotérmica. En dicha arqueta se alojará, en el caso de precisarse tratamiento químico, un tubo de acceso para el riego.

Es obligado que todas las masas metálicas de la instalación deban estar unidas a la misma toma de tierra (ITC-BT 018) entendiéndose como toma de tierra el conjunto de electrodos y la línea de enlace con tierra que los une entre sí.

8.11. CABLES DE COMUNICACIÓN CON REGULADORES Y DETECTORES

La comunicación entre la central de regulación y los reguladores, y entre los reguladores y los detectores del metro ligero, se efectuará con cable de pares de tipo telefónico, utilizando cable apantallado para señalización viaria tipo FPDFV, con las siguientes características:

- Conductores en cobre pulido. Calibre: 0,9 mm.
- Aislamiento en polietileno.
- Asiento de Pantalla en polietileno.
- Pantalla de Aluminio-poliéster y conductor de drenaje.
- Cubierta exterior en PVC color negro.
- Resistencia de aislamiento: 25000 Mn x km
- Radio de Curvatura: 20 x diámetro
- Temperatura de servicio: -20°C a +70°C
- Capacidad Mutua: Pares -52 ± 4 lIF/km (máx.45)

8.12. OBRA CIVIL

Se definen a continuación los elementos de obra civil necesarios para la instalación de los equipos y cables que constituyen el objeto de este proyecto, y que deberán ser completados cuando no estén previamente realizados dentro de la ejecución de las obras de infraestructura:

- Canalizaciones en calzada y en acera incluyendo dos tubos de 110 mm de diámetro, para unir todos los elementos de regulación de cada intersección con objeto de instalar los cables necesarios para su funcionamiento
- Arquetas de registro para el tendido y conexionado de los cables
- Cimentaciones para los báculos y las columnas de sustentación de los semáforos
- Cimentaciones para los armarios de reguladores y centrales de regulación

En el Pliego de Características Técnicas se definen las especificaciones de construcción de estos elementos.

8.13. MATERIAL PARA CONSERVACIÓN.

Se deberá disponer de un stock de material de Señalización Viaria para la fase de conservación de las instalaciones, de modo que se pueda afrontar la restitución de cualquier elemento de forma rápida y eficiente.

Las unidades consideradas como stock para conservación serán las siguientes, previa propuesta que se presentará formalmente para que sea validada manifiestamente por DO y Cliente:

- 3 Reguladores modulares electrónicos
- 12 báculos para semáforo
- 11 columnas para semáforo
- 5 semáforos de policarbonato de 3 focos LED sobre báculo
- 21 semáforos de policarbonato de 3 focos LED sobre columna
- 23 semáforos de policarbonato de 2 focos LED para peatones
- 5 Semáforo de 2 focos LED sobre para metro ligero
- 20 Actuador para paso de peatones completo
- 1 Antena Balogh embarcada
- 11 Detectores de Metro Ligero instalado en vía
- 1 Antena Hiperfrecuencia emisora embarcada
- 1 Antena Hiperfrecuencia receptor

9. SISTEMA CENTRALIZADO DE GESTIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN

9.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

9.1.1. Características generales y objetivos

El sistema de gestión de la regulación semafórica del metro ligero permitirá el control centralizado de los semáforos y detectores, y las funciones de supervisión, monitorización y gestión de la operación de todos los componentes.

Los reguladores de los cruces interactúan con la circulación de vehículos y peatones, a través de los respectivos semáforos, y con la circulación de los trenes, controlados por semáforos especiales dirigidos también por el mismo regulador. El regulador recibe también la información de los detectores del metro ligero y de los pulsadores de peatones, y podría también recibir información de detectores de vehículos.

El sistema de gestión debe por tanto incorporar las funciones típicas de la regulación del tráfico urbano, y las funciones especiales de gestión del sistema de regulación del metro ligero. En cuanto a los reguladores locales se han definido en los capítulos anteriores las características de cada una de estas funcionalidades, y en este capítulo se definirán los aspectos de control centralizado, especificando la organización de equipos y software que permiten la gestión de estos subsistemas desde el centro de control.

9.1.2. Organización del sistema de control

Los elementos centrales de gestión del sistema estarán integrados dentro del centro de control del metro ligero (CCML). El CCML se ha de comunicar con todos los reguladores de semáforos, que integran cada uno el control de los semáforos y detectores de su entorno de regulación (cruce semaforizado).

El sistema lógico de comunicaciones ha de ser por tanto radial, con capacidad de comunicación directa bidireccional entre el CCML y cada regulador.

El sistema físico de comunicaciones introduce un equipo intermedio denominado central de regulación, encargado de facilitar el acceso desde el centro de control a la regulación y obtención de información de los reguladores de una zona. El área total se ha de dividir por tanto en "zonas de regulación", equipada cada zona con una central de regulación comunicada fibra multimodo con los reguladores de su zona.

Las centrales de regulación se comunican sobre soporte de cable de fibra óptica con el CCML.

Se trata por tanto de un sistema de organización jerárquica en tres niveles: centro de control,

centrales de regulación y reguladores locales, con las funciones de gestión distribuidas entre ellos.

Los componentes del sistema que se definen en este capítulo son:

- Central de regulación
- Sistema de comunicaciones del CCML con las centrales de regulación
- Equipamiento del CCML
- Software de gestión del sistema

9.1.3. Funciones generales de gestión del sistema

El sistema de gestión deberá efectuar las siguientes funciones:

- Comunicación entre el CCML y las centrales de regulación y los reguladores locales
- Supervisión y gestión de alarmas y estados de funcionamiento de los reguladores locales y las centrales de regulación (monitorización de los elementos del sistema)
- Gestión del funcionamiento de los planes de regulación de los reguladores, y capacidad de visualización directa de las variables que conforman el plan en funcionamiento
- Gestión de los datos programados en reguladores y centrales, y capacidad para la supervisión, carga y modificación de datos desde el centro de control
- Sincronización horaria de los reguladores
- Obtención de datos de detectores de vehículos y gestión de la base de datos de aforos
- Funciones de supervisión del funcionamiento de todos los elementos que conforman el sistema de prioridad del metro ligero
- Capacidad de seguimiento en tiempo real en el centro de control del funcionamiento del sistema de cesión de paso a los trenes en una intersección
- Obtención de datos del sistema de gestión de prioridad del metro ligero y gestión de la base de datos históricos correspondiente

Capacidad de operación y supervisión del sistema sobre pantallas gráficas en el centro de control, integrando el acceso a la operación de todas las funciones indicadas desde cualquier estación de trabajo conectada al sistema de ordenadores del centro de control.

9.1.4. Centro de control del metro ligero

Los equipos centrales del sistema de regulación de semáforos deberán formar un subsistema integrado en el conjunto de equipos y funciones que conforman el Centro de Control del Metro Ligero, y serán el soporte de todas las funciones indicadas de gestión del sistema.

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

La gestión principal del sistema de regulación de semáforos será soportada por un ordenador central situado en el CCML, que deberá estar integrado en red con el resto de los ordenadores y estaciones de trabajo del centro.

El software de gestión de todo el sistema residirá en este ordenador, que estará preparado para dar servicio a las estaciones de trabajo, donde podrá residir una parte del software gráfico y de operación.

La integración de este subsistema en el conjunto de operaciones del CCML atenderá principalmente a las siguientes capacidades:

- Será posible la gestión del subsistema de regulación de semáforos desde cualquier estación de trabajo del CCML, conectada a la red de ordenadores.

El subsistema, y las estaciones de trabajo que pueden operar sobre él, tendrán acceso a los diferentes medios de representación de gráficos y datos del centro, y a las impresoras y plotters.

9.1.5. Centro de Control de Tráfico del Ayuntamiento de Granada

Se habilitará un sistema para que determinadas funciones de operación del subsistema de regulación de semáforos sean accesibles desde el Centro de Control de Tráfico del Ayuntamiento de Granada (CCTAG).

Se instalará para ello una estación de trabajo en el CCTAG conectada con el ordenador del subsistema de regulación de semáforos del CCML. En esta estación de trabajo se instalará el software necesario para habilitar las funciones de monitorización y supervisión del funcionamiento de los semáforos, y del sistema de prioridad del metro ligero.

9.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y FUNCIONALES DE LAS CENTRALES DE REGULACIÓN

9.2.1. Introducción

La central de regulación es un equipo intermedio del sistema de comunicaciones preparado para facilitar la conexión entre los equipos del centro de control y los equipos reguladores de cruces situados en la calle. Las ventajas principales que se obtienen con la utilización de estos equipos intermedios son:

- Se reduce considerablemente el número de equipos que se deben conectar físicamente con el centro de control.
- Se permite el empaquetamiento de datos masivos enviados por los equipos de calle de forma que reduzca la carga de comunicaciones en el centro de control.
- Se mantiene un nivel de control local de un área en el caso de fallo o parada del sistema de control general.

9.2.2. Funcionalidad

La central de regulación (en adelante CR) será un equipo basado en tecnología PC industrial que permita la comunicación entre el ordenador central del CCML y los reguladores de semáforos de las intersecciones conectadas a este equipo.

La comunicación con el Centro de Control deberá ser posible por línea serie o por TCP/IP. La comunicación con los reguladores se podrá realizar con cualquiera de estos protocolos:

- Comunicación punto a punto con reguladores usando un protocolo normalizado sobre líneas RS422.
- Comunicación multipunto RS485 con reguladores usando el protocolo multipunto normalizado.
- Comunicaciones TCP/IP usando el protocolo normalizado. Esta es la forma que se usará para realizar este tipo de conexión.

Las principales funciones de la CR son:

- Multiplexado de comunicaciones entre el Centro de Control y los reguladores de su zona
- Monitorizar el estado de comunicación de los equipos conectados y detectar nuevas conexiones, notificando las incidencias detectadas al Centro de Control.
- Identificar a los equipos que se conecten.
- Mantener en hora a los equipos conectados, y sincronizar su propia hora con el ordenador central.
- Permitir la comunicación con los equipos conectados desde un terminal de mantenimiento conectado al canal local RS232.
- Mantener actualizado el estado de comunicación, informando al sistema cuando entra en comunicación o deja de comunicar.
- Gestionar las alarmas del sistema administrando un histórico compatible con el resto de los equipos normalizados.

9.2.3. Control de los equipos

Una de las funciones básicas de la CR es controlar el estado de comunicación de los equipos y reportar su estado para que, en caso de fallo, se puedan tomar las acciones oportunas lo antes posible.

La validez de la comunicación entre equipos se realiza a dos niveles.

Prueba de comunicación:

La prueba de comunicación se está realizando continuamente y se encarga de detectar cuando se conecta o desconecta un equipo.

Es también el encargado de iniciar el proceso de identificación con los equipos cuando estos empiezan a comunicar, y de detectar cuando un equipo deja de comunicar. En ambos casos se envía un mensaje hacia el ordenador de la sala de control para reportar el nuevo estado de comunicación de los equipos.

Prueba de respuesta:

La prueba de respuesta es un mensaje que se envía al software de procesamiento de órdenes del equipo.

Podría darse el caso que un equipo mantuviera un estado de las comunicaciones correcto pero que no contestara a la prueba de respuesta, bien por un fallo en el software o porque estuviera excesivamente ocupado realizando otras tareas. En cualquier caso, el equipo a efectos de control no estaría operativo, aunque respondiera afirmativamente a la prueba de comunicaciones.

9.2.4. Sincronización de equipos

En un sistema de control de tráfico es muy importante que los equipos estén sincronizados para poder realizar una regulación correcta. Para ello la central periódicamente pregunta la hora a todos los equipos y comprueba si la hora se desvía de la hora de la propia central. Si la diferencia supera un segundo entonces la central actualiza la hora de los reguladores.

A su vez la hora de la central será actualizada desde el sistema de control para que todas las centrales mantengan la misma hora y, de esta forma, estén sincronizados todos los equipos del sistema.

9.2.5. Envíos espontáneos

El sistema de comunicaciones debe permitir que los equipos tengan la capacidad de enviar mensajes de forma espontánea al sistema de control sin necesidad de que se les pregunte directamente.

Cada equipo debe enviar únicamente los mensajes que espera recibir el sistema de control que está operando con él, y por tanto será el sistema de control el que active el envío de los mensajes espontáneos.

Hay dos conceptos para tener en cuenta en relación con la generación de estos mensajes: la activación y la habilitación.

- Habilitación de mensajes espontáneos. Cuando el envío de mensajes de un determinado tipo está habilitado, los mensajes salen del nodo cuando se generan.
- Activación de mensajes espontáneos. Cuando el envío está activado (pero no habilitado) los mensajes se mantienen en memoria. Se procederá a su envío tras la habilitación.

En general, la gestión de los envíos espontáneos permite realizar un control eficiente de la información de los equipos que debe ser notificada en tiempo real al sistema de control, evitando realizar una consulta masiva a todos los equipos que cargaría de forma innecesaria las comunicaciones.

9.2.6. Gestión de alarmas e históricos

La CR gestiona un sistema de alarmas para registrar anomalías detectadas en su funcionamiento.

Se distinguen dos tipos de alarmas dependiendo del tipo de anomalía. Por un lado, están las alarmas temporales que registran anomalías que tienen una duración en el tiempo, es decir, la anomalía comienza en un instante y termina en otro. Un ejemplo podría ser la alarma de puerta abierta del armario.

El otro tipo de alarmas se denomina de contaje y hacen referencia a eventos detectados en un determinado instante y que no tienen una duración en el tiempo. Un ejemplo de este tipo sería la alarma de reset que se genera en el momento que arranca la aplicación.

Por cada alarma se registra la siguiente información:

- Nombre: Se compone de uno o varios caracteres alfanuméricos que identifican la alarma.
- Hora: Dependiendo de si la alarma es temporal o de contaje, se registra el intervalo en que la alarma ha estado activa (hora de activación y hora de desactivación) o la hora en que se produce.

Datos: Opcionalmente la alarma puede tener unos datos asociados que registren alguna información adicional.

Todas las activaciones de alarmas se enviarán en tiempo real hacia el sistema de control para que sean registradas. En periodos de ausencia de comunicación con el centro de control las alarmas se registran en un histórico que es descargado cuando se recupera la comunicación con el objeto de que el sistema registre todas las alarmas que se producen.

9.2.7. Terminal de mantenimiento

La central CR admitirá la conexión de un terminal de mantenimiento en el que utilizando una serie de órdenes se pueda configurar y obtener diversos tipos de información relativa a su estado y a los equipos que tiene conectados.

9.2.8. Características técnicas

Características tecnológicas

La central deberá tener una arquitectura abierta en el hardware y en el software de forma que puedan funcionar sobre ella componentes distribuidos del propio sistema de control.

El hardware estará basado en arquitectura Intel de tipo industrial con las siguientes características mínimas:

- CPU: Intel Pentium IV 2,8 GHz.
- Memoria RAM: DDR 512 Mb
- Disco: IDE Flash Disk, 256MB
- Puertos serie: Dos puertos RS-232
- Puerto Paralelo: Un puerto, soporta modo SPP/EPP/ECP
- Tarjetas Multipuertos: Hasta 2 x 32 puertos
- Interfaz Ethernet: 10/100 Mbps

Características ambientales:

- Temperatura de funcionamiento -10 a 60°C
- Temperatura de almacenamiento -20 a 70°C
- Humedad relativa máxima 5 a 95% (sin condensación)

Características mecánicas:

- Grado de protección IP54
- Material de la envolvente Chapa base de hierro laminada en frío (AP 01) según UNE 36086. Espesor: 1,2 mm
- Tratamiento: Recubierto en continuo en baño de cinc. Doble pared con cámara de aire, para facilitar la aireación del equipo
- Diseño para dispersión del polvo, evitando la entrada del mismo al interior del recinto
- Cerradura antivandálica con tres puntos de cierre
- Dimensiones de la envolvente:
 - Ancho: 700 mm.
 - Altura: 1.300 mm.
 - Profundidad: 350 mm

Características eléctricas y electrónicas

- Tecnología: PC Industrial.

- CPU: Intel Pentium IV 2,8 GHz.
- Memoria RAM: DDR 512 Mb
- Disco: IDE Flash Disk, 256MB
- Puertos serie: Dos puertos RS-232
- Puerto Paralelo: Un puerto, soporta modo SPP/EPP/ECP
- Tarjetas Multipuertos: Hasta 2 x 32 puertos
- Interfaz Ethernet: 10/100 Mbps
- Tensión de alimentación 230 +10%/- 15% V ac.50 Hz Protección de sobre tensión de red
- Protección de sobretensión interna de continua
- Protección de cortocircuitos de todas las tensiones
- Protección de sobre temperatura
- Protección de sobre tensiones en las líneas de comunicación
- Aislamiento de las líneas de comunicación

Características funcionales y de las comunicaciones

- Capacidad máxima: Hasta 64 líneas de comunicaciones Modos de funcionamiento de las Líneas: hasta 64 nodos
- Multipunto: hasta 64 nodos

Central CSM-Sala de Control : RS422 full-dúplex (configurable de 1200 a19200 baudios) RS485 full-dúplex / half-dúplex (configurable de 1200 a 19200 baudios) CP/IP por Ethernet 10/100 Mbps

9.3. SISTEMA DE COMUNICACIONES

La comunicación entre el ordenador central y las centrales de regulación se efectuará mediante protocolo TCP/IP sobre soporte de comunicación de fibra óptica.

Todos los reguladores semafóricos de las instalaciones estarán conectados a las 3 centrales de zona, que estarán situadas en Talleres y Cocheras y a su vez estas conectarán con los ordenadores centrales en el PCC y los puestos de operador.

Cada regulador irá conectado a los nodos de acceso a la red de comunicaciones Multiservicio que se encuentran situados en las paradas de Metro, mediante fibra óptica multimodo de 4 fibras. Se formará así agrupaciones de reguladores de distintas instalaciones semafóricas a cada parada, en función de criterios de distancia, minimizando siempre la longitud de fibra.

Cada nodo de acceso de la red Multiservicio enlazará de forma redundante con el Nodo Central del PCC, mediante un anillo de fibra óptica monomodo. Dado el alto número de nodos

de acceso dicha red, está dividirá en dos anillos independientes, con el objeto de reducir los tiempos de acceso a la red. El primer anillo parte de la parada de Albolote y pasando por el nodo Central del PCC de Talleres y Cocheras, llega hasta la parada de Caleta.

9.4. CARACTERÍSTICAS Y EQUIPAMIENTO DEL CENTRO DE CONTROL

El CCML integra todos los equipos y funcionalidades necesarios para el control de todos los subsistemas que intervienen en el funcionamiento del metro ligero, y entre ellos incorpora también la gestión del subsistema de semáforos.

El CCML está organizado sobre un conjunto de ordenadores y estaciones de trabajo conectados en red Ethernet. El control central del subsistema de semáforos será soportado por un ordenador conectado a la red del CCML, que accederá a través de esta red a la comunicación TCP/IP con las centrales de regulación en la calle, y a la comunicación con las estaciones de trabajo y periféricos del CCML, y tendrá acceso a los procesos de operación del subsistema que se realicen en los puestos de operación (estaciones de trabajo), atendidos por los operadores de mantenimiento y explotación del sistema.

La gestión centralizada de los semáforos se organiza como un sistema de funcionalidades software distribuidas entre los siguientes elementos:

- Ordenador central
- Puestos de operación
- Centrales de regulación
- Reguladores de intersecciones

Se han definido en apartados anteriores las funciones que se efectúan en las centrales de regulación y los reguladores. La gestión central del sistema corresponde al ordenador central apoyado por las capacidades gráficas y de operación que se asignen a los puestos de trabajo.

Las funciones software del centro de control incluyen dos apartados que diferenciaremos a nivel de especificaciones, aunque han de funcionar en un entorno de integración total:

- Funciones software de gestión del tráfico
- Funciones software de gestión de la regulación semafórica del metro ligero

El primer apartado incluye todas las funciones normales que realiza actualmente un sistema de control centralizado de semáforos.

En el segundo apartado incluimos las funciones específicas que se han de agregar a un sistema estándar de centralización para atender a las necesidades de monitorización, supervisión y control del sistema de regulación y prioridad semafórica del metro ligero.

Los equipos que se instalarán en el centro de control para la gestión del sistema de semáforos serán:

- Ordenador central de control

- 3 estaciones de trabajo (2 en puestos de regulador PCC y 1 para el puesto de Agente Comercial)
 - 1 conmutador para la conexión del ordenador central con los bucles de fibra óptica
- (Adicionalmente se instala una estación de trabajo adicional en el Centro de Control de Tráfico del Ayuntamiento de Granada, conectada con Fibra Óptica al PCC del MLG)

9.5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SOFTWARE DE GESTIÓN CENTRALIZADA DEL TRÁFICO

9.5.1. Funciones generales

El sistema de software de gestión de tráfico efectuará todas las funciones de control del sistema de semáforos en lo que afecta a sus objetivos de regulación del movimiento de vehículos y peatones, integrando las características normales de un sistema de centralización de semáforos. Expondremos en este apartado las características y funcionalidades mínimas que deberá contener este sistema.

Las funciones básicas del sistema de control de tráfico serán:

- Comunicación entre los distintos computadores que lo integran.
- Comunicación con los equipos de calle.
- Control del funcionamiento de los equipos (alarmas y cambios de estado).
- Adquisición de datos de tráfico.
- Gestión de los datos de los reguladores
- Interfaz Gráfico de Operador con Gestión del Mapa, Representación de entidades e Información de alarmas y cambios de estado.
- Gestión de órdenes diferidas para su ejecución en instantes determinados.
- Selección horaria de planes de tráfico.
- Forzaduras de estructuras, repartos y desfases en reguladores.
- Forzaduras de planes y ciclo en grupos de cruces.
- Modificación interactiva de datos.
- Base de datos de actuaciones históricas.
- Generación de estadísticas de aforos

9.5.2. Arquitectura de organización del software

El software estará organizado para funcionar en forma distribuida entre un ordenador central y los puestos de operación. El Puesto de Operador será un ordenador con buena capacidad gráfica en el que funcionará el interfaz gráfico de usuario de las distintas utilidades.

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

En el ordenador principal funcionarán todos los procesos de comunicaciones con los otros ordenadores y puestos de operación y con las centrales de regulación y reguladores, y la gestión de las funciones de monitorización y control de los equipos de calle, y de recepción de datos de los detectores de vehículos.

Los puestos de operación serán polivalentes. Esto significa que desde cualquier puesto de trabajo se podrán realizar todas las funciones del sistema. Incluso desde el ordenador central se podrá operar como desde un puesto de trabajo.

9.5.3. Comunicación entre ordenadores

La comunicación entre los distintos ordenadores se realiza sobre TCP/IP por lo que se requiere que estén enlazados mediante red de área local o red de área extendida. El sistema debe comportarse como un sistema totalmente distribuido en el que los objetos se comuniquen entre ellos mediante llamadas a procedimientos independientemente de que estén en el mismo ordenador o se hallen distribuidos en distintos ordenadores. Esta forma de funcionamiento la facilita la disposición de una red de comunicaciones de alta velocidad.

9.5.4. Comunicación con los equipos de calle

La comunicación con los equipos de calle se realizará mediante un sistema que garantice la comunicación entre cualquier ordenador de la red y los equipos de regulación situados en la calle. Las características más importantes que deberá aportar el sistema de comunicaciones serán:

- Cualquier ordenador de la red podrá comunicarse con cualquier equipo de control. Esto permite que los objetos distribuidos por los distintos ordenadores puedan acceder a la información de cualquier equipo de control.
- Cualquier equipo de control puede iniciar las comunicaciones por lo que los equipos de control pueden enviar mensajes a los ordenadores en el momento en que el equipo de control lo decida con lo que se minimiza el tiempo de actualización de la información.

9.5.5. Control del funcionamiento de los equipos

El sistema de control, además de realizar las comunicaciones con los equipos de calle, deberá monitorizar su estado de funcionamiento y las alarmas que generan estos equipos o los sistemas de comunicaciones.

La información relativa a averías de los equipos, pérdidas de comunicación y cambios de estado será obtenida por el ordenador central y enviada a:

- La base de datos donde se almacenan los históricos de eventos
- Los interfaces gráficos de los puestos de operación.
- La impresora de eventos

En el momento en que se produce una pérdida en un enlace de comunicación o una avería en un equipo, el equipo que lo detecta lo informará al ordenador central; y éste inmediatamente lo notificará al usuario y lo registrará en la base de datos.

El usuario dispondrá en cualquier momento de la información relativa al estado de comunicación de los equipos, sus averías, etc. También dispondrá de acceso a la información histórica almacenada en la base de datos mediante una utilidad que se describe en el apartado correspondiente.

9.5.6. Gestión de los datos de los reguladores

El sistema de control gestiona los datos que definen la programación de los reguladores. El conjunto de datos de programación de los reguladores conforma una base de datos distribuidos por el área de control, que debe ser mantenida en forma centralizada, desde los dos objetivos de vigilar que mantenga los datos definidos, y de que sea posible el acceso a la modificación de los datos desde el centro de control.

Para la vigilancia del mantenimiento de los datos iniciales se dispondrá de los ficheros de programación de cada regulador almacenados en el ordenador central, y de los propios datos de programación almacenados en los reguladores.

El sistema podrá detectar un cambio en la programación del regulador en el momento del arranque del sistema, al dar de alta un regulador, tras la recuperación de comunicación de un regulador o en cualquier otro caso durante el sistema en funcionamiento, y avisará al operador para que gestione manualmente la emergencia.

El sistema permitirá las funciones de carga automática de un fichero de datos de programación sobre un regulador, y la lectura de los datos de programación de un regulador y su conversión – almacenamiento como archivo de programación. También permitirá la modificación on-line de una parte de los parámetros de programación, tanto en memoria del regulador como en el archivo de datos.

9.5.7. Modificación interactiva de datos

Las características de funcionamiento del sistema están contenidas en una base de datos, que debe ser accesible para su modificación interactiva on-line desde un puesto de operación.

El sistema permitirá la introducción de los datos de forma interactiva y tras realizar las comprobaciones oportunas y determinar que es correcta, almacenar los nuevos datos en la base de datos.

9.5.8. Adquisición de datos de tráfico

El ordenador central realizará la adquisición periódica de los siguientes datos de tráfico provenientes de los detectores de tráfico: Intensidad, Tiempo de Ocupación, Velocidad y Cola.

El tratamiento de los datos de tráfico para cada período comprende las siguientes etapas:

- Los reguladores de tráfico adquieren los datos de los detectores.
- Los reguladores de tráfico envían al sistema central los datos de tráfico.
- El sistema central determina que datos son válidos y que detectores están averiados
- Los datos de tráfico correspondientes a los detectores averiados son sustituidos por datos estadísticos.
- Se establece la fiabilidad de cada uno de los datos de tráfico.

Tabla 2. Datos de Tráfico Incorrectos

Contaje Nulo para un determinado período de tiempo Contaje Excesivo para un determinado período de tiempo

Tiempo de Ocupación muy bajo para un determinado período de tiempo

Tiempo de Ocupación muy alto para un determinado período de tiempo

De esta forma el sistema dispone de información de tráfico para realizar el cálculo de los planes de tráfico, mostrarla al usuario, almacenarla para estadísticas, etc.

En la fase actual del proyecto, no hay detección de vehículos no ferroviarios prevista en las instalaciones del Metro Ligero de Granada, pero el Adjudicatario del presente lote debe prever la posibilidad de su análisis como aquí se ha definido, como previsión para el futuro.

9.5.9. Selección horaria de planes

El ordenador central podrá controlar el funcionamiento de los reguladores en modo de selección horaria, en base a una tabla horaria en que se definen los instantes de entrada de los distintos planes de tráfico para cada grupo de cruces. La tabla horaria estará definida mediante una jerarquía de horarios en la que cuanto más definido este el instante de entrada de un plan más prioritaria es su selección.

Las posibilidades de definición de los horarios de planes serán las siguientes:

- Para cualquier día
- Para un día laborable
- Para un día festivo
- Para un determinado día de la semana

- Para una determinada fecha

Con esta estructura por ejemplo se seleccionará un plan definido para un lunes antes que el definido para un día laborable cualquiera.

Funcionado de esta forma el usuario puede en cualquier momento forzar el plan de un grupo de cruces o el plan en un cruce determinado (reparto y estructura). Siendo prioritaria la acción del usuario a la del sistema.

9.5.10. Archivos de información histórica de actuación del sistema

Se realizará un registro de los datos de actuación del sistema en la base de datos de históricos con el fin de estudiar el comportamiento del sistema y las acciones de los operadores.

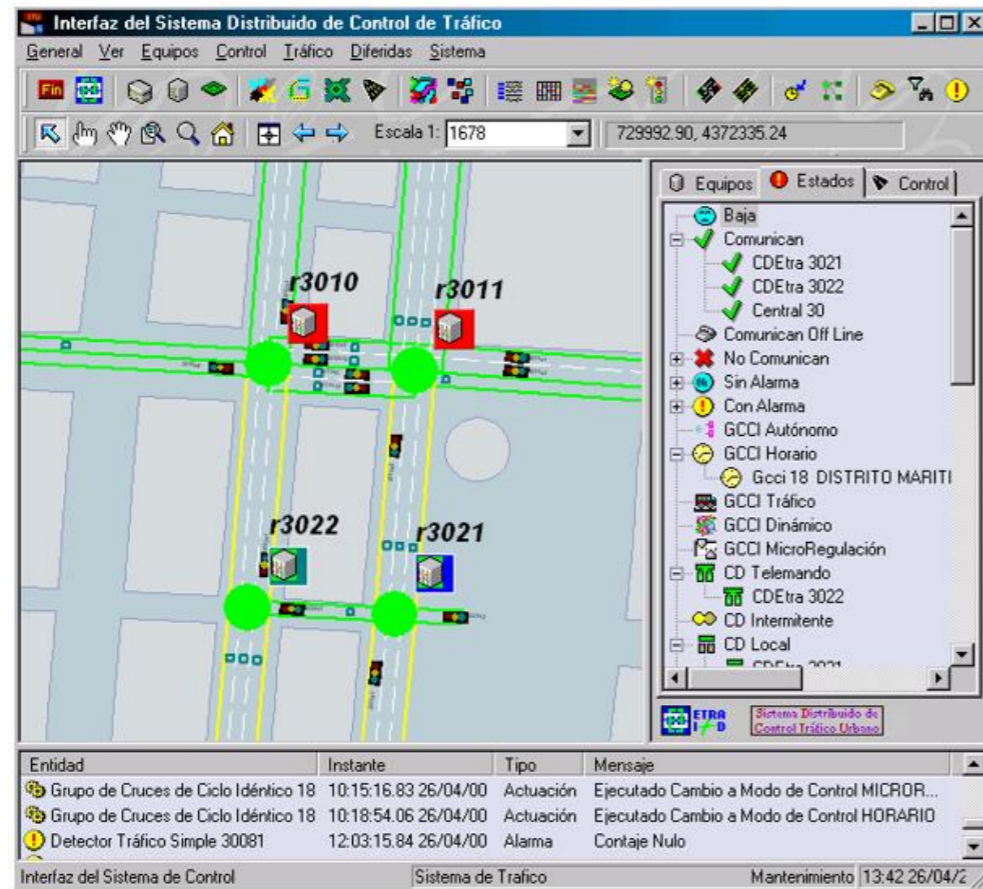
La utilidad permitirá la consulta de las actuaciones realizadas mostrando la acción realizada y el momento de ejecución. La información será listada, pudiendo seleccionar el día y la entidad afectada.

9.5.11. Archivos de información histórica de eventos de los reguladores

Como se indica en el apartado "Control del funcionamiento de los equipos" se realizará un registro de todos los eventos producidos en los equipos. Esta información está disponible en una base de datos y podrá ser consultada mediante una utilidad de Tratamiento de Eventos. La utilidad permitirá la consulta de los eventos producidos en los equipos (Fallos de comunicación, averías, avisos, etc.). Permitiendo la selección del intervalo de tiempo, los tipos de equipos, los equipos o equipo de interés y los tipos de evento.

9.5.12. Interfaz gráfica de usuario

El usuario tendrá acceso a todas las funciones de operación del sistema de control de tráfico a través del Interfaz Gráfico de Usuario (IGU). Se tratará de un interfaz gráfico totalmente interactivo, en el que la mayor parte de las acciones a realizar se efectuarán mediante el ratón, estando limitado el uso del teclado a acciones muy concretas. A continuación, se presenta un ejemplo del posible aspecto gráfico de este interfaz. Y se expondrán un conjunto de especificaciones aproximadas de las características técnicas y funcionales como elementos indicativos de sus objetivos funcionales y niveles de capacidad de actuación.



El acceso al IGU estará regido por la configuración de privilegios establecida en los ordenadores. Cuando un operador accede al IGU deberá identificarse. El IGU puede tener una configuración específica para cada operador en la que se limitan las acciones que puede desarrollar.

La ventana principal del Interfaz de Usuario se organizará en áreas. Cada área tiene una apariencia definida y cumple una misión determinada. Estas áreas podrán ser:

- Área de Botones
- Área de Entidades
- Área de Estado
- Área de Mensajes
- Área de Menús
- Área de Representación

Área de Botones

El área de botones de acceso rápido da respuesta directa a las opciones del área de menú susceptibles de ser más utilizadas por el operador. Consta de un conjunto de iconos seleccionables con el ratón.

Área de Entidades

La parte del área de entidades presenta una lista organizada por tipo de entidades que informa de las entidades monitorizadas y su estado actual. La información presentada en la lista es coherente con la información presentada en el área de representación. Se puede acceder al menú de operación de cada entidad pinchando dos veces con el ratón sobre la entidad de la lista deseada.

Área de estado

El área de estado ofrece información del estado del interfaz. Consta de una línea de información situada en la parte inferior de la ventana principal del interfaz y muestra datos sobre configuración actual seleccionada, fecha, hora y estado.

Área de mensajes

En el área de mensajes se visualiza en formato lista los eventos que se van generando en el sistema y que deben visualizarse según el nivel de filtrado de eventos que haya definido el operador. Cada mensaje se muestra con indicación del tipo de mensaje mediante un icono asociado.

Área de Menús

En el área de menús se muestran todos los menús de comandos que se pueden ejecutar en cada momento en el interfaz. Cuando se selecciona alguno de estos menús se despliega una ventana con todos los comandos asociados con ese menú. El usuario para ejecutar un comando debe seleccionar con el ratón un menú y dentro de ese menú el comando deseado. De esta forma los comandos se organizan en jerarquías de menús de fácil acceso.

Área de Representación

El área de representación proporciona un mapa de la red viaria en formato GIS y la ubicación en ella de cada entidad monitorizada según la configuración del interfaz. Las entidades del sistema se colocan en el gráfico en su posición real (equipos) o simbólica (entidades abstractas) y se representan de modo que su color identifica unívocamente el estado de la entidad. El usuario puede operar sobre una entidad a través del menú asociado a la entidad, accesible pinchando sobre su representación con el ratón.

La representación en el mapa de los reguladores y centrales es mediante un rectángulo relleno con un icono representativo del equipo, los nodos de tráfico se representan mediante un círculo, los grupos de cruces de ciclo idéntico, los grupos de coordinación y los tramos viarios se representan mediante polígonos cerrados rayados, los carriles se visualizan al representar las líneas discontinuas que los separan, los detectores (tanto simples como dobles) se

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

representan como uno o dos rectángulos orientados y por último los grupos semafóricos se muestran como los semáforos en la calle (con las tres luces, rojo, ámbar y verde).

Se proporcionan herramientas para navegar a través del área de representación de forma que la pueda aumentar y disminuir, desplazar en cualquier dirección y centrar respecto a un equipo.

Funciones Específicas

Cada una de las entidades del IGU tiene asociadas un diálogo básico y opcionalmente una serie de diálogos complementarios. Los diálogos están asociados a la entidad y serán los mismos independientemente de donde se acceda a dicho diálogo (Ej.: desde un icono del área de representación, desde el área de entidades, etc.).

Todas las entidades tienen una parte básica común en el diálogo en el que se dispone de las siguientes opciones:

- Indicación del tipo de entidad
- Indicación de su identificador
- Indicación de la descripción
- Indicación de su estado
- Comando de localización en el área de representación

A partir de este dialogo básico cada entidad ofrece una información y unos comandos específicos. Las distintas acciones que se pueden ejecutar sobre una de las entidades pueden ser diferidas en el tiempo cuando en lugar de seleccionar el botón de aceptar se selecciona el de diferir. En ese caso se abre una ventana que permite de forma simple e interactiva programar la orden diferida sin necesidad de introducir información desde teclado.

Grupo de Cruces

El estado asociado es:

- El modo de control
- El ciclo y el identificador del plan si el grupo de cruces se encuentra en modo de selección de planes horario
- Identificador del plan forzado si lo hubiera si el grupo de cruces se encuentra en modo de selección de planes horario

Nodo y Regulador

El estado asociado es:

- Estructura forzada o no
- Reparto forzado o no
- Desfase forzado o no

- Identificador del grupo de cruces al que pertenece
- Comunica/No comunica
- Alarma/No alarma
- Alta / Baja
- Versión del equipo
- Tipo de regulador
- Estado de funcionamiento actual en el regulador y estado de funcionamiento pedido por el sistema (Telemando, local horario, intermitente, etc.)
- Visualización alfanumérica de los datos de programación del regulador.
- Visualización de los datos del plan actual en el regulador
- Visualización gráfica de los diagramas de fases de los planes programados en el regulador.
- Visualización gráfica del diagrama de fases del plan actual vigente en el regulador

Se dispondrá de los siguientes comandos:

- Consulta de los últimos eventos y alarmas pendientes
- Dar de Alta / Baja el regulador en el sistema
- Petición de cambio del estado de funcionamiento
- Consulta del reparto y de la estructura
- Forzadora del reparto, desfase y la estructura
- Liberación de forzadoras
- Visualización del cruce en tiempo real
- Visualización en tiempo real del estado de ocupación de los detectores del regulador
- Consulta o actualización de la programación tomando como posibles fuentes el propio regulador, o el archivo del fichero
- Comparación entre programaciones de dos fuentes de programación distintas
- Liberación de forzadoras
- Consulta de los tiempos de inicio y duración de verde de los accesos del nodo para el plan actual
- Consulta de los tiempos de inicio y duración de verde de los accesos del nodo para el plan pedido
- Modificación de la valoración de los accesos del nodo

- Consulta de los datos de tráfico de cada acceso del nodo (intensidad, carga y cola)
- Representación en tiempo real de los colores de los grupos semafóricos de tráfico tal y como si se estuviera delante del armario del equipo seleccionado.
- Consulta de los tiempos de duración de verde para cada reparto por acceso.
- Consulta de la tabla de colores de todos los grupos semafóricos de la programación.

Central

El estado asociado es:

- Comunica/No comunica
- Alarma/No alarma
- Alta / Baja
- Versión del equipo
- Tipo de central

Tramo-Sentido

El estado asociado es:

- Nivel de servicio del tramo-sentido
- Se dispone de los siguientes comandos:
- Consulta de los datos de circulación: medidas por carril de intensidad, tiempo de ocupación y cola, la fiabilidad de la medida y el indicativo de si los datos son reales capturados por el sistema o han sido simulados en su ausencia.
- Consulta de los datos de configuración: intensidad de saturación de cada uno de los carriles del tramo-sentido, valores de los coeficientes de contribución de cada sensor a las medidas de intensidad y tiempo de ocupación dentro de un carril, posición de cada sensor en el carril en metros respecto a la línea de parada, y el indicativo de sensor virtual si lo hubiera.
- Consulta de los valores de las intensidades de saturación de cada carril del tramo-sentido
- Consulta de los coeficientes de contribución de un sensor a las medidas de intensidad y tiempo de ocupación de cada carril
- Modificación on-line de los valores de las intensidades de saturación de los carriles
- Modificación on-line de los valores de las constantes coef_I y coef_TO que determinan la contribución de un sensor en la medida de intensidad y tiempo de ocupación en un carril

Detector

El estado asociado es:

- Tipo de sensor
- Capturando datos reales o con datos simulados por el sistema en su ausencia
- Identificador del regulador al que está conectado y la puerta de conexión
- Alarma/No alarma (funcionamiento correcto o averiado)
- Alta/baja

Grupo de Coordinación

Se dispone de los siguientes comandos:

- Visualización de los resultados de la coordinación
- Visualización gráfica de la onda verde
- Modificación on-line de los valores de las constantes PC y PK para el cálculo de la velocidad de coordinación

9.5.13. Ordenes diferidas

El sistema de control permitirá la ejecución de órdenes del operador diferidas en el tiempo. Esto permitirá ejecutar ordenes sin la presencia del operador. Para diferir una orden el operador deberá seguir el procedimiento normal de ejecución de una orden desde el interfaz de usuario, pero en lugar de seleccionar el botón de ejecutar debe seleccionar el botón de diferir. Las órdenes diferidas se podrán ejecutar en un instante determinado o durante un intervalo de tiempo con periodo de repetición determinado.

El operador podrá ejecutar grupos de órdenes sin necesidad de efectuarlas una a una. Para ello podrá generar una macroinstrucción. Una macroinstrucción es un conjunto de órdenes que se ejecutan en orden y con solo ordenarlo una vez el operador. Para añadir una orden a una macroinstrucción bastará con seguir el procedimiento normal de ejecución de órdenes y en lugar de seleccionar el botón de ejecutar se seleccionará el de Macro. Con lo que se abrirá una ventana que permitirá añadir la orden la macroinstrucción. Para ejecutar una macroinstrucción basta con seleccionarla mediante un diálogo de macroinstrucciones. Es posible diferir la ejecución de una macroinstrucción.

9.5.14. IGU diagrama de barras

Los datos de la programación de los reguladores referentes a los colores que va a mostrar en la calle el regulador a lo largo del tiempo se pueden representar de varias formas. Dos de las más conocidas son la tabla de colores de las posiciones y el diagrama de barras.

La tabla de colores de las posiciones muestra las letras que codifican el color de cada una de las posiciones para los distintos grupos semafóricos del regulador. Estas letras se presentan

además coloreadas en función de su significado representándose del modo más intuitivo posible.

El diagrama de barras permite visualizar de forma gráfica los colores de los grupos semafóricos de un regulador a lo largo de un ciclo, incorporando los valores de los tiempos mínimos, las fases y los tiempos de cada una de esas fases. Los colores se muestran mediante barras horizontales una por cada grupo semafórico.

9.5.15. IGU ondas verdes estáticas

El IGU dispondrá de la utilidad de la onda verde para datos estáticos que permite obtener mediante representación gráfica los datos correspondientes a los inicios y duración de verde de cada uno de los grupos semafóricos de los cruces implicados en dicho un grupo de coordinación para cada sentido de circulación, así como su pendiente de velocidad y ancho de banda caso que exista.

9.5.16. Estadísticas de datos de tráfico

Los datos de tráfico tomados por el sistema de control a través de los detectores de vehículos se agruparán en asociaciones de detectores denominadas puntos de medida y se almacenarán en una base de datos. Deberá existir una utilidad que permita realizar un análisis estadístico de estos datos.

La información almacenada en la base de datos será la siguiente:

- Intensidad, Fiabilidad Medida
- Tiempo de ocupación, Fiabilidad Medida
- Velocidad, Fiabilidad Medida
- Longitud de cola, Fiabilidad Medida

Los datos de tráfico son tomados cada ciclo e integrados de forma que se dispondrá de una muestra por cada período de integración. El período de integración es de 15 minutos.

La utilidad de análisis tiene las siguientes opciones:

- Listado de datos originales
- Cálculos Estadísticos
- Gráficas

Listado de datos originales

Permite el listado de los datos tal y como se almacenan en la base de datos. Se puede seleccionar el intervalo de tiempo a tratar y los elementos seleccionados.

Cálculos Estadísticos

La información calculada es la siguiente:

- Numero de Muestras
- Intensidad Media
- Desviación típica de la Intensidad
- Tiempo de Ocupación Medio
- Desviación típica del Tiempo de Ocupación
- Velocidad Media
- Desviación típica de la Velocidad
- Longitud de cola media
- Desviación típica de la longitud de cola
- Fiabilidad de cada medida

Gráficas

Las gráficas se refieren siempre a un elemento específico. Se dispone de las siguientes opciones:

- Datos originales de un día.
- Valor medio por día para un intervalo de tiempo

9.6. FUNCIONALIDAD DEL SOFTWARE DE MONITORIZACIÓN DE LA REGULACIÓN SEMAFÓRICA DEL METRO LIGERO

9.6.1. Características generales

El sistema de monitorización del metro ligero se define aquí como un aplicativo de información sobre los elementos que afectan al sistema de regulación semafórica del metro ligero, constituido por un sistema de obtención de los datos necesarios, y una interfaz gráfica de usuario (IGU) que permita el acceso interactivo a esta información. Tanto el proceso de obtención de datos como la interfaz gráfica se definen como elementos software independientes por razones de facilidad de exposición, pero evidentemente en su realización deben estar integrados al nivel que sea adecuado con el software de control de tráfico.

El sistema de monitorización del metro ligero recoge información, a través del sistema de control de tráfico, del estado de los reguladores y de los detectores que permiten situar en todo momento los trenes que circulan. La preferencia que se aplica en cada regulador del sistema es monitorizada por los mensajes que genera dicho regulador referente al estado de preferencia y la previsión de funcionamiento respecto del metro ligero que circula.

9.6.2. Funcionamiento del Proceso

9.6.2.1. Monitorización

El proceso permitirá tratar y distribuir a sus clientes (IGU) la información general de la red que monitoriza:

- Estado de funcionamiento de los equipos: altas, bajas, comunicación, alarmas y estado de funcionamiento en su caso. Los equipos son centrales, reguladores y detectores.
- Información referente a la preferencia: Es la generada por los reguladores para permitir el seguimiento de las actuaciones de la preferencia. Se definen para ello dos conceptos: estado de la preferencia y previsión de preferencia. Los estados de la preferencia definen los valores en los que un metro ligero está ocupando la vía próxima al cruce controlado por el regulador que lo gestiona mediante los detectores que van conectados a él. Los valores son: inactivo, apagado, intermitente, reposo, esperando confirmación, esperando proximidad, esperando paso, esperando fin despeje, reposo tras detección y reposo tras confirmación. La previsión de preferencia define la previsión de paso que hace el regulador para el metro ligero que circula por su proximidad. Los valores son: reposo, pasa, para e indeterminada. Las unidades de preferencia disponen de los datos de estado y previsión de la preferencia. Por otro lado, el estado de ocupación de detectores que notifica el regulador es tratado y actualizado en las entidades detector y tramo-vía correspondientes.

9.6.2.2. Funciones del Interfaz de Usuario

El Interfaz Gráfico de Usuario es la utilidad gráfica que facilita la interacción de los operadores con el Sistema de Monitorización. Cualquier acción que desee realizarse sobre el sistema debe llevarse a cabo mediante el IGU. Las características de aspecto y operación de este interfaz serán muy parecidas a las definidas para el interfaz gráfico del sistema de control de tráfico.

El IGU cumple, a grandes rasgos, dos misiones bien diferenciadas: por una parte, proporciona a los operadores información estructural del sistema. Esta información incluye los equipos que componen la instalación y su estado en cada momento. Por otra parte, ofrece la posibilidad de actuar sobre los equipos de la instalación.

9.6.2.3. Entidades de la Configuración

El IGU muestra todas las entidades asociadas con la configuración de trabajo seleccionada para la sesión actual. Las entidades son presentadas en formato árbol y en formato gráfico.

En formato árbol, las entidades se presentan organizadas jerárquicamente. Por una parte, se muestran los equipos según su tipo (regulador de tráfico, central de comunicaciones, etc.) y según su estado (baja, comunica, no comunica, comunica off-line, alarma, no alarma, etc.) y por otra las entidades de control según su tipo (unidad de preferencia, tramo vía, etc.) y

según su estado (en las unidades de preferencia su previsión de paso). La organización en árbol permite localizar una determinada entidad muy rápidamente atendiendo a su tipo o a su estado. Cada equipo se muestra con un icono representativo del tipo y el nombre e identificador del equipo. Los equipos aparecen ordenados alfabéticamente.

En formato gráfico, se presenta un plano de la instalación donde se ubican las entidades. Cada equipo con estado de comunicación, central y regulador de tráfico es representado mediante un rectángulo con un icono significativo cuyo color cambia según el estado en el que se encuentre. De esta forma, si el equipo está de baja aparece en azul **Baja**, si

está de alta y no comunica aparece en color rojo **No Comunica**, si está de alta, comunica y

tiene alarma en color amarillo **Alarma**, si está de alta, comunica y no tiene estado de funcionamiento en color verde y si tiene estado de funcionamiento en el color que corresponda a dicho estado. Para equipos sin estado de comunicación y entidades de control la representación varía. Los detectores se representan como un rectángulo orientado y el color determina el estado de ocupación. Los tramos Sentido Vía son representados mediante un polígono cerrado y las unidades de preferencia mediante una flecha. En las unidades de preferencia el color indica su estado mientras que en los Tramo Sentido su color indica el nivel de ocupación en el que se encuentra en ese momento. Por último, los grupos semafóricos se representan mediante un semáforo situado en la línea de parada y cuando se activa su visualización en tiempo real sus cambios de color determinan su posición.

Aparte de mostrar cada entidad, se puede acceder al diálogo de la entidad haciendo doble clic sobre ella. El diálogo es diferente para cada tipo de entidad y aparte de mostrar información concreta sobre su estado actual, permite realizar acciones sobre ella. Las acciones disponibles en el diálogo dependen del tipo de entidad en cuestión. También se puede desplegar un menú de opciones asociadas a la entidad en cuestión haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre él.

El IGU ofrece una opción de filtro sobre las entidades visualizadas en formato gráfico y sus etiquetas, de formar que pueden mostrarse u ocultarse a voluntad en función del tipo de equipo y del estado. También puede realizarse un centrado progresivo de equipos en el plano de la instalación de forma que se muestre la posición en el plano de cada equipo de un tipo determinado

9.6.3. Particularidades de los Equipos

Regulador de Tráfico

Es el principal equipo en un sistema de tráfico. Su estado de funcionamiento actual es visualizable tanto en el icono que representa al equipo en el plano como en el árbol de estados. Existen nueve posibles estados de funcionamiento: desconectado, apagado, intermitente, local por horario, local por demanda, test, remoto por selección de planes, telemando por fin de fase, fin de fase por microrregulación. Cada uno de estos estados tiene un color

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

representativo, configurable por el usuario, que se refleja tanto en el icono del plano como en el diálogo del regulador. En el árbol de estados se muestran los reguladores organizados en función del estado de funcionamiento actual.

En el diálogo del regulador se muestran el plan de tráfico actual, con su ciclo, estructura, desfase y reparto de tiempos. También se podrá acceder a los datos de programación, a los colores de las posiciones de los grupos semafóricos y al diagrama de barras.

El diálogo permite la visualización de los detectores asociados al regulador en tiempo real en forma de tabla y también la visualización de los grupos semafóricos en tiempo real en forma de tabla y en el mapa. La visualización en tiempo real en el mapa de los grupos semafóricos se mantiene activa mientras el operador no indique lo contrario.

En el plano se resaltarán los reguladores de tráfico rodeando el icono que representa al regulador mediante una línea de color:

Verde cuando está activada la visualización de sus grupos semafóricos en el mapa en tiempo real.

Azul cuando se ha centrado automáticamente.

Detector de Metro ligero

Se representa en el mapa mediante un rectángulo orientado siendo el color de su contorno el que indica su estado de ocupación, verde oscuro cuando es desconocido, verde claro cuando está libre y rojo cuando está ocupado mientras que el color de su interior indica si tiene alarma o no (si es amarillo indica alarma).

El diálogo asociado a los detectores de Metro Ligero permite ver por una parte su identificador, su descripción, tipo y equipo al que está conectado, y por otra su estado de ocupación y alarma.

9.6.4. Entidades de Control

Las entidades de control proporcionan al sistema una serie de conceptos muy útiles a la hora de trabajar con ciertos equipos de la instalación y con la monitorización que se realiza. Las entidades de control, al igual que los equipos, se muestran en formato árbol en el IGU organizadas por tipo. De cada entidad de control se muestra en el árbol y en el área de iconos un icono representativo del tipo de entidad y su nombre e identificador. Se puede acceder al diálogo haciendo doble clic sobre la entidad o desplegando su menú de opciones al hacer clic con el botón derecho del ratón sobre ella.

Son entidades de control las unidades de Preferencia y los tramos-Vía.

Unidad de Preferencia

Se representan en formato gráfico ubicadas en el plano de la instalación como una flecha. Se definen para ellas los conceptos estado de la preferencia y previsión de la preferencia. En el Estado de la Preferencia tenemos diez posibles estados: inactivo, apagado,

intermitente, reposo, esperando confirmación, esperando proximidad, esperando paso, esperando fin despeje, reposo tras detección y reposo tras confirmación. Cada uno de estos estados tiene un color representativo, configurable por el usuario, que se refleja en el color de la flecha y en el diálogo de la unidad de preferencia. Para la previsión de la preferencia tenemos cuatro posibilidades: reposo, pasa, para e indeterminada. Cada uno de estos valores tiene un color representativo, configurable por el usuario, y visible en el diálogo de la unidad de preferencia.

En el árbol de estados se muestran las **unidades de preferencia** organizadas en función de la previsión. En el diálogo de la unidad de preferencia se muestra el regulador asociado y el acceso por el que llega, así como la lista de detectores. (Resaltar que el concepto de acceso aquí empleado no es el aplicado en el sistema de tráfico, sino que se refiere a una numeración arbitraria que permite distinguir las distintas direcciones por las que pueden llegar los trenes)

Tramo de Vía

Viene representado en el plano como un polígono cerrado y rayado para cada sentido y ubicado por defecto entre los dos detectores que los definen. Su color es configurable por el usuario y nos indica el nivel de servicio, desconocido, libre y ocupado. Desde el diálogo del tramo se ven los detectores origen y destino. Las coordenadas de estos objetos, al igual que todos los comentados hasta ahora, son susceptibles de ser configuradas por el usuario desde el propio interfaz.

Semáforo

Viene representado en el plano como tres círculos de color rojo, ámbar y verde alineados y enmarcados mediante un rectángulo negro. Si se activa su visualización en tiempo real el color de los círculos será 'iluminado' al igual que ocurre con el semáforo real.

9.6.5. Información de actuaciones y eventos

La información de actuaciones de operación y eventos de equipos y entidades seguirá las mismas pautas, y se integrará en la organización de información de eventos y de almacenamiento y explotación de datos históricos definida para el sistema de control de tráfico.

9.7. CENTRO DE CONTROL DE TRÁFICO DEL AYUNTAMIENTO DE GRANADA

Los cruces semaforizados del itinerario del metro ligero forman parte de la red de circulación de tráfico de la ciudad de Granada, y por tanto se han de considerar en este proyecto las necesidades de comunicación entre los sistemas centralizados de control de tráfico de la ciudad y de control de semáforos del metro ligero.

Se establecerá una comunicación de datos entre ambos centros de control basada en una línea de comunicación mediante fibra óptica.

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

Se instalará en el Centro de Control del Ayuntamiento una estación de trabajo equipada con software de puesto de operación del sistema de control de semáforos del metro ligero, y conectada directamente a la red de este centro para que pueda operar como un puesto de operación más.

El puesto de operación del Ayuntamiento de Granada tendrá sus funciones de operación limitadas a todas las actuaciones de monitorización de funcionamiento de los equipos, y de acceso a todos los niveles posibles de información sobre su funcionamiento en tiempo real y sus datos de programación.

Se introducirá en este puesto de operación un módulo de software especial para comunicación con el ordenador central del Centro del Ayuntamiento, con objeto de que la información básica pueda ser recibida por este ordenador e integrada en las bases de datos del Ayuntamiento.

Esta comunicación soportará también las funciones de sincronización de la hora del reloj entre ambos sistemas, necesaria para la coordinación entre intersecciones y zonas del metro ligero y del resto de la red semafórica de la ciudad.

La integración de la coordinación entre los cruces del metro ligero y las intersecciones del entorno conectadas al centro de control del Ayuntamiento de Granada se realizará en base al mantenimiento de una hora del reloj sincronizada entre ambos sistemas. En el estudio de implantación de la regulación se habrán de estudiar las necesidades de coordinación en las fronteras y adaptar los tiempos de los semáforos para cumplir con estas exigencias.

En el caso de intersecciones de la ciudad no centralizadas la mejor forma de integración será posiblemente la conexión con la central de zona del metro ligero. El dimensionado de cables de comunicación con reguladores previsto en el proyecto está preparado para soportar la conexión de intersecciones críticas de las fronteras.

9.8. ORGANIZACIÓN DE ZONAS DE REGULACIÓN Y RED DE COMUNICACIONES

9.8.1. Objetivos generales del diseño

Se denomina zona de regulación al conjunto de intersecciones cuyos reguladores van conectados a una central de regulación. Los objetivos principales de la organización jerárquica del sistema de comunicaciones son:

- Reducción del cable necesario para llegar a los reguladores
- Organizar dos niveles de comunicación, en red de F. O. el superior, y sobre cable telefónico de pares el de acceso a los reguladores de intersecciones
- Disponer de un equipo capaz de mantener la comunicación local con los reguladores y la coordinación entre ellos si falla la comunicación con el centro de control
- Disponer de un punto de acceso local a todos los reguladores de una zona mediante un terminal de programación o un ordenador portátil

Los criterios generales de diseño de la organización en zonas de regulación han sido:

- Limitar el número de reguladores conectados a una central a un máximo de 32 reguladores, como valor de equilibrio para que el cable de acceso a reguladores no sea excesivo.
- Organizar en lo posible las zonas considerando el ámbito municipal en que operan, procurando integrar en una zona intersecciones de un único municipio. Esta condición no es en absoluto necesaria para el correcto funcionamiento del sistema, pero deja mejor organizado el sistema para posibles integraciones de cruces del entorno, y mejora la apreciación a nivel municipal de la concepción del sistema de regulación de semáforos.

9.8.2. Diseño de las zonas de regulación

Considerando los objetivos y condicionantes de diseño expuestos se establece una única zona de regulación para el tramo Armilla - Churriana - Las Gabias, objeto de este Proyecto.

La nueva central de zona correspondiente a esta zona de regulación se instalará en el complejo de Talleres y Cocheras de Maracena junto a las tres existentes.

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

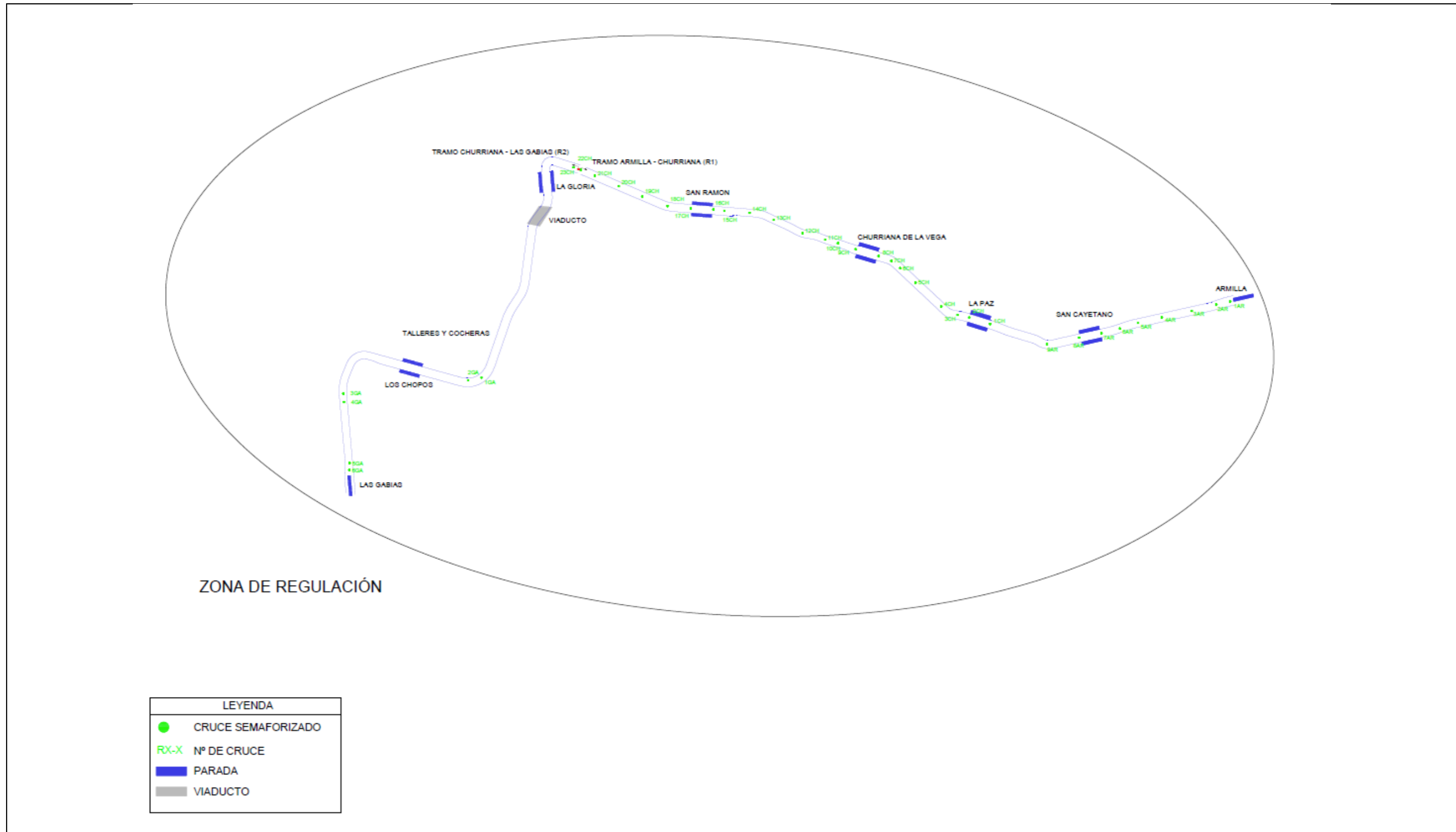


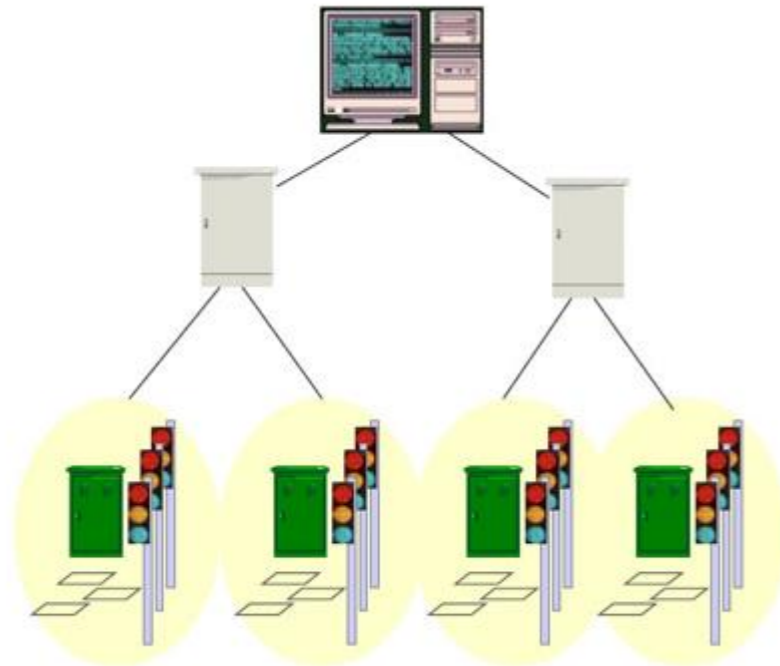
Figura 3 Esquema zona de Regulación

9.8.3. Sistema de comunicaciones con las centrales de regulación

La comunicación de datos entre el ordenador central y las centrales de regulación se efectuará utilizando protocolo TCP/IP sobre fibra óptica en una red Ethernet a 100Mb/s.

La topología de la red estará formada según el siguiente esquema, donde el servidor estará conectado a los nodos principales de la red de comunicaciones y éste a su vez con las 4 subcentrales.

Cada regulador irá conectado a los nodos de acceso a la red de comunicaciones multiservicio que se encuentran situados en las paradas de Metro, mediante fibra óptica multimodo de 4 fibras. Se formará así agrupaciones de reguladores de distintas instalaciones semaforísticas a cada parada, en función de criterios de distancia, minimizando siempre la longitud de fibra.



El sistema de gestión de la red de comunicaciones deberá incorporar las funciones de monitorización del estado de las comunicaciones en los nodos y tramos, y de administración de la accesibilidad a los nodos utilizando los itinerarios alternativos disponibles. Se representará en un gráfico el estado de comunicaciones de la red en forma dinámica.

Se utilizarán fibras sobrantes del tendido de F.O. que se instalará para el control de las instalaciones del metro ligero. Bastará utilizar dos fibras de la canalización al oeste de las vías, y otras dos fibras en la canalización del lado este. Sin embargo, se habrán de reservar para este subsistema como mínimo 2 fibras por lado para disponer de fibras de reserva para averías.

Las fibras ópticas habrán de ser acordes con los siguientes valores (UIT-T G.652).

La descripción de los diferentes cables de fibra se encuentra en el Anejo 05. Control, Supervisión y Comunicaciones.

9.8.4. Comunicaciones con los reguladores locales

La comunicación de la central de regulación con los reguladores de su zona se efectuará por fibra óptica, utilizando protocolo Ethernet.

El diseño de la red de cables propuesta en este proyecto será a través de cable de 4 fibras multimodo.

10. ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE LA REGULACIÓN DEL METRO LIGERO

10.1. INTRODUCCIÓN

La regulación de los semáforos del itinerario del metro ligero se ha de adaptar a las necesidades de conseguir una velocidad comercial adecuada para el metro ligero, mantener las condiciones de seguridad de todos los movimientos de metros, peatones y vehículos, y regular el funcionamiento de la movilidad de vehículos en la zona manteniendo la fluidez y capacidad posible dentro de los condicionantes del nivel de prioridad necesaria para el metro ligero, y la necesidad de evitar que se produzcan situaciones de capacidad insuficiente en las intersecciones.

Este proyecto define la señalización semafórica de las intersecciones, y el esquema de fases principales de funcionamiento de los semáforos en cada cruce, teniendo en cuenta los objetivos antes enunciados. Y define también el proyecto todas las características funcionales y equipos necesarios para la gestión de los semáforos, incluyendo todas las herramientas funcionales necesarias para la concesión de prioridad de paso al metro ligero.

Sin embargo, la implantación final del sistema de regulación del metro ligero requiere unos estudios detallados para utilizar todas las herramientas de regulación indicadas en las condiciones óptimas para los objetivos de esta regulación.

En este capítulo de la memoria se define la metodología para el desarrollo del "estudio de implantación de la regulación del metro ligero", que deberá efectuarse en paralelo con las obras de realización de las instalaciones de regulación del metro ligero.

La necesidad de realizar este estudio en paralelo o dentro de la ejecución de las obras proviene de algunos condicionantes que se indican a continuación:

- Se trata de un estudio que ha de integrarse con todo detalle en las características de los equipos de regulación que se contraten para la instalación, llegando al detalle de adaptar los datos necesarios a la organización interna de estos equipos.
- Es un estudio muy sensible al trazado final de las intersecciones, en forma que cualquier cambio exige su revisión.
- Se han de obtener datos de intensidades de tráfico, y efectuar predicciones sobre las arterias viales de nueva construcción, y sobre los efectos de las nuevas condiciones de trazado de la red de calles, y conviene que estos datos correspondan a la situación más cercana posible a la puesta en marcha del metro ligero.
- Los tiempos de regulación de los semáforos deberán consensuarse con los ayuntamientos que gestionan cada territorio, y conviene hacerlo en las condiciones finales de implantación en la calle.

Se especifican por tanto en este capítulo las características y metodología del estudio, y se asignarán en el presupuesto del proyecto las partidas económicas necesarias para su contratación.

10.2. OBJETO Y CONTENIDO DE LOS TRABAJOS DEL ESTUDIO

El objeto del estudio será la elaboración de los planes de regulación de las intersecciones con semáforos del itinerario del metro ligero, definiendo las condiciones de coordinación para crear ondas verdes para el paso del metro ligero, y diseñando los valores de todos los parámetros necesarios para la gestión de la prioridad del metro ligero.

El estudio incluirá la definición de los siguientes aspectos:

- Diseño de los diagramas de barras detallados de las estructuras de fases de los semáforos, incluyendo los semáforos de vehículos y peatones y los semáforos especiales del metro ligero, y definiendo las secuencias y condiciones dinámicas de gestión de estas fases.
- Definición de los planes de tiempos de regulación de los semáforos, y de los intervalos horarios de funcionamiento de cada plan.
- Diseño de las ondas verdes de prioridad pasiva del metro ligero, e integración de estas ondas en la definición de los planes definitivos de regulación.
- Definición de las características de las actuaciones de prioridad activa del metro ligero en las intersecciones, y estudio de los parámetros de control de estas actuaciones.

10.3. RELACIÓN DE ACTUACIONES DEL ESTUDIO

El estudio incluirá las siguientes actuaciones:

- Obtención de datos de tráfico
- Definición de las estructuras de fases de las intersecciones
- Preparación de los modelos de simulación del tráfico y de cálculo – optimización de las variables de regulación
- Cálculo de los planes de tiempos de regulación adecuados a las necesidades del tráfico, definiendo los coeficientes de saturación de los accesos y la capacidad extra disponible en las intersecciones
- Estudio de las ondas verdes del metro ligero, e integración de estas ondas en los planes de tiempos de regulación definitivos
- Definición de los parámetros de control de prioridad activa del metro ligero en las intersecciones

Se define a continuación en este capítulo la metodología de realización de cada etapa

10.4. OBTENCIÓN DE DATOS DE TRÁFICO

El objetivo de la obtención de datos de tráfico es la caracterización de la demanda y la composición del tráfico existente en los accesos a las intersecciones, y la organización direccional de estos flujos, como base de cálculo para la determinación de las características del sistema de regulación.

Se utilizarán contadores automáticos basados en un sistema neumático para la obtención de la evolución de las variaciones del tráfico durante las 24 horas del día, acumulando los datos de intervalos de un cuarto de hora. Estos datos tienen por objeto el conocimiento de la evolución horaria de las intensidades de tráfico en secciones representativas de cada tramo homogéneo de vía, y en los accesos transversales de las intersecciones críticas o con flujos de tráfico importantes.

Se determinarán las secciones más representativas de las zonas para la obtención de datos relativos al fin de semana, al objeto de disponer de gráficos de evolución semanal del tráfico. En el resto de las secciones se obtendrán datos relativos a un día laborable.

La determinación de la distribución direccional de los movimientos en los accesos a las intersecciones, y de la composición del tráfico, se efectuará mediante procedimientos manuales de contaje, que permiten una discriminación detallada de la distribución y composición de los movimientos de tráfico. Estos datos se utilizarán para ayudar al cálculo de las intensidades de saturación de los accesos, y para las decisiones de diseño de las estructuras de fases de las intersecciones. Los intervalos de obtención de datos corresponderán a una hora de la mañana y una hora de la tarde en las intersecciones más críticas. En las intersecciones con intensidades medias de tráfico la obtención de contajes manuales de movimientos se efectuará en intervalos de una hora de la mañana o de la tarde.

También se recogerán e integrarán en la base de datos todos los aforos que puedan aportar las administraciones públicas.

Los resultados de los aforos automáticos se presentarán en formato de listados de cuarto de hora relativos a cada día-sección, incluyendo valores estadísticos, y también se aportará la información en hoja de cálculo.

Los datos de aforos manuales se presentarán también en listado y hoja de cálculo, conteniendo la definición de cada movimiento y los valores de las intensidades para cada tipología de vehículos.

10.5. DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE FASES DE LAS INTERSECCIONES

El objetivo de la regulación del tráfico de una intersección con semáforos es la división en el tiempo de la utilización de la calzada entre diferentes grupos de movimientos de vehículos y de peatones, asignando intervalos de tiempo denominados fases principales a cada conjunto de movimientos compatibles, que son aquellos movimientos de vehículos y peatones que pueden funcionar al mismo tiempo porque no tienen puntos de contacto en sus trayectorias, o por la baja peligrosidad de estos puntos.

Se consideran movimientos incompatibles aquellos que, por cruzarse perpendicularmente, o por la peligrosidad de los puntos de confluencia, se han de gestionar en fases diferentes, no permitiéndose que funcionen al mismo tiempo en ningún instante del ciclo de actuación de los semáforos.

Las dimensiones geométricas de la intersección, y específicamente las distancias entre las líneas de detención de los semáforos y los puntos de confluencia de los movimientos incompatibles, originan la necesidad de introducir también unos intervalos o tiempos de despeje entre movimientos, para permitir que el movimiento que cierra salga de la intersección antes de que el movimiento que abre llegue al punto de conflicto. Estos intervalos conforman las fases secundarias que completan la estructura de fases de la intersección.

El diseño de las estructuras de fases de las intersecciones implica la definición de la organización detallada de tiempos de funcionamiento de los semáforos, estableciendo los grupos semafóricos que estarán en verde en cada una de las fases principales y secundarias, manteniendo la seguridad de paso de vehículos y peatones mediante el cálculo adecuado de los tiempos de despeje, y procurando una eficacia máxima del funcionamiento de los diferentes movimientos, proporcional a sus importancias relativas.

El metro ligero comparte la superficie de las intersecciones con el resto de los vehículos y peatones, con las limitaciones de la inflexibilidad de su recorrido. Las estructuras de fases han de considerar las incompatibilidades del metro ligero con otros movimientos, y las especiales necesidades de prioridad del metro ligero, que además no llega en todos los ciclos, y en algunos casos necesita fases especiales para garantizar esta prioridad, o por coincidencia con otros movimientos.

También se tendrán que habilitar las fases de despeje para el metro ligero, considerando su velocidad y longitud, y las especiales características de peligrosidad ocasionadas por la falta de costumbre de la población a la circulación de trenes por las calles de la ciudad.

La estructura de fases de cada intersección se presentará en formato de diagrama de barras, en el cual se representa la situación del inicio y final de los estados de color de cada grupo semafórico a lo largo de un ciclo, definiendo la denominación de cada fase y los valores de los tiempos de las fases secundarias.

En la documentación de cada intersección se presentará también la matriz de movimientos incompatibles para programar en el regulador las condiciones de seguridad en la intersección.

10.6. MODELOS DE SIMULACIÓN DE TRÁFICO Y DE CÁLCULO DE LAS VARIABLES DE REGULACIÓN

Se utilizarán modelos de representación de la red de circulación que contengan programas de cálculo - optimización para facilitar las operaciones de simulación del funcionamiento del tráfico en intersecciones y zonas críticas, y de determinación y evaluación de las soluciones de regulación óptimas. Estos modelos y programas de cálculo, convenientemente ajustados a las zonas de actuación, se utilizarán como herramientas para la elaboración de los planes de regulación.

El conjunto de datos y características de la situación actual de circulación se utilizarán para la preparación y ajuste detallado de los modelos de tráfico, que quedarán así preparados para el desarrollo de cada uno de los planes específicos.

Indicamos a continuación el modelo de representación y cálculo que resulta adecuado para cada actividad, aunque evidentemente se admitirán soluciones de modelos equivalentes.

Diseño y cálculo de parámetros de intersecciones críticas.

Las intersecciones excesivamente complejas y críticas, y aquéllas en que predomine un funcionamiento como glorieta, precisan herramientas especializadas de análisis y cálculo de variables de eficacia, preparadas para el análisis específico de una intersección con todas las problemáticas que pueda incorporar. En estos casos se puede utilizar el programa SIDRA de cálculo de intersecciones, que permite una definición detallada de casi todas las situaciones posibles, tanto de regulación con semáforos, como de glorietas y regulación por prioridad de paso.

Diseño de fases y cálculo de los tiempos de los semáforos en la red de intersecciones

La determinación de las variables de regulación de los semáforos tiene una gran influencia en la eficacia de la circulación en una red de calles, y resulta fundamental para la adjudicación de prioridad al paso del metro ligero en las intersecciones. El programa de cálculo de los tiempos de los semáforos deberá facilitar la información sobre las variables de eficacia, y sobre la influencia que produce en las demoras del tráfico la prioridad concedida al metro ligero.

Un programa adecuado para esta etapa del estudio es el programa SYNCHRO que permite la preparación de los datos de simulación de una red de calles, el cálculo - optimización de los tiempos de los semáforos (incluso la secuencia de fases), la representación y modificación interactiva de las ondas verdes de coordinación, y la obtención de todas las variables de eficacia del funcionamiento del tráfico.

Simulación microscópica del funcionamiento del tráfico en la red de calles del ámbito de estudio

La validación final de la bondad de las soluciones de regulación en intersecciones y zonas críticas se habrá de realizar con un programa de simulación microscópica de tráfico, que permita la definición de todas las características geométricas, de intensidades de tráfico, y de variables de regulación de la red, y la simulación y representación del paso de los vehículos que cargan esta red, así como la acumulación de las variables de eficacia asociadas a estos flujos, y la impresión de informes.

En caso de utilizar SYNCHRO se puede realizar esta simulación con el programa SIMTRAFFIC, que funciona con una base de datos que se puede migrar directamente desde SYNCHRO.

10.7. CÁLCULO DE LOS PLANES DE TIEMPOS DE REGULACIÓN.

Implica la determinación de todas las variables del sistema de regulación de semáforos, compuestas por los horarios de funcionamiento de los planes de regulación de las diferentes zonas de tráfico en que se divide el área de actuación, y la estructura de fases, el ciclo, el reparto de tiempos de verde y el desfase de coordinación de cada intersección en cada plan de regulación. El objetivo de esta primera etapa del estudio de los tiempos de los semáforos es la determinación de las condiciones de funcionamiento de las intersecciones considerando las intensidades de tráfico y las necesidades de tiempos para el metro ligero. Se diseñarán también unas ondas de coordinación iniciales para la obtención de las variables de evaluación. El diseño final de los planes de regulación incorporando las ondas verdes de prioridad para el metro ligero se refleja en la próxima etapa.

Exponemos a continuación las diferentes fases y la metodología del estudio de planes de regulación.

- Elaboración de gráficos de variación horaria de las intensidades de tráfico en las secciones más representativas del área de regulación
- Estudio de la posible división del área en zonas de regulación para el estudio independiente de los planes de tiempos, con fronteras adecuadas que permitan el funcionamiento con tiempos de ciclo diferentes si es preciso
- Análisis de los gráficos de variación horaria de las intensidades de tráfico y estudio de los horarios de funcionamiento de los planes de regulación de cada zona.
- Determinación de las intensidades de tráfico de referencia para el cálculo de planes, correspondientes a cada movimiento de tráfico en las intersecciones, dentro de cada intervalo horario de funcionamiento de planes
- Introducción de los datos de intensidades de tráfico y composición de vehículos en los modelos de cálculo y simulación, en relación con cada plan de regulación y zona
- Determinación del ciclo óptimo de cada zona mediante el análisis iterativo de las variables de eficacia obtenidas con diferentes ciclos, y definición del tiempo de ciclo en cada intervalo

horario, teniendo en cuenta los resultados de estas iteraciones, las necesidades de homogeneización del ciclo entre las diferentes zonas para facilitar la coordinación, y los objetivos de frecuencias de paso del metro ligero en cada intervalo horario.

- Determinación inicial de repartos de tiempos de verde en las intersecciones, y de los valores de los índices de saturación y las variables de eficacia de cada movimiento, que se utilizarán en la determinación y ajuste de los niveles de prioridad concedidos al metro ligero en cada acceso.

Como resultado de este apartado se presentarán esquemas generales de las diferentes zonas con representación de los niveles de servicio de las intersecciones y los coeficientes de saturación de los accesos. Y se listarán las variables globales de eficacia de las diferentes zonas, con la siguiente información:

- Demora media por vehículo (s/veh)
- Demora total en la zona (veh-hora/hora)
- Número de paradas por vehículo
- Número de paradas totales en la zona (paradas/hora)
- Velocidad media (km/hora)
- Tiempo total de recorrido de los vehículos (veh-hora/hora)
- Longitud total de recorridos (veh-km/hora)
- Consumo de combustible (litros/hora)

10.8. DISEÑO DE LAS ONDAS VERDES DE PRIORIDAD DEL METRO LIGERO

El diseño adecuado de ondas verdes preparadas para que el metro ligero pueda atravesar sin parar un conjunto de intersecciones es un elemento fundamental para darle prioridad y mejorar su velocidad comercial. Estas ondas deberán tener en cuenta la velocidad de circulación del metro ligero, los tiempos en las paradas y los tiempos de deceleración y aceleración que generan estas paradas.

El diseño de estas ondas se habrá de efectuar con programas de dibujo gráfico, o con herramientas de diseño programadas sobre hoja de cálculo.

La metodología de estudio de estas ondas verdes será la siguiente:

- Determinación de las previsiones de velocidad de circulación del metro ligero, y de los tiempos medios de estancia en cada parada, así como los tiempos de aceleración y desaceleración.
- Estudio de las ondas verdes del metro ligero en cada plan de regulación, y ajuste de estas ondas en función de la capacidad de variación de los tiempos de verde de los movimientos transversales al paso del metro ligero, considerando límites adecuados del coeficiente de saturación resultante en estos movimientos.
- Utilización de SYNCHRO para la determinación de los tiempos finales de los planes de regulación, manteniendo las ondas verdes diseñadas para el paso del metro ligero.

Determinación de las variables de eficacia y análisis comparativo con las condiciones estudiadas antes de introducir las ondas verdes del metro ligero.

10.9. DISEÑO DE LOS PARÁMETROS DE PRIORIDAD ACTIVA DEL METRO LIGERO

En el cálculo de los planes de regulación de los semáforos se habrán introducido todas las posibilidades de prioridad pasiva para el funcionamiento del metro ligero, es decir, aquellas características de tiempos de verde y de tiempos de coordinación en onda verde estudiadas para evitar demoras al metro ligero en las condiciones de funcionamiento normal de las líneas de metro.

Sin embargo, la prioridad pasiva puede ser insuficiente para conseguir la velocidad comercial adecuada, principalmente cuando cualquier circunstancia altera las condiciones normales de funcionamiento y la regularidad del metro ligero. El sistema de regulación incorpora también sistemas de prioridad activa para aumentar la capacidad de ceder paso al metro ligero y mejorar así su velocidad comercial y su regularidad.

La prioridad activa implica que el regulador de semáforos de la intersección recibe la información del instante de llegada del metro ligero, y analiza esta información en relación con las posibilidades de dar paso al metro ligero alterando el funcionamiento normal de los semáforos, y ello en la cuantía estricta para que pase el metro que llega, en forma que la afectación al funcionamiento del tráfico sea mínima.

A pesar de que el objetivo del sistema de regulación es conseguir una velocidad comercial y regularidad adecuadas para el metro ligero, se han de considerar también como criterios de diseño la necesidad de mantener los niveles de capacidad que se decidan para cada intersección.

En esta etapa se realizarán los estudios detallados del diseño de las características del sistema de prioridad activa del metro ligero en cada intersección, empezando por definir si se utilizará estrategia de prioridad máxima o micro-regulación, y definiendo a continuación todos los parámetros necesarios para el funcionamiento de la prioridad y los detectores de Metro Ligero involucrados en la gestión de cada acceso.

La determinación de estos parámetros será la última etapa del estudio de regulación de las intersecciones del metro ligero, y se efectuará utilizando la información disponible del resto del estudio de regulación, y en base a todas las especificaciones desarrolladas para el diseño de la explotación del metro ligero.

10.10. DOCUMENTACIÓN FINAL DEL ESTUDIO

Los resultados del estudio se presentarán en un conjunto de documentos que contendrán como mínimo las informaciones que se indican a continuación. También se habrán de aportar los archivos informáticos relativos a estas informaciones.

- Documentación de los aforos como se indica en el apartado correspondiente

- Planos de situación de semáforos en las intersecciones, con la numeración de los grupos semaforicos
- Estructura de fases de cada intersección, incorporando los tiempos de funcionamiento de todos los planes de regulación
- Matrices de movimientos incompatibles de cada intersección
- Listados de información detallada de las variables de regulación y las variables de eficacia obtenidas en las intersecciones críticas
- Esquemas generales de la red total o descompuesta en zonas, con las informaciones más determinantes sobre los tiempos de los planes de regulación y las variables de eficacia (como mínimo: tiempos de apertura de verde de cada acceso, nivel de servicio de cada intersección y coeficientes de saturación de los accesos)
- Listados de las variables de eficacia de las diferentes zonas con la información que se indica en el apartado de diseño de los planes de regulación
- Representación gráfica de las ondas verdes del metro ligero en cada zona y plan de regulación. El gráfico de onda verde contendrá los tiempos máximos de paso del metro ligero en cada intersección y las líneas de delimitación de sus recorridos, representados en un diagrama de ordenadas espacio – tiempo.
- Información detallada de todos los parámetros necesarios para la programación de la prioridad del metro ligero en cada regulador, incluyendo los datos o hipótesis utilizados para el cálculo de estos parámetros.

10.11.INGENIERÍA DE TRÁFICO PARA INTEGRACIÓN DE SUBSISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE CCTV EN CENTRO DE GESTIÓN Y CONTROL INTEGRAL DEL AYUNTAMIENTO DE GRANADA (CGIM)

En referencia a las comunicaciones con el centro de Gestión y Control Integral del Ayuntamiento de Granada el proyecto original considera “una comunicación ADSL alquilada a telefónica u otro operador” e indica que “se introducirá en este puesto de operación un módulo de software especial para comunicación con el ordenador central del Centro del Ayuntamiento, con objeto de que la información básica pueda ser recibida por este ordenador e integrada en las bases de datos del Ayuntamiento”, pero no se incluye en el presupuesto los Trabajos de Ingeniería del Tráfico necesarios para la definición de esta nueva aplicación que es independiente al propio software para gestión del tráfico y comunicaciones.

Tampoco se incluyen en el proyecto los trabajos de Ingeniería para la integración de cámaras de videovigilancia en paradas en el Centro de Control Integral del Ayuntamiento de Granada, como ha sido solicitado por éste durante el desarrollo del proyecto.

Se deberán realizar por tanto los trabajos de Ingeniería del Tráfico necesarios para la integración de las comunicaciones y cámaras de videovigilancia entre la Sala de Control de Metro Ligero y el Centro de Control y Gestión Integral del Ayuntamiento de Granada

10.12.INGENIERÍA DE TRÁFICO PARA ACTUALIZACIÓN DE SOFTWARE DE REGULACIÓN SEMAFÓRICA EN PARADAS POR INCLUSIÓN DE SEMÁFOROS R/A.

En el proyecto original no se considera la semaforización de los pasos de peatones en parada no coincidentes con intersección.

Se debe incluir la implantación de semáforos peatonales Rojo/Ámbar en la zona de plataforma, que funcionarán de forma independiente de los semáforos vehiculares, siempre en ámbar intermitente de paso de peatones indicando que es una zona en la que no tienen preferencia y que cambien a rojo cuando se prevea la entrada o salida de un vehículo móvil.

Estos semáforos se activarán mediante sus propios detectores por lo que generan una serie de cambios en el software para Gestión de Regulación y Prioridad para poder atender dichas demandas.

Se deberá incluir en el software para Gestión de Regulación y Prioridad los cambios necesarios para atender la demanda de los detectores asociados a los nuevos semáforos peatonales R/A junto a paradas.

10.13.INGENIERÍA DE TRÁFICO PARA ACTUALIZACIÓN DE SOFTWARE PARA UNIDADES DOBLES

Se debe dar solución al caso particular en el que funcionen dos unidades de Metro acopladas en convoy y de cómo funcionaría la comunicación entre detectores y regulador para garantizar la prioridad.

El sistema actual está diseñado para esperar una detección de un vehículo en el detector de aproximación (o el de presencia), y preparar la intersección para su llegada. A su vez, una vez que el regulador detecta presencia en el detector de cancelación, debe iniciar el proceso para cerrar el paso prioritario, y proceder a dar servicio al resto de vehículos.

En el caso de un convoy compuesto por dos o más vehículos, la situación de cierre del paso prioritario puede ser problemática, ya que el regulador comienza el procedimiento antes de que el convoy haya pasado en su totalidad, pudiendo provocar situaciones incoherentes con el paso del resto de los vehículos.

Para solventar este problema, se implementará en el regulador un contador de detecciones en los detectores de aproximación y presencia durante una ventana de tiempo programable (debería ser coherente con tiempo de paso estimado de un convoy compuesto completo). Una vez determinado el número de vehículos que componen el convoy en los detectores de entrada a la intersección, el regulador no iniciará el proceso de cierre de la fase prioritario hasta la detección, en el detector de cancelación, del mismo número de vehículos.

10.14. ADAPTACIÓN REGULADORES SEMAFÓRICOS PARA AMPLIACIÓN DE ENTRADAS DIGITALES

Se deberán realizar las ampliaciones necesarias las entradas digitales en los reguladores semafóricos.

10.15. REAJUSTE DE PARÁMETROS DE REGULACIÓN SEMAFÓRICA CON MOTIVO DE PUESTAS EN SERVICIO PARCIALES.

Durante la fase de ejecución de obras se han puesto en servicio diversas instalaciones semafóricas en fase provisional sin Metro, con situaciones diferentes a las definitivas, causadas por desvíos provisionales de tráfico, calles de circulación en sentido diferente al definitivo, partes de cruces sin finalizar por OC, no existencia de fase de Metro, etc.... que obligan a realizar programaciones semafóricas provisionales, que posteriormente deberán ser sustituidas por las definitivas.

Se deberán realizar los trabajos de programación semafórica en situaciones provisionales de puesta en marcha de las instalaciones.

10.16. INGENIERÍA Y TRABAJOS DE REPROGRAMACIÓN DE REGULACIÓN SEMAFÓRICA SOLICITADAS POR AYUNTAMIENTOS DURANTE FASE DE OBRAS.

Durante la fase de ejecución de obras se deberán poner en servicio diversas instalaciones semafóricas en fase provisional sin Metro, y se han deberán realizar las modificaciones en las programaciones solicitadas por los respectivos Ayuntamientos para atender determinadas necesidades.

10.17. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL

El Contratista deberá impartir un cursillo de capacitación destinado al personal del ente explotador que se encargará del funcionamiento de las Instalaciones proyectadas.

El cursillo abarcará todos los aspectos objeto del proyecto, y en especial el tratamiento de las principales labores de operación y de mantenimiento.

El programa del curso lo elaborará el contratista. El contenido y la duración del curso serán sometidos a la aprobación del Director de Obra que podrá modificarlo.

Se impartirá en el lugar que fije en su día la Dirección de la Obra, e incluirá el aporte de material didáctico, y la información general, encarpetaada, sobre las instalaciones, para todos los asistentes.

10.18. CRUCES VIARIOS

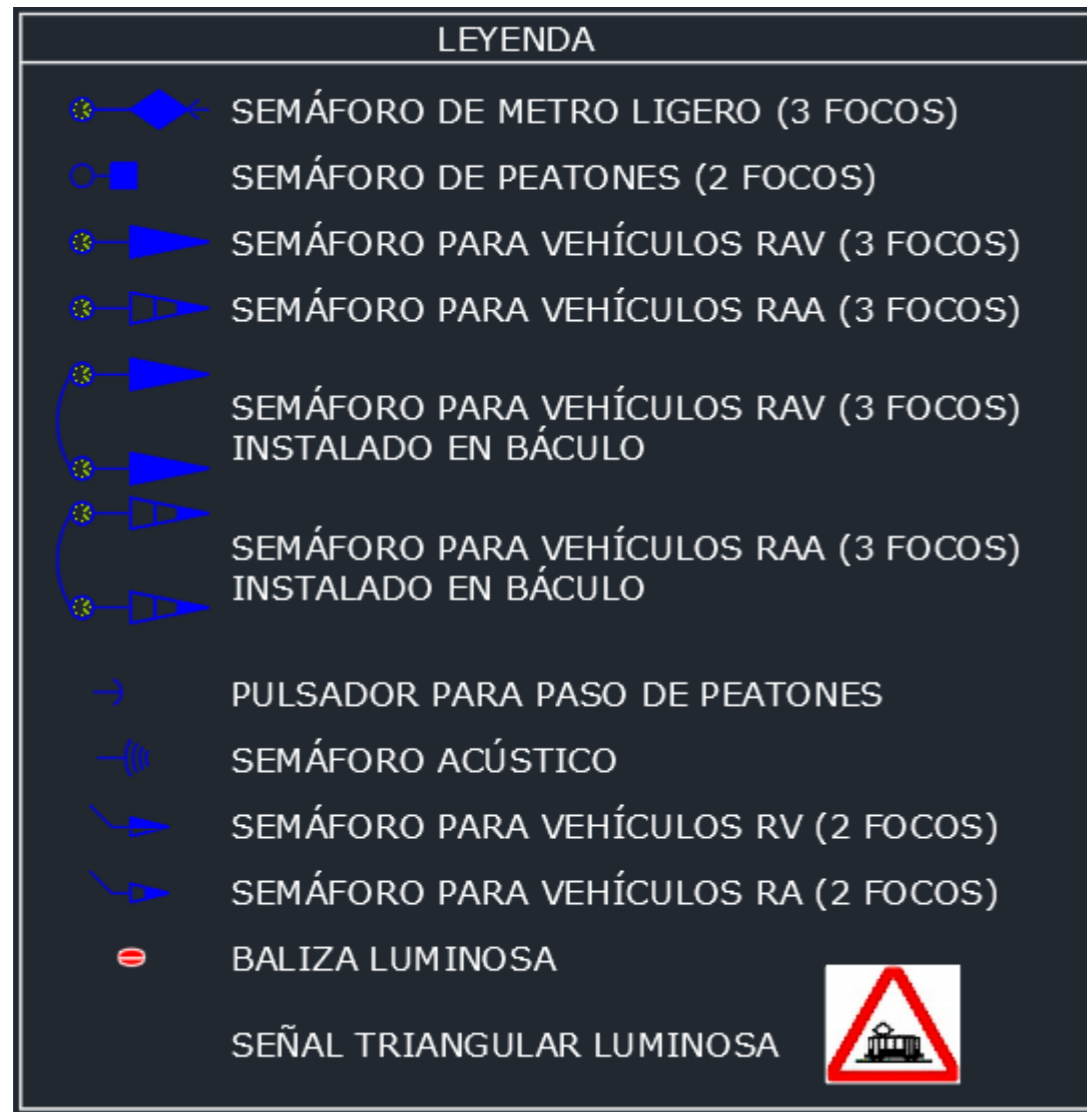


Figura 4 Leyenda

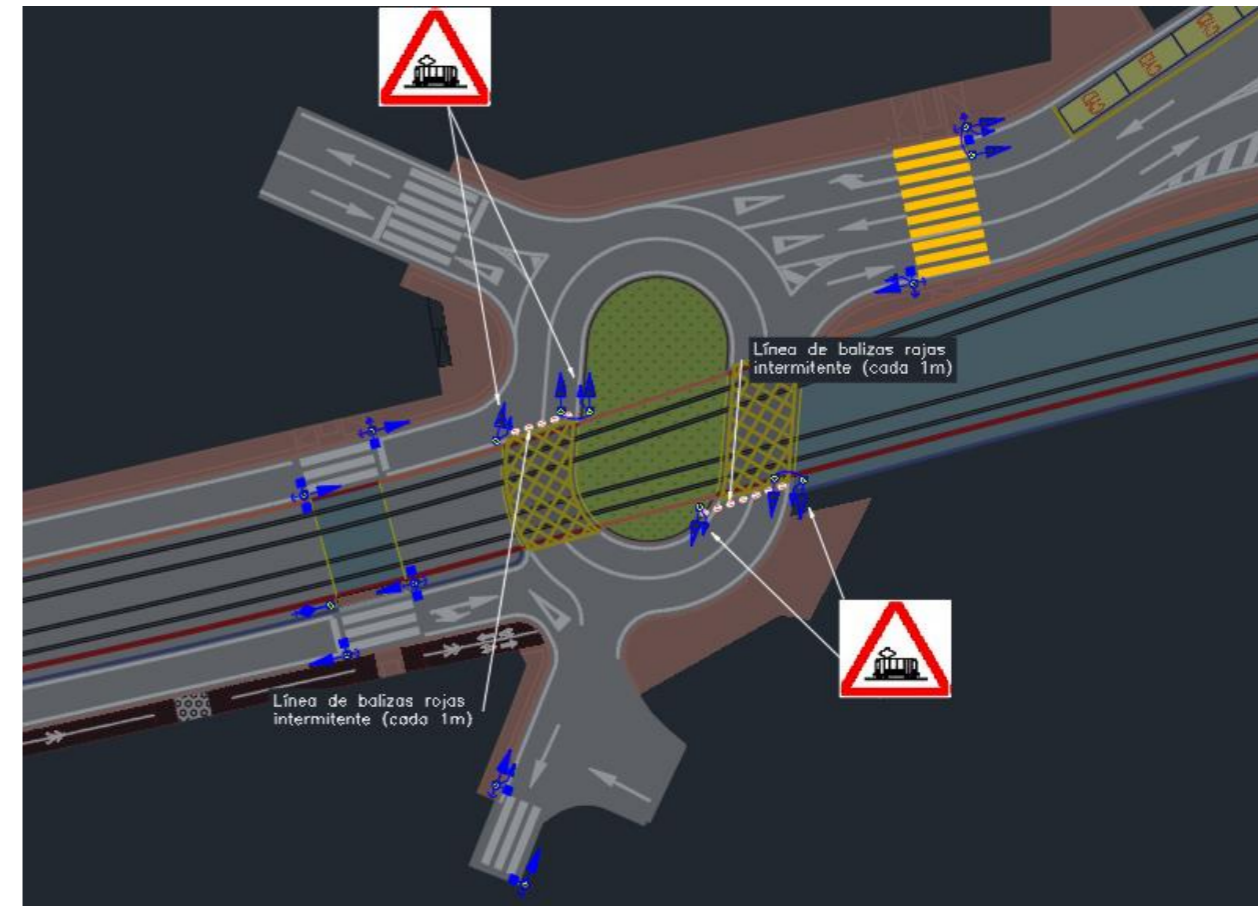


Figura 5 Cruce viario 1 (PK 0+065)

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

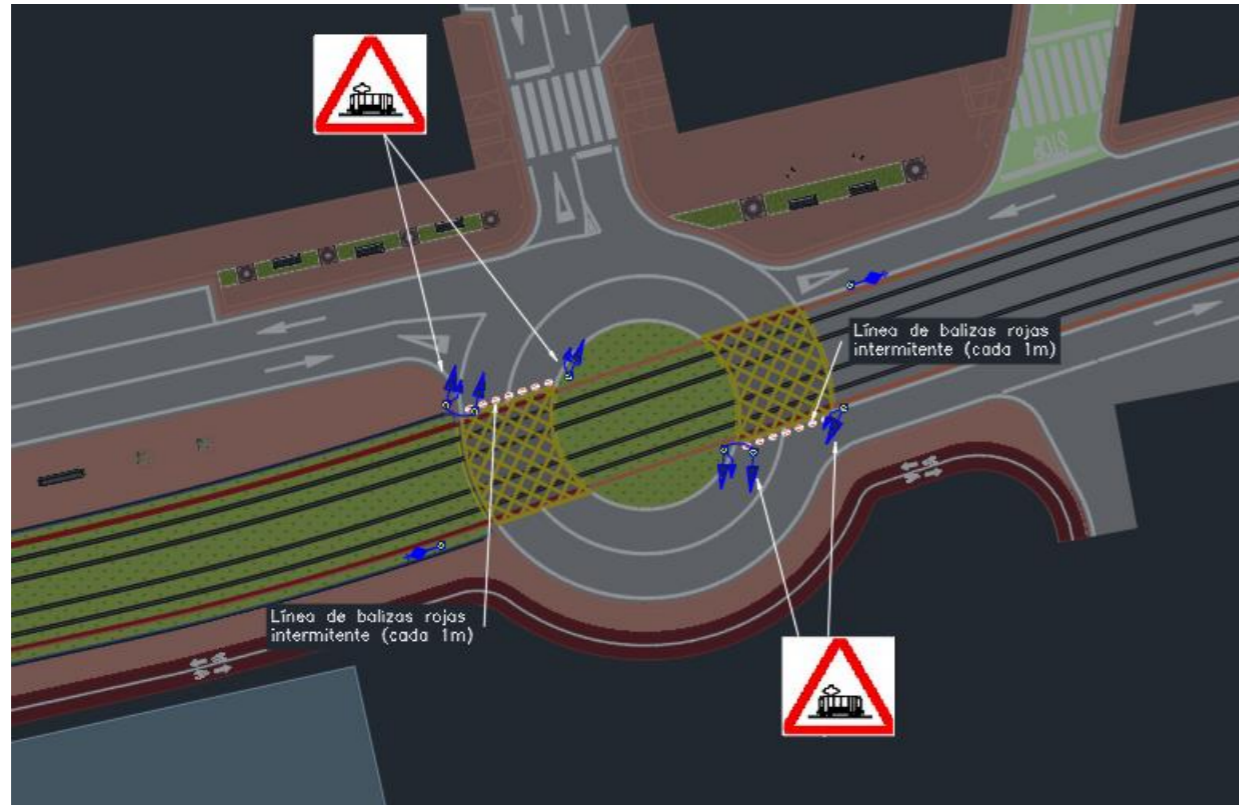


Figura 6 Cruce viario 1 (PK 0+440)

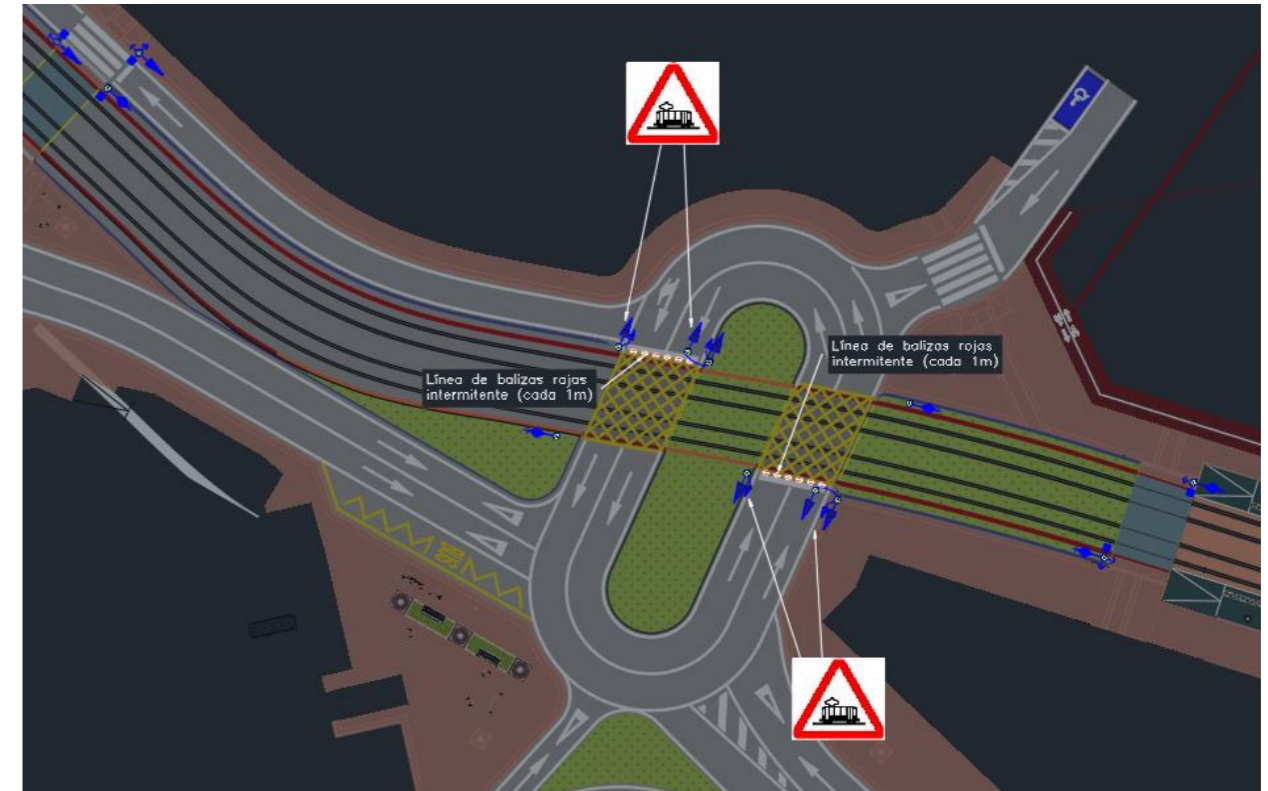


Figura 8 Cruce viario 1 (PK 1+080)

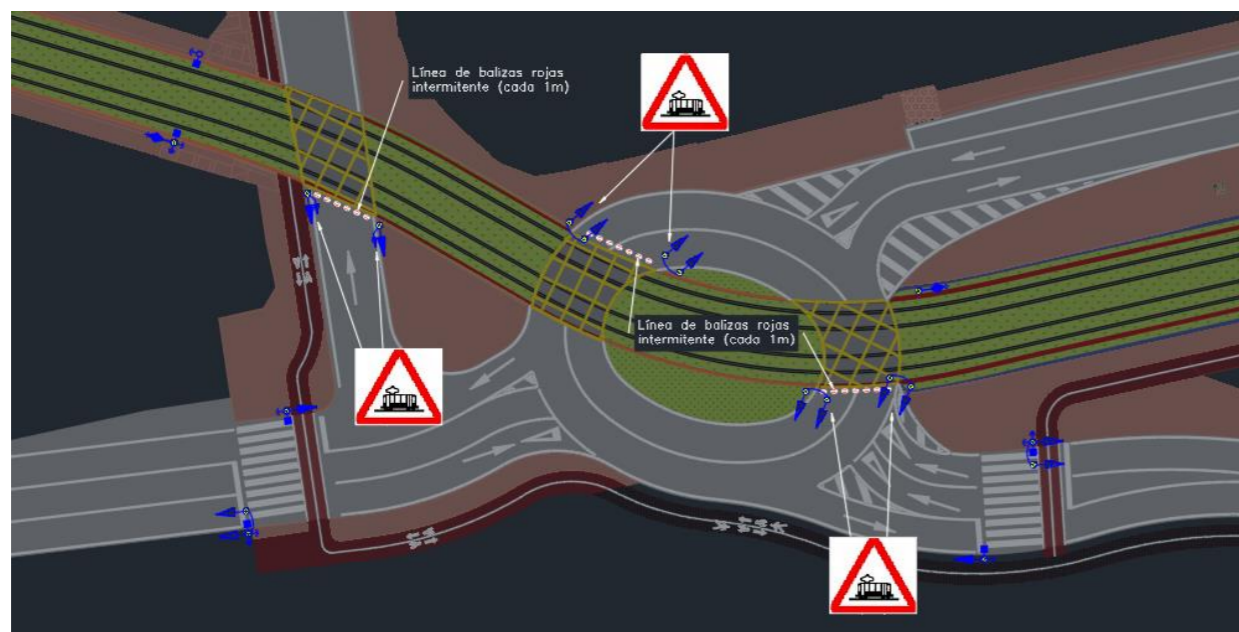


Figura 7 Cruce viario 1 (PK 0+700)

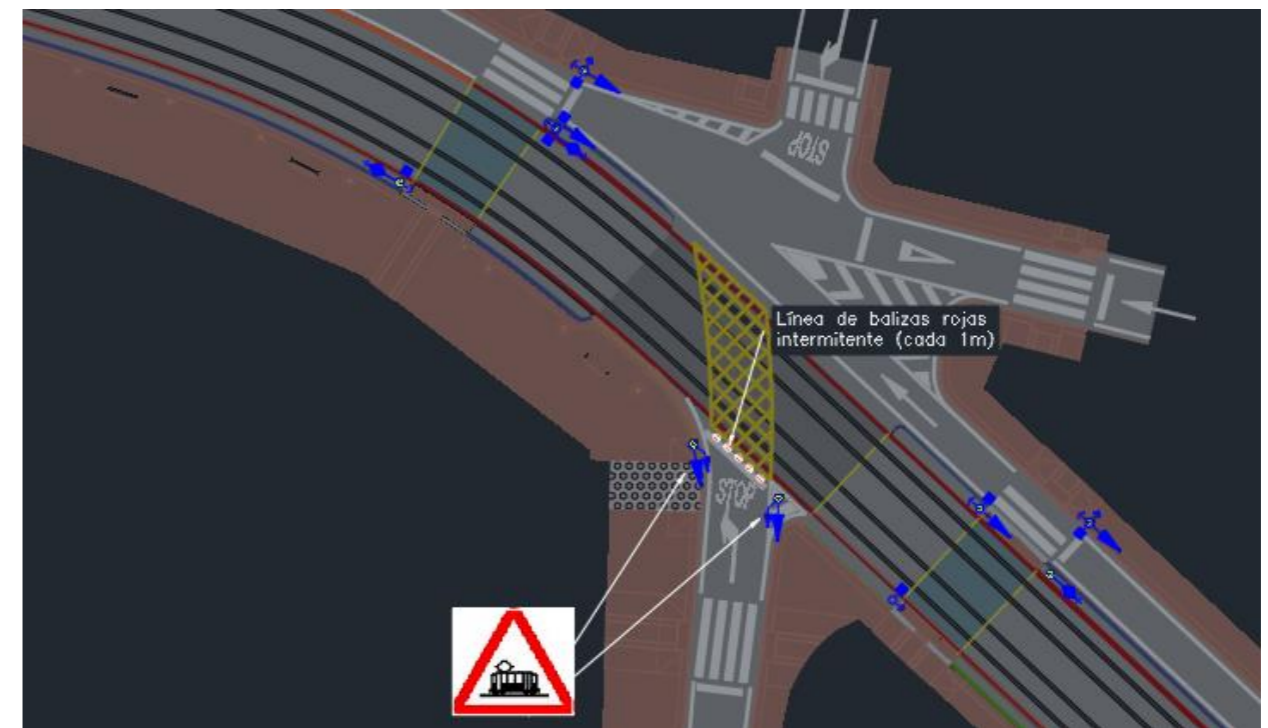


Figura 9 Cruce viario 1 (PK 1+375)

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

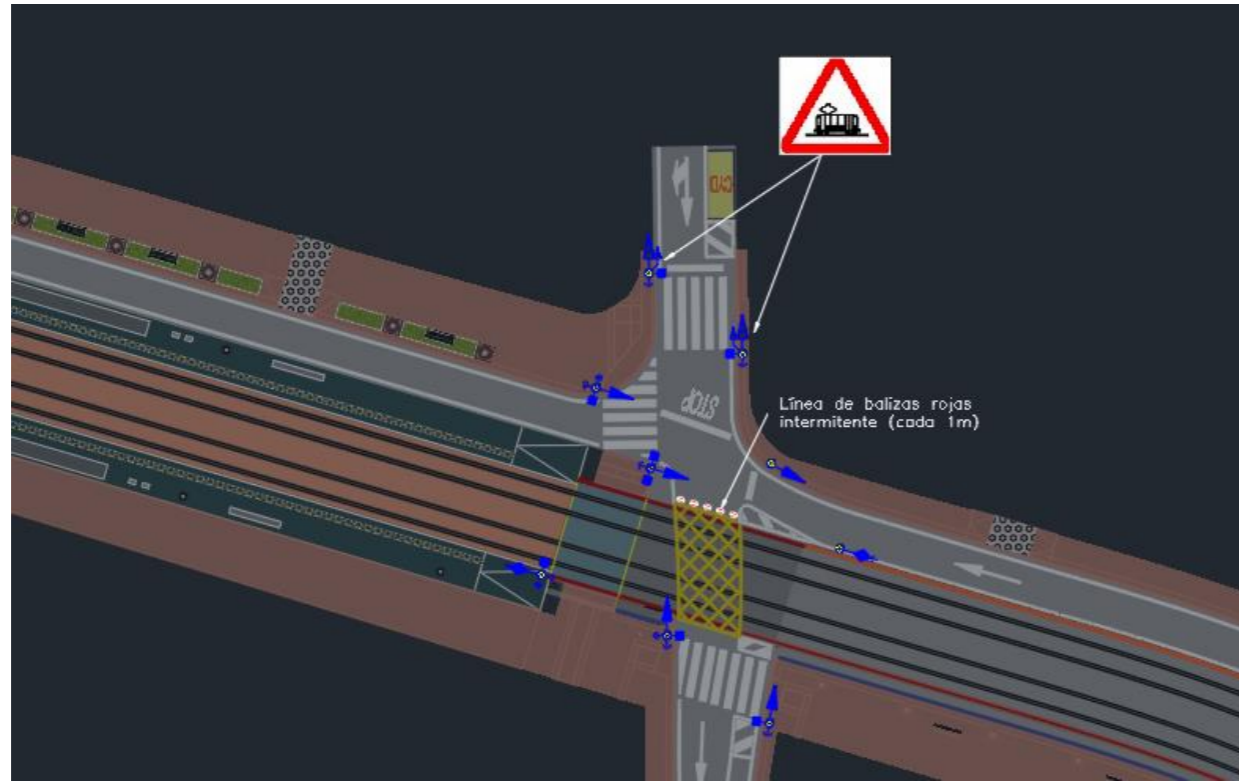


Figura 10 Cruce viario 1 (PK 1+475)

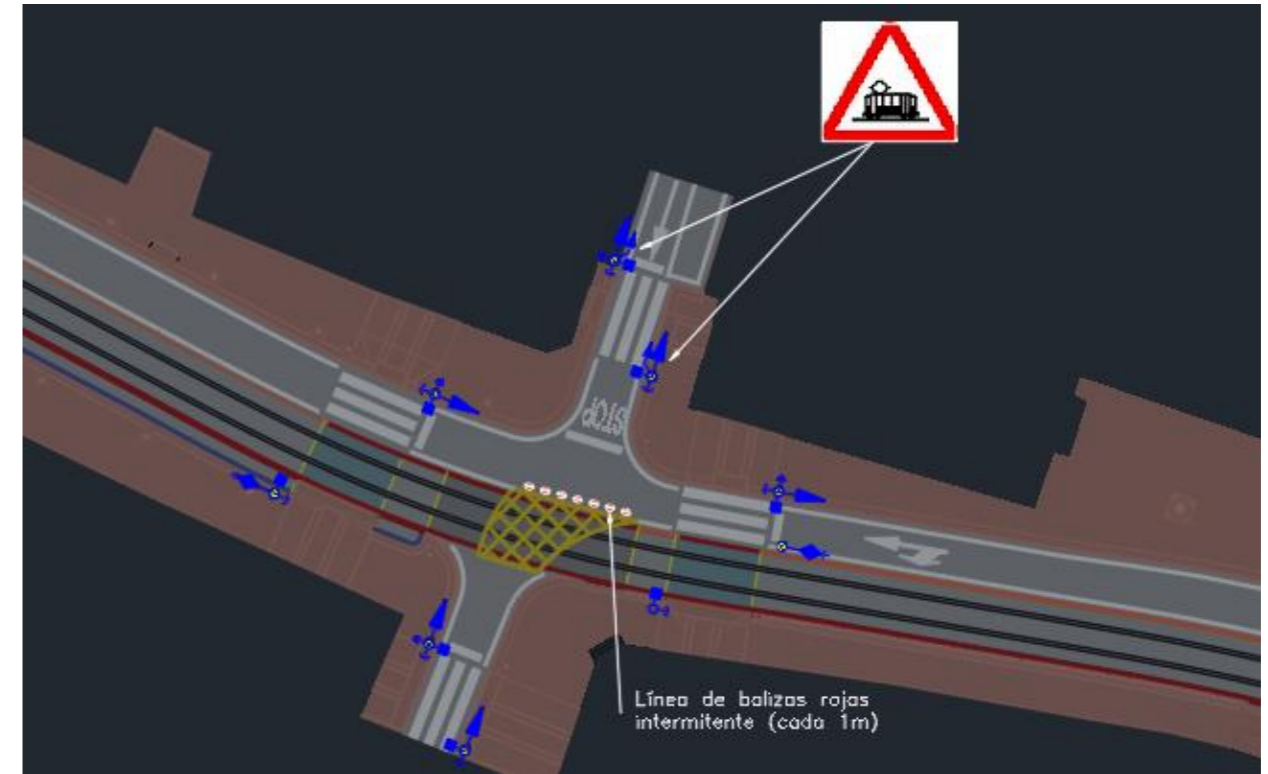


Figura 12 Cruce viario 1 (PK 1+775)

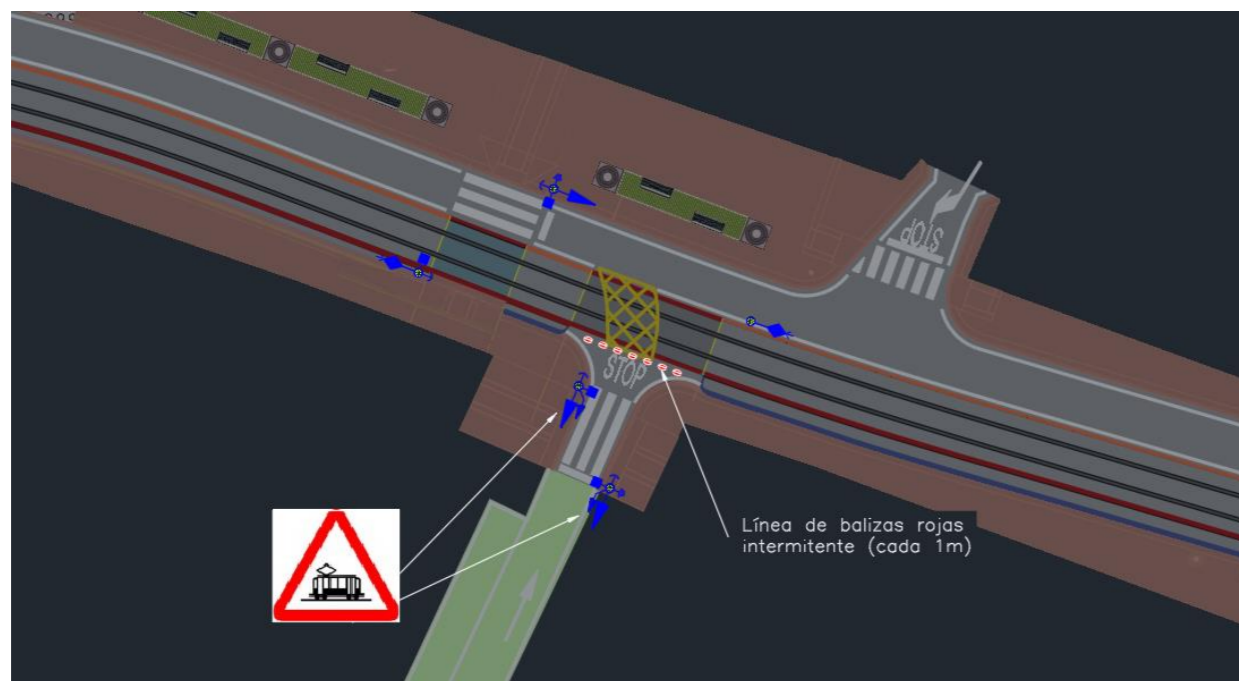


Figura 11 Cruce viario 1 (PK 1+700)

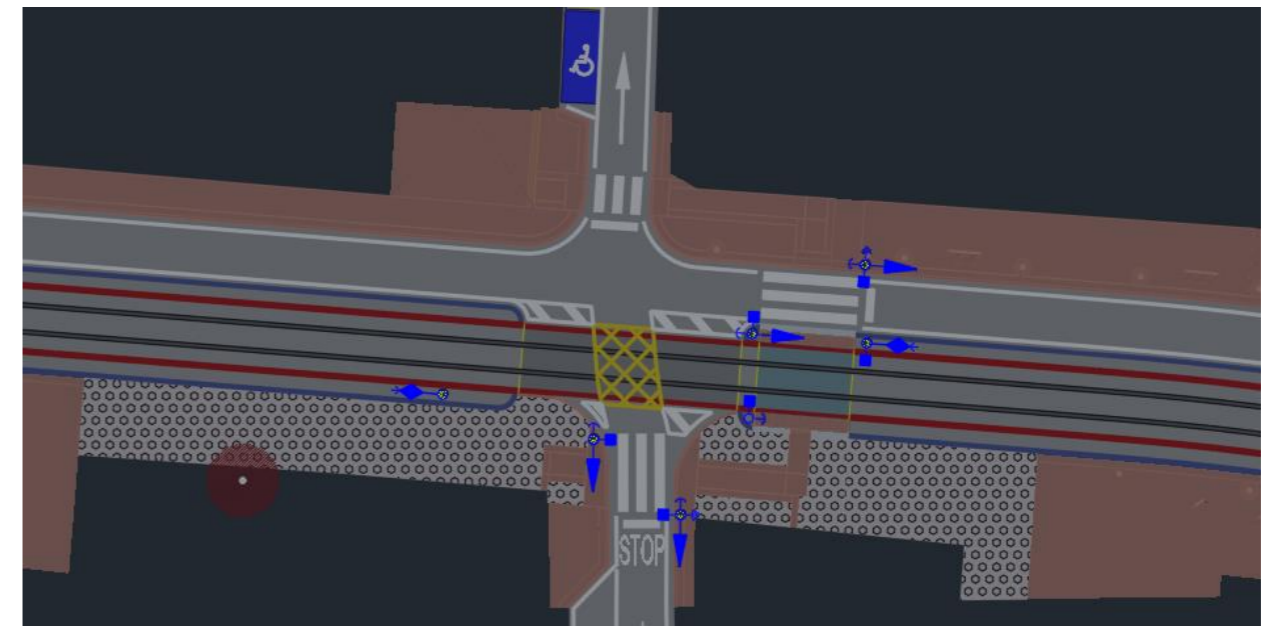


Figura 13 Cruce viario 1 (PK 2+000)

Proyecto Constructivo de Instalaciones para la Prolongación Sur del Metropolitano de Granada: Tramo Armilla-Churriana-Las Gabias (T-MG6211/PPR3)

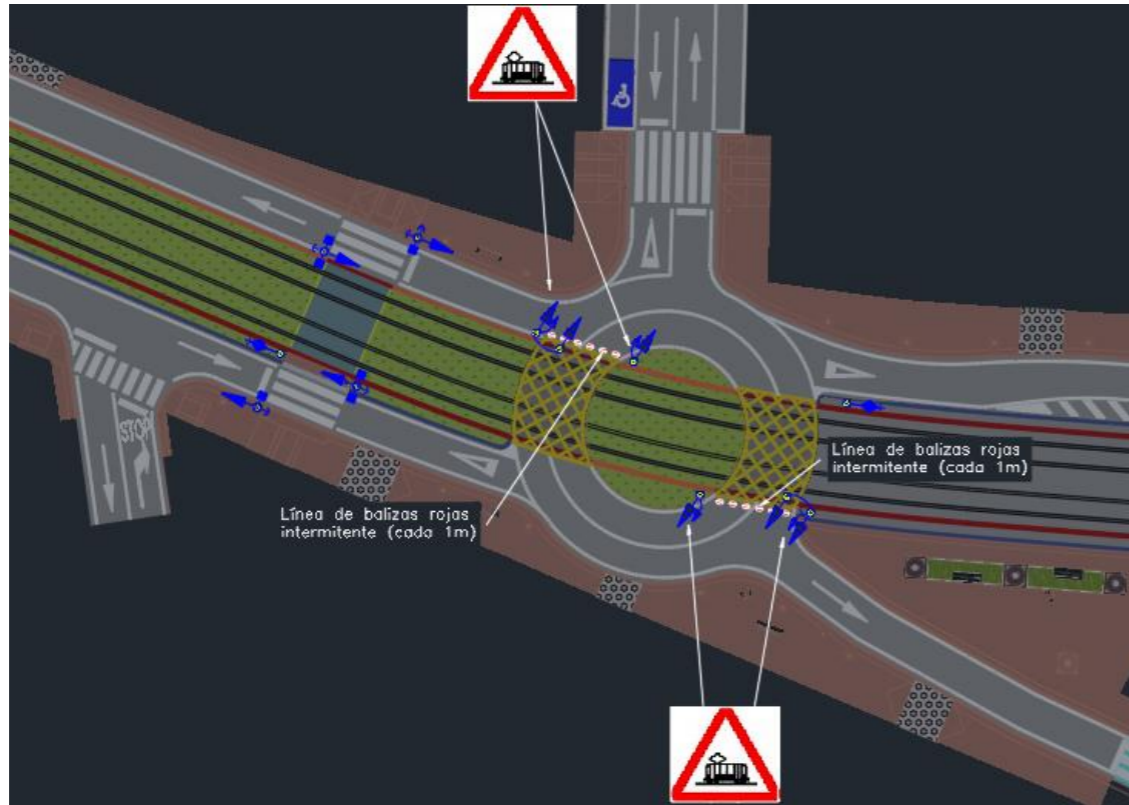


Figura 14 Cruce viario 1 (PK 2+305)

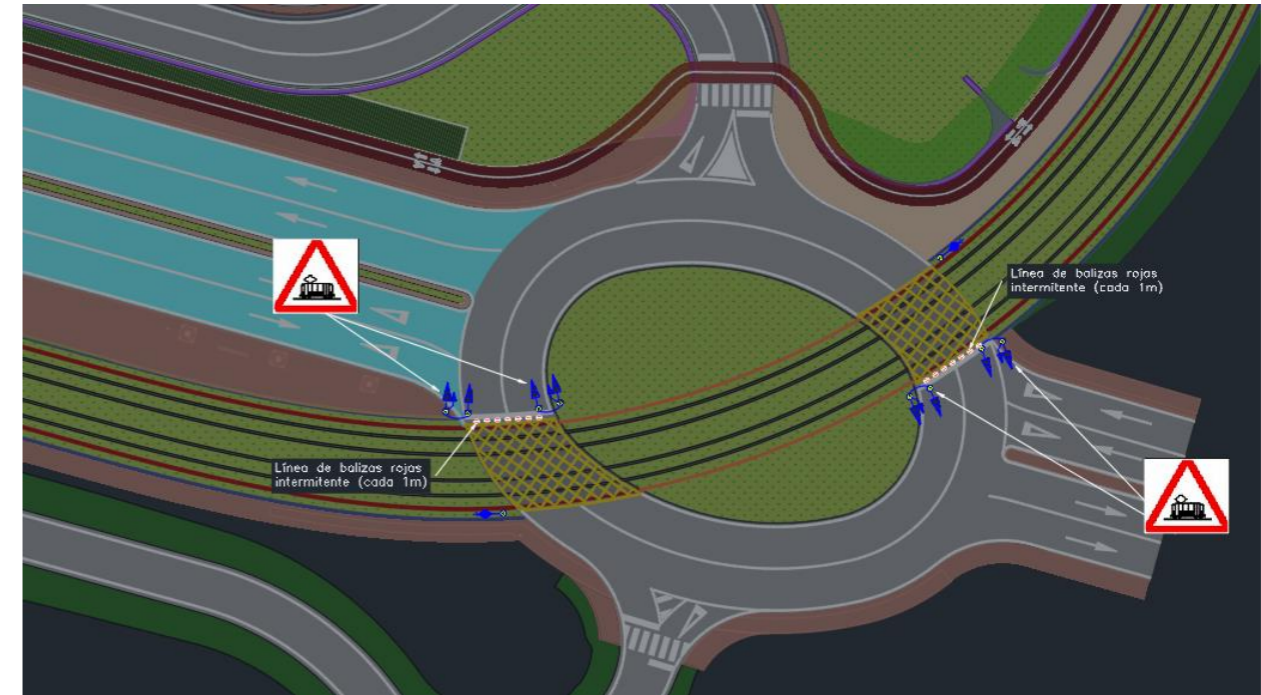


Figura 16 Cruce viario 1 (PK 3+720)

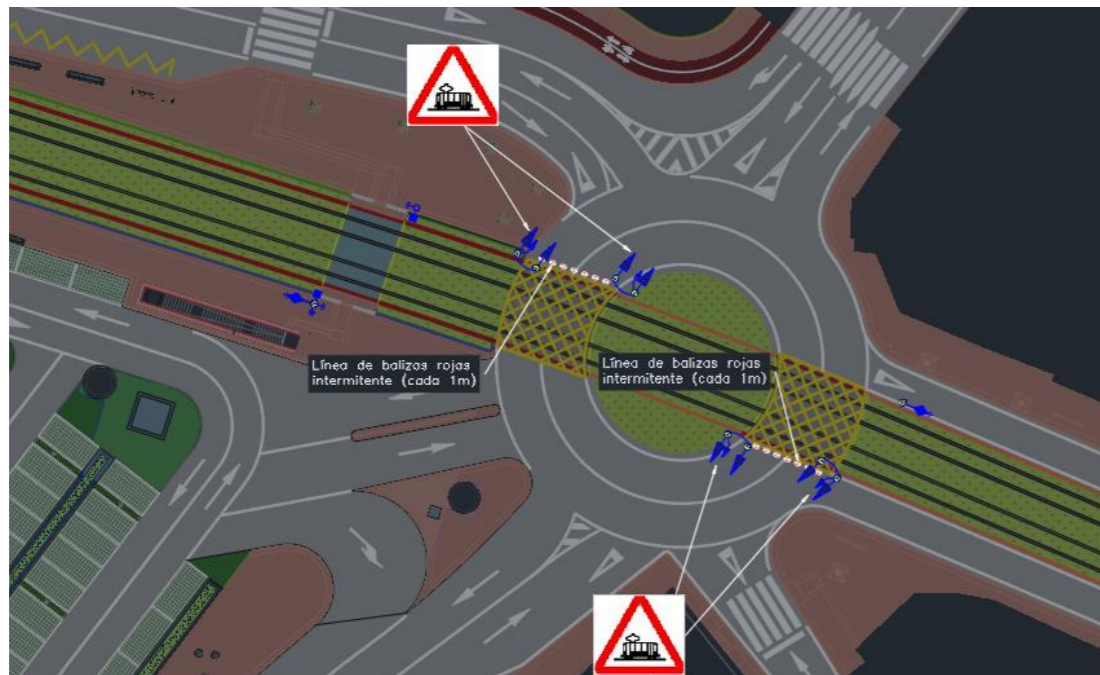


Figura 15 Cruce viario 1 (PK 2+670)

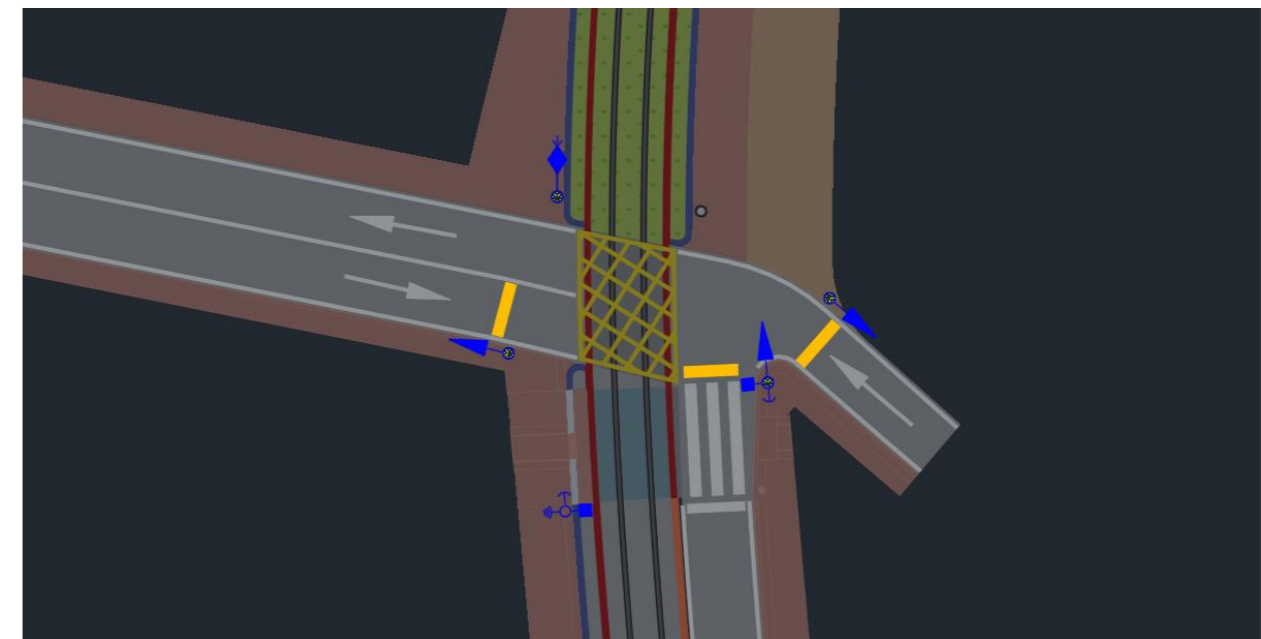


Figura 17 Cruce viario 1 (PK 4+380)

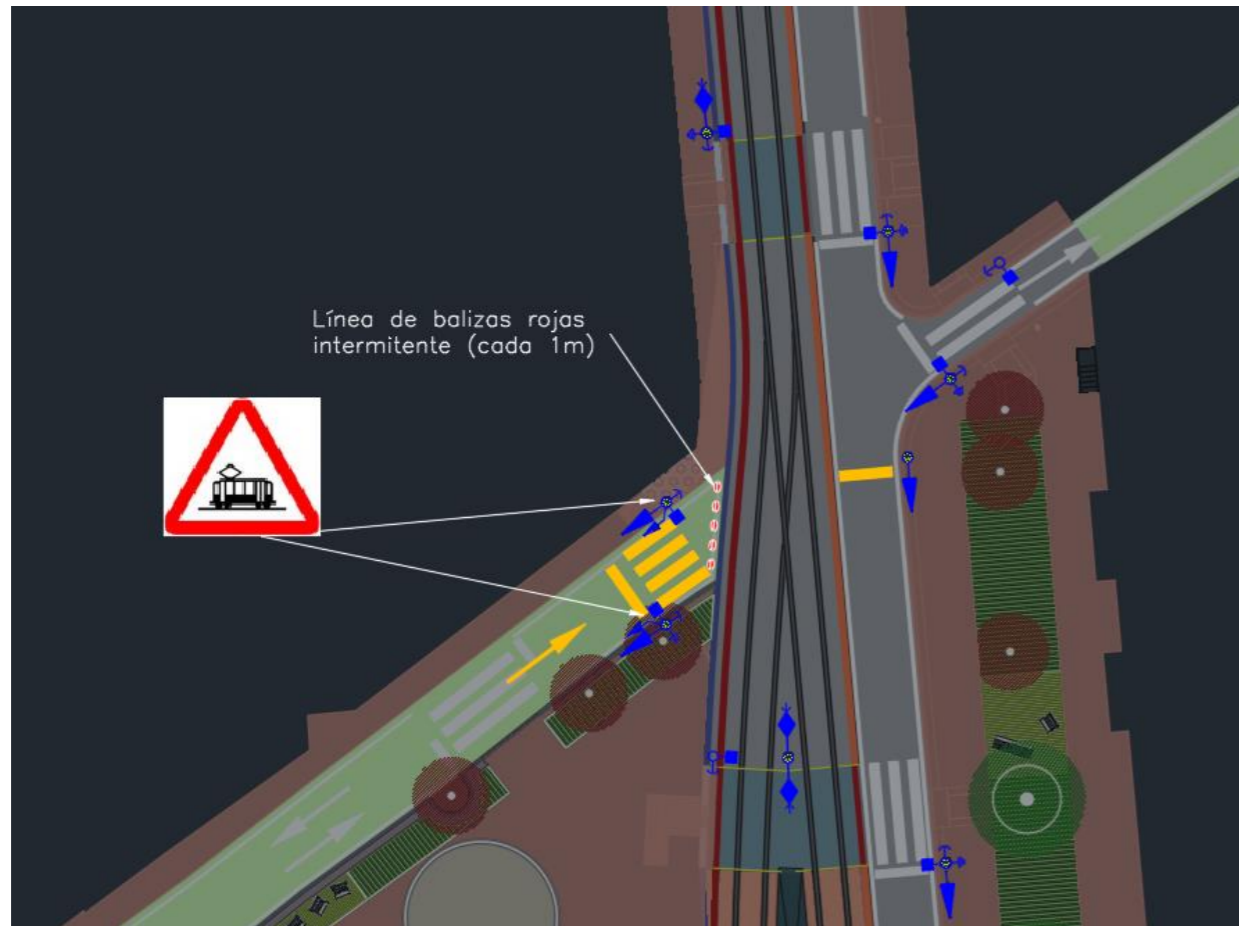


Figura 18 Cruce viario 1 (PK 4+670)

10.19. CRUCES PEATONALES CON FUNCIONAMIENTO INDEPENDIENTE

En el tramo encontramos con 2 cruces de peatones con funcionamiento independiente

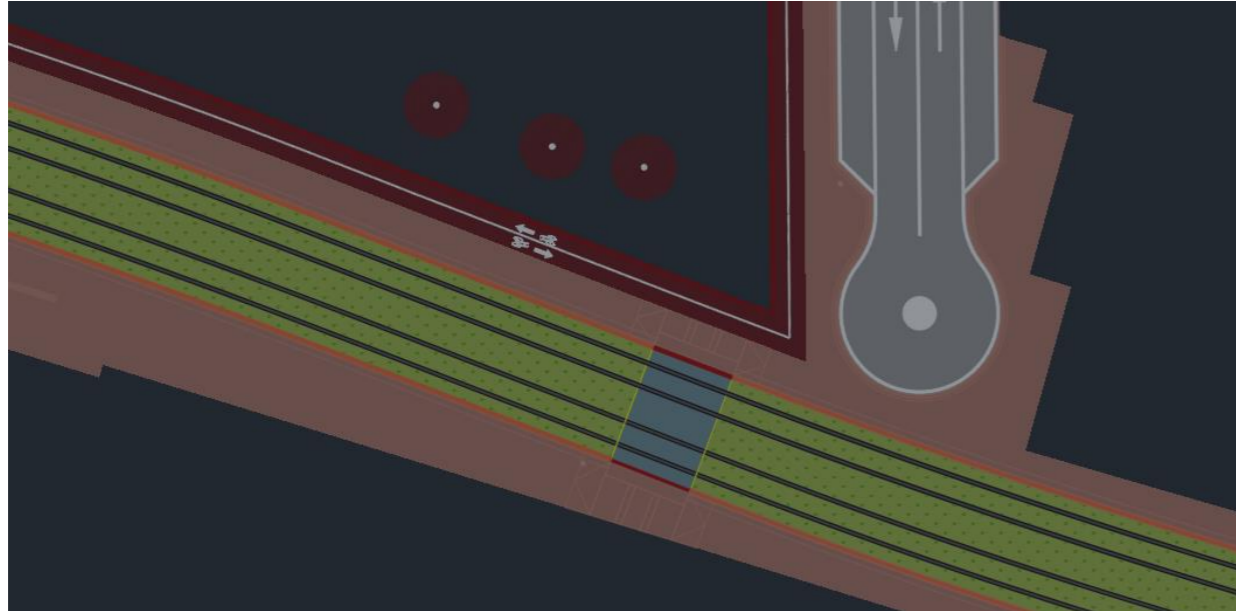


Figura 19 Cruce peatonal independiente (PK 0+905)

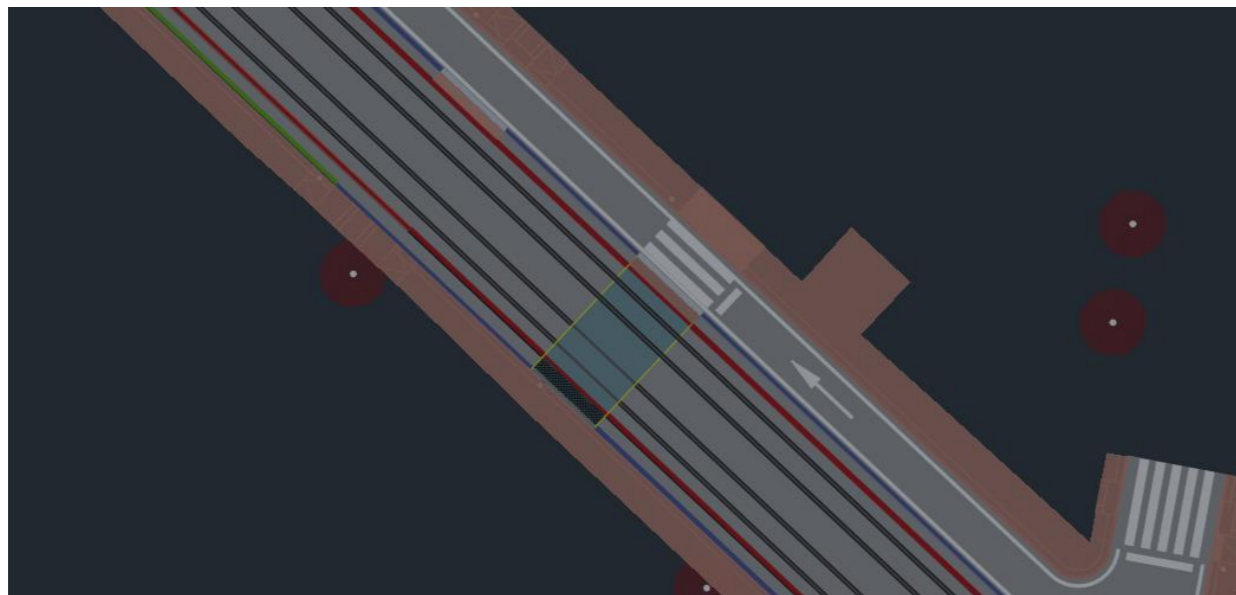


Figura 20 Cruce peatonal independiente (PK 1+297)