



Control Automatizado y Simulación de una Infraestructura Ferroviaria

Rafael Bello Ferrer
Grado en Ingeniería Informática
Ingeniería del Software

Oriol Martí Girona
Santi Caballe Llobet

12/01/2017



Esta obra está sujeta a una licencia de
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada
[3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	<i>Control Automatizado y Simulación de una Infraestructura Ferroviaria</i>
Nombre del autor:	<i>Rafael Bello Ferrer</i>
Nombre del consultor/a:	<i>Oriol Martí Girona</i>
Nombre del PRA:	<i>Santi Caballe Llobet</i>
Fecha de entrega (mm/aaaa):	01/2017
Titulación::	<i>Grado en Ingeniería Informática</i>
Área del Trabajo Final:	<i>Ingeniería del software</i>
Idioma del trabajo:	<i>Castellano</i>
Resumen del Trabajo:	
<p>El mundo del modelismo ferroviario se ha convertido en uno de los hobbies más apasionantes hoy en día. Sin embargo, los trenes en miniatura y la posibilidad de recrear una infraestructura ferroviaria a escala nos brindan la oportunidad de utilizar una maqueta ferroviaria para algo más que jugar. Planteando la mejora de una hipotética infraestructura ferroviaria en cuestiones como la regulación del tráfico de trenes, señalización y seguridad, este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un simulador de campo capaz de emular el comportamiento de una infraestructura ferroviaria real.</p> <p>Tras evaluar varias alternativas para obtener este simulador como producto final del presente proyecto, se ha optado por la construcción de una maqueta en escala H0 que simula una línea de ferrocarril que conecta dos estaciones y por la que circulan dos trenes de forma simultánea. Se ha desarrollado un sistema de control automatizado mediante la utilización de hardware/software dedicado y cuyo núcleo principal lo constituyen tres controladores lógicos programables (PLCs) conectados mediante protocolo PROFIBUS DP en configuración maestro-esclavo.</p> <p>El sistema de control cuenta con una aplicación software HMI dedicada a la monitorización y control desde un ordenador. Dos aplicaciones de procesamiento y tratamiento de imágenes desarrolladas en Matlab complementan al sistema de control, analizando las imágenes obtenidas de dos cámaras de vigilancia situadas en el trayecto.</p> <p>El prototipo implementado permite poner a prueba algunas estrategias de control y seguridad aplicables en un contexto ferroviario real, además de constituir una oportunidad única de aprendizaje por el alcance hardware y software propuesto.</p>	
Abstract (in English):	
<p>Nowadays railway modelling has become one of the most exciting hobbies. Nevertheless, miniature trains and the possibility of re-creating a railway infrastructure at scale give us the opportunity to use a model railway for more than just play.</p>	

Considering the improvement of a hypothetical railway infrastructure in matters such as the regulation of train traffic, rail signalling system and safety, this project aims to design and implement a field simulator capable of emulating the behaviour of a real railway infrastructure.

After evaluating several alternatives to obtain this simulator as the final product of this project, it has been decided to build a railway model in H0 scale that simulates a railway line that connects two stations and through which two trains circulate simultaneously. Using dedicated hardware / software, an automated control system has been developed and its main core consists of three programmable logic controllers (PLCs) connected by PROFIBUS DP protocol in master-slave configuration.

The control system has an HMI software application dedicated to monitoring and control of the entire system from a computer. Two image processing applications developed in Matlab complement the control system, analysing the images obtained from two surveillance cameras located in the railway layout.

The implemented prototype allows to test some applicable control and safety strategies in a real railway context, besides being a unique learning opportunity due to the proposed hardware and software.

Índice

1.	Introducción	1
1.1.	Contexto y justificación del Trabajo	1
1.2.	Objetivos del Trabajo.....	2
1.3.	Enfoque y método seguido.....	5
1.4.	Planificación del Trabajo.....	6
1.5.	Breve resumen de productos obtenidos	7
1.6.	Breve descripción de los otros capítulos de la memoria.....	7
2.	Análisis	8
2.1.	Definición de los actores.....	8
2.2.	Requisitos del producto	8
2.2.1.	Requisitos funcionales.....	8
2.2.2.	Requisitos no funcionales.....	9
2.3.	Relación de actores-casos de uso.....	10
2.4.	Diagramas de casos de uso.	11
3.	Diseño.....	13
3.1.	Diagrama de clases.....	13
3.2.	Diagrama de actividad.	14
3.3.	Diagramas de secuencia.	14
3.4.	Diseño de la base de datos.	16
3.5.	Diseño de la web.	17
3.5.1.	Diagramas de componentes.....	18
3.6.	Diseño de la maqueta ferroviaria.....	24
3.7.	Diseño de la interfaz y pantallas HMI.	24
3.7.1.	Pantalla inicial.....	24
3.7.2.	Centro de control de tráfico ferroviario (CTC).....	25
3.7.3.	Vista en cabina.	26
3.7.4.	Estado de dispositivos del sistema.....	26
3.7.5.	Control de semáforos	27
3.7.6.	Control de desvíos.....	28
3.7.7.	Estado de sensores.....	29
3.7.8.	Control de salidas analógicas (velocidad de los trenes).....	30
3.7.9.	Alarmas	30
3.7.10.	Modo Manual.....	31
3.7.11.	Modo automático.....	31
3.8.	Descripción del software utilizado.....	32
3.8.1.	Sistema de control (software)	32
3.8.2.	Sistema de propósito general.....	33
3.9.	Descripción del hardware utilizado.	34
3.9.1.	Kits de inicio de modelismo ferroviario Roco.....	34
3.9.2.	Material utilizado en el sistema de control (hardware).....	35
4.	Implementación.....	42
4.1.	Montaje de la maqueta ferroviaria.	42
4.2.	Montaje de los dispositivos de señalización de la maqueta (semáforos, desvíos, sensores).....	44
4.2.1.	Semáforos	44

4.2.2.	Desvíos.....	45
4.2.3.	Sensores	46
4.3.	Cableado de los autómatas y todo el hardware empleado para desarrollar el control automatizado.	47
4.4.	Instalación y configuración del software necesario.....	48
4.5.	Programación de los autómatas de control.	48
4.5.1.	Programación del S7 314C-2DP.....	48
4.5.2.	Programación de los S7 226	50
4.6.	Desarrollo de las pantallas HMI.....	50
4.6.1.	Menú principal	53
4.6.2.	Centro de control de tráfico ferroviario (CTC).....	54
4.6.3.	Vista en Cabina	55
4.6.4.	Estado de dispositivos del sistema	55
4.6.5.	Control de semáforos	56
4.6.6.	Control de desvíos.....	57
4.6.7.	Estado de sensores	58
4.6.8.	Modo Manual	59
4.6.9.	Modo Automático.....	59
4.6.10.	Control de salidas analógicas (velocidad de los trenes).....	60
4.6.11.	Alarmas	61
4.7.	Implementación de la página web.	61
4.7.1.	Entorno	61
4.7.2.	Aplicación de las decisiones de implementación.....	61
4.7.2.1.	Implementación de la capa de presentación	61
4.7.2.2.	Implementación de la capa de negocio	63
4.7.2.3.	Implementación de la capa de integración (persistencia).....	64
4.7.2.4.	Pantallas de la aplicación	66
4.8.	Implementación de la aplicación software de detección de obstáculos en la vía.....	73
4.9.	Implementación de la aplicación software para la ayuda al mantenimiento preventivo de los componentes del sistema ferroviario.	76
5.	Pruebas	78
5.1.	Pruebas de la aplicación web.	78
6.	Valoración económica.....	80
7.	Conclusiones	81
7.1.	Trabajos futuros y mejoras	82
8.	Glosario	84
9.	Bibliografía.....	85
10.	Anexos.....	87

1. Introducción

1.1. Contexto y justificación del Trabajo

En este apartado se describe el sistema actual, así como las diferentes posibilidades que se vislumbran y demandan en el sistema a desarrollar.

El sistema propuesto consiste en la creación de un sistema hardware/software de “**CONTROL AUTOMATIZADO Y SIMULACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA**”. Este sistema se ha solicitado por parte del cliente (hipotético) como solución a la situación actual en la que se encuentra un tramo de línea ferroviaria en cuestión. A continuación, se describe la situación y el funcionamiento del sistema actual (sistema ferroviario hipotético):

- El sistema actual se localiza en el entorno que une dos estaciones por medio de una línea ferroviaria. Estas estaciones adoptan el rol de ser estaciones de origen o destino (dependiendo de una ruta específica), de dos trenes, uno de ellos para el transporte de pasajeros y el otro para transporte de mercancías.
- El tramo de línea ferroviaria que une las dos estaciones no está automatizado, lo que comporta un alto riesgo de accidentabilidad y una pésima gestión del trayecto que deben cubrir los trenes para ir de una estación a otra. Además, existen problemas de planificación de rutas que provocan retrasos en los horarios establecidos de trayecto y pueden ocasionar accidentes en el peor de los casos.
- La comunicación entre estaciones se realiza mediante llamadas telefónicas que efectúan los jefes de estación para avisar de la salida o llegada de un tren a cada estación, por lo que en este caso el factor humano es determinante para el buen funcionamiento del sistema ferroviario.
- Por otra parte, las acciones de control sobre el sistema de señalización y sobre los sistemas de cambios de aguja de las vías son realizadas de forma manual por el personal encargado para ello. Por tanto, el factor humano en temas de seguridad también es imprescindible en este caso. Esto conlleva que cualquier fallo de los sistemas de seguridad o error humano, ya sea tanto a nivel de señalización como a nivel de cambios de aguja de las vías, no puede ser identificado a tiempo para evitar catástrofes, puesto que ni los jefes de estación ni los maquinistas de los trenes tienen información del estado de estos componentes. Cabe destacar que no existe comunicación entre los maquinistas de los trenes y los jefes de estación, por lo que no se pueden comunicar ninguna incidencia durante el trayecto. Además, se pueden producir situaciones en las que un tren tenga que esperar a que el otro pase por una zona determinada para liberar de nuevo la vía para su uso (bloqueos). Esto conduce a retrasos de horario innecesarios y a constantes quejas por parte de los clientes del sistema ferroviario, que no están satisfechos con la gestión del recorrido ni con la puntualidad en sus viajes.
- Además de los problemas de seguridad vistos en el punto anterior, en gran parte producidos por la falta de comunicaciones entre las estaciones y los trenes, existen problemas de seguridad derivados del propio estado de las vías o la existencia de obstáculos que impidan el paso de los trenes, indetectables actualmente hasta que el tren se encuentra irremediamente con estos defectos y/o obstáculos. En definitiva, no existe ningún sistema de seguridad automatizado que informe de posibles incidencias a lo largo del trayecto.

- No existe ninguna aplicación software que ayude a realizar un mantenimiento preventivo de todo el sistema, desde los componentes de la infraestructura ferroviaria como de los propios trenes.
- No existe un centro de control ferroviario que coordine toda la infraestructura ferroviaria y los trayectos de los propios trenes.
- Los clientes del sistema ferroviario no disponen de ningún tipo de información sobre la planificación de los trenes que pueda ser consultada de forma remota, ya que el proveedor del servicio ferroviario no dispone de un sistema informatizado que proporcione una página web de información. El cliente debe desplazarse físicamente a la estación para obtener esta información. Sin embargo, al no disponer tampoco de una comunicación directa y fiable de las estaciones con las máquinas de tren, tampoco pueden conocer los posibles retrasos producidos durante los trayectos, a pesar de personarse físicamente en la estación.

Por todos estos puntos, el proyecto a realizar está totalmente justificado, ya que pretende automatizar los procesos de control y mantenimiento para evitar posibles errores humanos, además de poder obtener mayor información del sistema y por lo tanto tener un mayor control sobre él.

1.2. Objetivos del Trabajo

Dada la situación del sistema actual, se ha decidido la realización de este proyecto, con el fin de evitar los problemas y limitaciones que posee el sistema. Las soluciones propuestas más relevantes en este proyecto son las siguientes:

- Desarrollo de un sistema hardware/software que gestione de forma automatizada una línea ferroviaria, tratando la mayor cantidad y diversidad de información posible, relacionada con los trayectos, componentes de automatización, componentes de la línea ferroviaria, etc. Todo ello será enviado al sistema de control de tráfico centralizado, donde se evaluará esta información y se tomarán las decisiones adecuadas a cada situación, o bien por parte del Jefe de Control o bien por parte del sistema automatizado programado previamente para que comande los sistemas de forma autónoma.
- El sistema de control automatizado se hará cargo de controlar la velocidad de cada tren de forma independiente, según rutas preprogramadas si el sistema se encuentra en modo automático, o bien efectuando el control de la velocidad derivado de las acciones del maquinista o Jefe de Control si el sistema se encuentra en modo automático.
- El sistema automatizado efectuará un control de las rutas. Este control mostrará el tiempo previsto de ruta, y el tiempo que le cuesta a cada tren efectuarla, teniendo en cuenta que en las rutas previstas para este sistema los dos trenes (pasajeros y mercancías) estarán en funcionamiento simultáneamente, pudiendo finalizar su propio trayecto en diferentes tiempos. También se llevará un control del tiempo de retraso causado si los trenes no llegan a su destino en el tiempo previsto de ruta.
- La comunicación entre las dos estaciones se efectuará de forma automatizada, de forma que el CTC o sistema de control de tráfico centralizado tendrá el control y todos los datos de ambas estaciones en tiempo real, por lo que el Jefe de Control dispondrá de toda la información posible a tiempo para tomar las decisiones acertadas en cualquier momento.
- Para que el Jefe de Control visualice y controle todo el sistema, se creará un software de control Scada que será el interface principal de comunicación persona-sistema. Este interface permitirá al Jefe de Control establecer el modo del sistema en automático, manual o manual/libre, dependiendo de la situación en la que se encuentre.

- El interface de usuario deberá ser muy sencillo de utilizar, de forma que el interfaz sea muy intuitivo y las tareas más complicadas se resuelvan de forma rápida y segura. El Jefe de Control deberá ser capaz de manejar cualquier aspecto del sistema de una forma cómoda y con la mayor seguridad posible, ya que sus acciones influirán directamente en el funcionamiento del sistema, con la responsabilidad que ello conlleva.
- Desarrollo de aplicación software para el reconocimiento de obstáculos en los tramos de vía del trayecto ferroviario: Se desarrolla aplicación para detectar posibles obstáculos en los tramos de vía por los que pasa el convoy. Esta aplicación recoge la imagen de una cámara que graba en vídeo y toma fotografías de varios puntos del trayecto. La gerencia que se ocupa de la explotación del sistema ferroviario ha identificado algunos puntos negros o de gran concentración de accidentes en el trayecto, debido a que son puntos especialmente vulnerables a la deposición de objetos extraños u obstáculos atravesados en la vía de paso del convoy. Puesto que el sistema actual no dispone de ningún método automático de detección de tales eventos, esta aplicación software proporciona una mejora de la situación actual ayudando en la detección precoz de obstáculos e incrementando por ello el nivel de seguridad de todo el sistema. La aplicación, en el momento de la detección de un obstáculo en la vía, informa automáticamente al centro de control de tráfico ferroviario (CTC), y, a su vez, éste, ya sea de forma automática por el sistema o de forma semi-automática gracias al personal humano del CTC, se ocupa de avisar al maquinista del tren sobre el suceso para que tome las medidas oportunas, como parar el tren en condiciones de seguridad óptimas antes de llegar a la zona obstaculizada. Así mismo, la información suministrada por esta aplicación hace posible que el CTC disponga las medidas de seguridad necesarias sobre el trayecto como son señalización, cambios de aguja de vías (accionamiento de desvíos), etc. Si el CTC está en funcionamiento automático y autónomo, se convierte en el encargado de gestionar control y seguridad bajo estas nuevas condiciones, mientras que, si el sistema está en modo manual, puede dejar ciertas decisiones y maniobras de control al maquinista “humano”.

La aplicación se desarrolla utilizando técnicas avanzadas de procesado de imagen e inteligencia artificial, que bien a través de sistemas de detección de contornos y extracción de características o bien mediante técnicas de reconocimiento de patrones en imágenes, es capaz de informar de la detección de obstáculos en la vía.

- Ventajas de esta aplicación software: Una alternativa para la detección de obstáculos en vía es el posicionamiento estratégico de barreras sensoricas especiales, lo que conlleva un alto coste económico y es capaz de cubrir zonas muy limitadas del tramo de vía. La adquisición de una cámara y la aplicación software tienen un coste bastante más reducido si lo comparamos con el sensor físico, a la vez que es capaz de incrementar la zona de detección sin coste añadido.

Por otra parte, se tiene experiencia básica en procesado digital de imagen, con lo que el tiempo de desarrollo de la aplicación software disminuye lo suficiente como para que salga rentable incluirla en la planificación de este proyecto.
- Inconveniente: Es necesario comprobar la fiabilidad del método mediante una batería de pruebas en la maqueta de simulación ferroviaria.
- Desarrollo de aplicación software para la ayuda al mantenimiento preventivo de los componentes del sistema ferroviario: Se ha tomado la decisión de desarrollar un software que permita detectar de forma preventiva posibles desperfectos en la infraestructura ferroviaria, ya sea en señalización, cambios de agujas en la vía, convoy, etc. Utilizando técnicas de procesado de imagen e inteligencia artificial pueden detectarse parte de estos desperfectos que, en el peor de los casos, pueden ser la causa de accidentes y poner en riesgo la vida de las personas a bordo de los trenes o incluso en las instalaciones de la propia infraestructura.

Si el sistema se encuentra en modo automático, será el encargado de determinar si los desperfectos en el material de la infraestructura imposibilitan la puesta en funcionamiento del sistema, como, por ejemplo, la puesta en marcha de un determinado convoy. Si el sistema está en modo manual, tanto el personal humano del CTC como el propio maquinista del convoy decidirán si se puede iniciar el trayecto en condiciones óptimas de seguridad.

- Ventajas de la aplicación: Mejora de la utilización de recursos humanos en cuanto a tareas de mantenimiento se refiere, ya que puede disminuir el tiempo invertido por los operarios de mantenimiento de la infraestructura en tareas de supervisión del material. Por otra parte, puede ayudar a disminuir el número de accidentes del personal de mantenimiento al revisar el material y, por supuesto, disminuir el número de incidencias y posibles accidentes durante el trayecto del convoy.

Se tiene experiencia básica en procesamiento digital de imagen y es una aplicación que tiene contenido común con la aplicación de detección de obstáculos, con lo que el tiempo de desarrollo de la aplicación software disminuye lo suficiente como para que salga rentable incluirla en la planificación de este proyecto.

- Inconvenientes: Es necesario comprobar la fiabilidad del método mediante una batería de pruebas en la maqueta de simulación ferroviaria.

Un ejemplo de técnicas de procesamiento de imagen para, en este caso, detección de desperfectos en el material rodante de una máquina de tren es el siguiente:

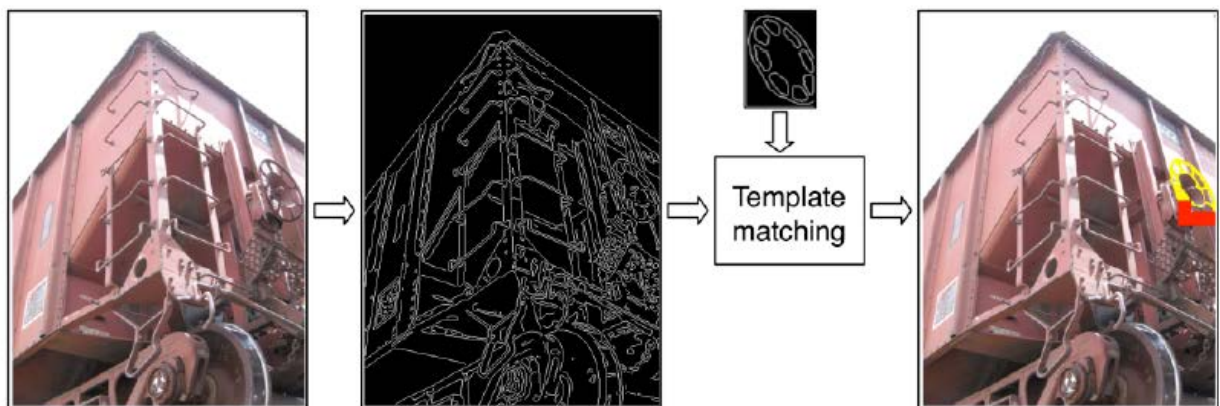


Figura 1. Detección de rueda de freno deformada mediante técnicas de detección de contornos y reconocimiento de patrones. [1]

- Desarrollo de una aplicación que permita gestionar la obtención de datos del Scada. Esta aplicación, permitirá controlar el inicio o paro, de la obtención de datos del Scada y permitirá acceder al gráfico en la web, donde se representará el Scada de la maqueta, que se actualizará de forma automática, dependiendo de los datos que se obtengan del Scada.
- Desarrollo de una página web, en la que se podrá ver todos los datos obtenidos del Scada, es decir, se podrá ver el estado de los sensores, de los semáforos, de los desvíos, también se podrá visualizar, la velocidad de los trenes, el voltaje que la salida analógica del autómatas está dando al mando de control del sistema digital que controla al tren, tanto el de mercancías, como el de pasajeros. También se podrá ver el estado del sistema (ON, OFF), y si el sistema está en manual, manual libre o automático. En la página web, además, se podrá obtener información de las rutas de los trenes, de los trenes que hay en la flota, y de las estaciones que hay en las rutas de viaje.

1.3. Enfoque y método seguido

En este proyecto se utiliza como metodología para el ciclo de vida del producto el método “Systems Development Life Cycle” (SDLC). En el contexto de este proyecto concreto, la adopción de esta metodología permite obtener el prototipo hardware como producto base y las distintas herramientas software para poner a prueba las soluciones tecnológicas propuestas en el proyecto. SDLC propone una serie de fases cuyo objetivo es obtener un producto final que, en el caso de este proyecto, consta de una combinación de elementos hardware y software, pasando para ello de la planificación y captura de requisitos a la obtención del propio prototipo en las últimas fases del ciclo de vida propuesto por esta metodología. El ciclo de vida SDLC que se va a seguir en este proyecto es el siguiente:

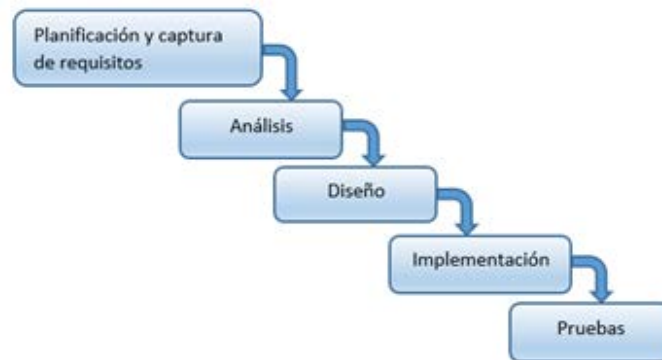


Figura 2. Fases del ciclo de vida de la metodología SDLC propuestas para este proyecto

- **Planificación y captura de requisitos:** En esta fase se revisa y profundiza en la documentación de especificaciones, obtención de requisitos y planificación del proyecto. Se trata de reconocer los hitos y hechos más importantes en el proyecto y situarlos en el tiempo previsto para llevarlo a cabo.
- **Análisis:** Se define en que consiste el proyecto que se va a realizar. Se recopila la información necesaria para realizar el desarrollo de la aplicación. Se analizan los requisitos iniciales y las necesidades funcionales para obtener la mejor solución para el desarrollo.
- **Diseño:** Se define como va a ser el producto que se va a desarrollar. Se define las funcionalidades que el usuario podrá utilizar sobre el producto y los componentes técnicos que lo forman. Se definen los casos de uso que permiten cubrir las acciones a realizar en el sistema. Se define la arquitectura y el modelo de la base de datos a implementar.
- **Implementación:** Se realiza la programación de la aplicación diseñada. El montaje de la maqueta y los PLCs, sobre los que se va a aplicar el desarrollo.
- **Pruebas:** Se realizan pruebas de funcionamiento para determinar errores y poder corregirlos.

1.4. Planificación del Trabajo

Teniendo en cuenta la metodología a seguir, la distribución del contenido de las entregas se ha realizado de la siguiente forma:

Nombre de tarea	Comienzo	Fin
PEC1 - Planificación	jue 22/09/16	mié 05/10/16
Analisis de necesidades a cubrir	jue 22/09/16	jue 22/09/16
Definir el objetivo y funcionalidades del proyecto	vie 23/09/16	vie 23/09/16
Elaboración de un primer listado de requisitos	sáb 24/09/16	sáb 24/09/16
Analisis de Riesgos	lun 26/09/16	lun 26/09/16
Descripción de la metodología a emplear	mar 27/09/16	mar 27/09/16
Elaboración de la planificación temporal de forma detallada	mié 28/09/16	jue 29/09/16
Elaboración del documento de plan de trabajo (PEC1)	vie 30/09/16	mié 05/10/16
HITO: Entrega PEC1	mié 05/10/16	mié 05/10/16
PEC2- Analisis y diseño	jue 06/10/16	mié 09/11/16
Analisis final de los requisitos	jue 06/10/16	jue 06/10/16
Definición de los actores	vie 07/10/16	vie 07/10/16
Especificación de los casos de uso	vie 07/10/16	lun 10/10/16
Creación de los diagramas UML	mar 11/10/16	sáb 15/10/16
Diseño del layout de la maqueta ferroviaria en escala H0.	dom 16/10/16	dom 16/10/16
Diseño de la interfaz de la aplicación. Diseño de las pantallas HMI	lun 17/10/16	vie 21/10/16
Diseño de la web	sáb 22/10/16	mar 25/10/16
Estudio de los sistemas hardware/software necesarios para desarrollar el sistema automatizado.	mié 26/10/16	vie 28/10/16
Elaboración del presupuesto	sáb 29/10/16	lun 31/10/16
Elaboración del documento de Análisis de requisitos y Diseño (PEC2)	mar 01/11/16	lun 07/11/16
HITO: Entrega PEC2	mié 09/11/16	mié 09/11/16
PEC3 - Implementación	jue 10/11/16	vie 23/12/16
Montaje de la maqueta ferroviaria	jue 10/11/16	jue 10/11/16
Montaje de los dispositivos de señalización de la maqueta (semáforos, desvíos, sensores).	jue 10/11/16	vie 11/11/16
Cableado de los autómatas y todo el hardware empleado para desarrollar el control automatizado.	sáb 12/11/16	lun 14/11/16
Instalación del software necesario	mar 15/11/16	mar 15/11/16
Programación de los autómatas de control.	mié 16/11/16	mié 23/11/16
Desarrollo de las pantallas HMI, evaluación de usabilidad y experiencia de usuario	mié 23/11/16	sáb 26/11/16
Desarrollo de la página web	dom 27/11/16	vie 02/12/16
Implementación de la aplicación software de detección de obstáculos en la vía.	sáb 03/12/16	sáb 10/12/16
Implementación de la aplicación software para la ayuda al mantenimiento preventivo de los componentes del sistema ferroviario	sáb 10/12/16	mié 14/12/16
Pruebas y correcciones	jue 15/12/16	vie 16/12/16
Elaboración del documento de Implementación (PEC3)	sáb 17/12/16	vie 23/12/16
HITO: Entrega PEC3	vie 23/12/16	vie 23/12/16
Documentación Final	sáb 24/12/16	jue 12/01/17
Recopilación de la información de los documentos creados en las fases anteriores.	sáb 24/12/16	sáb 24/12/16
Elaboración del documento de la memoria del TFG.	dom 25/12/16	mié 04/01/17
Elaboración de la presentación del TFG.	jue 05/01/17	mar 10/01/17
Últimas correcciones	mié 11/01/17	jue 12/01/17
Entrega final	jue 12/01/17	jue 12/01/17
Proceso Tribunal. Debate	mié 18/01/17	mié 25/01/17

Figura 3. Planificación temporal del proyecto.

Diagrama de Gantt

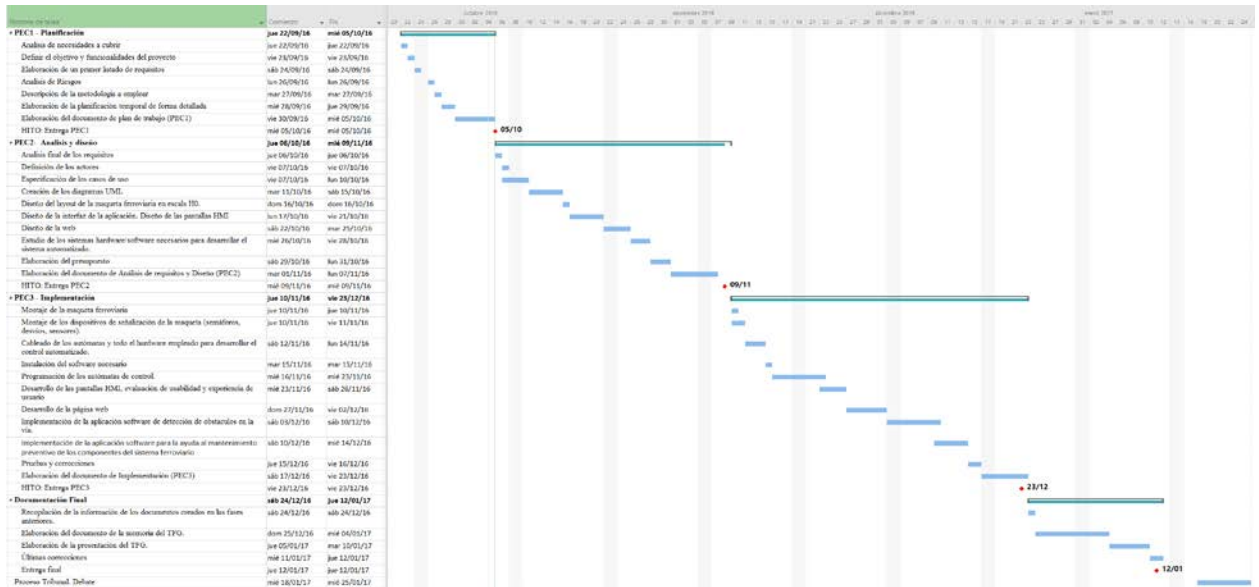


Figura 4. Diagrama de Gantt

1.5. Breve resumen de productos obtenidos

Se ha realizado la planificación temporal, el análisis, el diseño y la implementación de la aplicación, obteniendo como resultado para entregar:

- Aplicación Scada de control del sistema ferroviario de la maqueta.
- Aplicación de detección de obstáculos en la vía.
- Aplicación de mantenimiento preventivo.
- Aplicación web
- Memoria y presentación del proyecto

1.6. Breve descripción de los otros capítulos de la memoria

En los siguientes capítulos se va a mostrar:

- Análisis: especificación de los requisitos del sistema, detalle de los actores y casos de uso asociados, así como la especificación de los diferentes diagramas.
- Diseño: Detalle de diseño de las diferentes pantallas de la aplicación
- Implementación: Se muestra el resultado de la implementación, detalle de la tecnología utilizada, tanto software como hardware.
- Pruebas: Detalle de las pruebas realizadas sobre la aplicación.
- Valoración económica. Coste económico estimado de la implementación del proyecto.

- Conclusiones: Conclusiones a las que se ha llegado después de realizar el proyecto.
- Glosario: Definición de los términos y acrónimos más relevantes utilizados dentro de la memoria del proyecto.
- Bibliografía: Lista numerada de las referencias bibliográficas utilizadas dentro de la memoria del proyecto.
- Anexos: Lista de documentos adjuntos a la memoria.

2. Análisis

2.1. Definición de los actores.

Se detalla la lista de actores del proyecto y una descripción general sobre el rol jugado:

- **Jefe Control:** Es el encargado de establecer las rutas de los trenes y de controlar todo el sistema ferroviario. Puede realizar las acciones él mismo de forma manual, (modos Manual y Manual/Libre) o permitiendo que el sistema de automatización tome todo el control (modo Automático). Esto lo hará siempre desde las instalaciones del CTC (centro de control de tráfico centralizado).
- **Sistema CTC:** Es el sistema de Control de Tráfico Centralizado. Se encarga de controlar todo el sistema cuando el Jefe de Control pone modo Automático y también se encarga de supervisar y realizar las acciones que el Jefe de Control necesita cuando se ajusta el modo Manual o Manual/Libre.
- **Maquinista:** Se encarga de monitorizar el estado del tren (en modos Manual, Manual/Libre y Automático), y de controlar el estado del tren (sólo en los modos Manual y Manual/Libre).
- **Administrador.** Se encarga principalmente del buen funcionamiento de la aplicación, así como de la gestión de nuevas estaciones, rutas, trenes y datos Scada. Para ello podrá visualizar los datos de todas las tablas existentes en el gestor de bases de datos, así como modificarlos o eliminarlos.
- **Usuario web.** El usuario web, podrá visualizar los datos de las pantallas existentes, es decir, podrá obtener un listado, tanto de las estaciones, de la flota de trenes, de las rutas y de los datos Scada.

2.2. Requisitos del producto

Se va a detallar la obtención de requisitos del producto. Se pueden clasificar en requisitos funcionales, los cuales se refieren a la funcionalidad que el sistema debe proporcionar y los datos que debe manejar, y requisitos no funcionales que indican las cualidades o restricciones que el sistema debe cumplir.

2.2.1. Requisitos funcionales

- El Jefe de control debe poder realizar un control de las rutas.
- El Jefe de control debe poder realizar altas, bajas y modificaciones de rutas en el sistema.
- El Jefe de control debe poder realizar el control de errores en el sistema, tanto a nivel manual como a nivel semi-automático.

- El Jefe de control debe poder realizar la monitorización y control del sistema automatizado para comprobar su correcto funcionamiento.
- El maquinista debe poder realizar el control del tren, tanto de su estado, como su velocidad y control de horario en ruta, cuando el sistema se encuentre en modo Manual.
- El maquinista debe poder monitorizar el estado del tren y la velocidad en cualquier situación.
- El Jefe de control podrá activar el envío de mensajes a móvil, mediante un modem GSM, dependiendo de las situaciones que se den en la circulación de la maqueta ferroviaria.
- El Jefe de control podrá activar la detección de obstáculos en la vía dentro del recorrido.
- El Jefe de control podrá realizar el mantenimiento preventivo de los componentes del sistema ferroviario.
- El administrador de la aplicación podrá iniciar o detener la obtención de los datos del Scada.
- El administrador de la aplicación podrá ver el estado del sistema, si está en ON o en OFF
- El usuario web y el administrador podrán obtener información de las rutas de los trenes que hay en la flota, y de las estaciones que hay en las rutas de viaje.
- El administrador podrá hacer modificaciones en las rutas, en los trenes que hay en la flota, y en los datos de las estaciones.
- El usuario web y el administrador de la aplicación podrán visualizar todos los datos obtenidos del Scada (estado de los sensores, semáforos, desvíos).
- El usuario web y el administrador de la aplicación podrán visualizar la velocidad de los trenes, el voltaje de la salida analógica del autómatas está dando al mando de control del sistema digital.

2.2.2. Requisitos no funcionales

- El sistema automatizado debe ser capaz de ejecutar las acciones de control en, prácticamente, “tiempo real”, además de asegurar un altísimo porcentaje de seguridad y fiabilidad en las transacciones de datos que se lleven a cabo con el sistema. También es indispensable mantener al sistema en un estado estable y con una alta condición de seguridad global, que evitará cualquier tipo de error o catástrofe.
- El interface de usuario deberá ser muy sencillo de utilizar, para personas poco familiarizadas con la informática, de forma que el interfaz sea muy intuitivo y las tareas más complicadas se resuelvan de forma transparente para el usuario del sistema.
- El hardware de control debe ser capaz de manejar todo el sistema ferroviario que se pretende automatizar.
- El sistema operativo de los usuarios finales de la aplicación será de la familia Microsoft Windows en sus versiones Windows 7 y Windows 8.1 (siendo estos sistemas marca registrada por Microsoft Corporation).
- El hardware en el que se debe ejecutar el programa está basado en un PC Standard, el cual puede proveerse de una configuración típica estándar sin que por ello merme el rendimiento global del sistema.

- El coste total del proyecto no debe superar los 79.000 €(IVA incluido).

2.3.Relación de actores-casos de uso.

Se ha creado una lista con los principales casos de uso y la relación existente con cada actor. Se puede ver de forma detallada en la siguiente tabla:

Actor - Caso de uso		
Actor	Funcionalidad	Descripción
Jefe de Control	Controlar Tren	Permite realizar el control del tren cuando el sistema esta en modo Manual
Jefe de Control	Controlar Ruta	Permite realizar el control de la ruta cuando el sistema esta en modo Manual
Jefe de Control	Controlar Componentes Ferroviarios (semáforos, desvíos)	Permite realizar el control de los componentes ferroviarios, cuando el sistema esta en modo Manual
Jefe de Control	Activar Mantenimiento preventivo	Permite activar el mantenimiento preventivo cuando el sistema esta en modo Manual
Jefe de Control	Activar reconocimiento de obstáculos en la vía	Permite activar el reconocimiento de obstáculos en la vía cuando el sistema esta en modo Manual
Jefe de Control	Controlar componentes ferroviarios y sistema de control	Permite realizar el control de los componentes ferroviarios, cuando el sistema esta en modo Manual/Libre
Jefe de Control	Controlar la velocidad del tren	Permite realizar el control de la velocidad del tren cuando el sistema esta en modo Manual/Libre
Jefe de Control	Localizar tren	Permite realizar el control de la localización del tren cuando el sistema esta en modo Manual/Libre
Jefe de Control	Controlar el mantenimiento preventivo	Permite activar el mantenimiento preventivo cuando el sistema esta en modo Manual/Libre
Jefe de Control	Controlar el reconocimiento de obstáculos en la vía	Permite activar el reconocimiento de obstáculos en la vía cuando el sistema esta en modo Manual/Libre
Maquinista	Controlar la velocidad del tren	Permite realizar el control de la velocidad del tren cuando el sistema esta en modo Manual/Libre
Maquinista	Localizar tren	Permite realizar el control de la localización del tren cuando el sistema esta en modo Manual/Libre
Sistema CTC	Controlar todos los componentes ferroviarios	Permite realizar el control de los componentes ferroviarios, cuando el sistema esta en modo Automático
Sistema CTC	Controlar la velocidad del tren	Permite realizar el control de la velocidad del tren cuando el sistema esta en modo Automático
Sistema CTC	Localizar tren	Permite realizar el control de la localización del tren cuando el sistema esta en modo Automático
Sistema CTC	Controlar el mantenimiento preventivo	Permite realizar el control del mantenimiento preventivo cuando el sistema esta en modo Automático
Sistema CTC	Controlar el reconocimiento de obstáculos en la vía	Permite realizar el control del reconocimiento de obstáculos en la vía cuando el sistema esta en modo Automático
Administrador	Validar Usuario	Permite validarse.
Administrador	Crear tren	Permite dar de alta un nuevo tren
Administrador	Editar tren	Permite modificar un tren
Administrador	Borrar tren	Permite eliminar un tren
Administrador	Ver tren	Permite visualizar un tren
Administrador	Crear ruta	Permite dar de alta una nueva ruta
Administrador	Editar ruta	Permite modificar una ruta
Administrador	Borrar ruta	Permite eliminar una ruta
Administrador	Ver ruta	Permite visualizar una ruta
Administrador	Crear estación	Permite dar de alta una nueva estación
Administrador	Editar estación	Permite modificar una estación
Administrador	Borrar estación	Permite eliminar una estación
Administrador	Ver estación	Permite visualizar una estación
Administrador	Crear dato Scada	Permite la obtención de datos del Scada
Usuario	Visualizar información de los trenes	Permite la visualización de la información existentes de los trenes
Usuario	Visualizar información de las estaciones	Permite la visualización de la información existentes de las estaciones
Usuario	Visualizar información de las rutas	Permite la visualización de la información existentes de las rutas
Usuario	Visualizar 'datos Scada'	Permite la visualización de los 'datos Scada' existentes

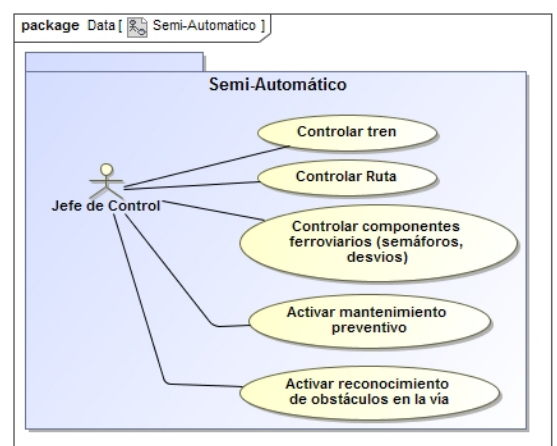
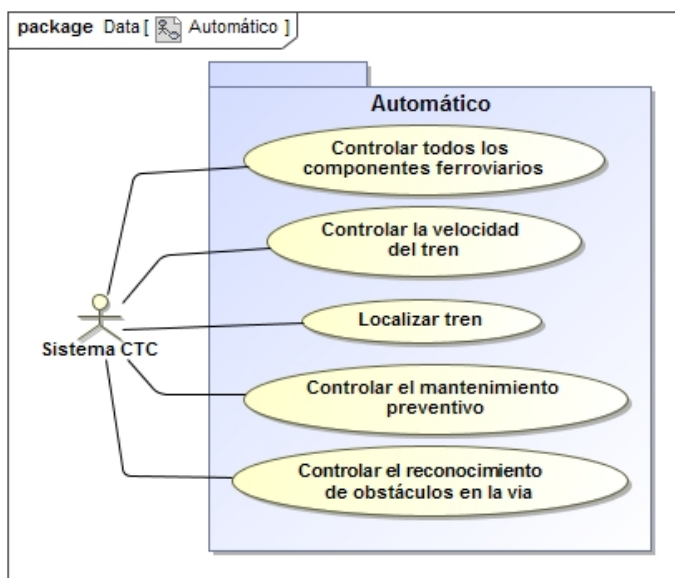
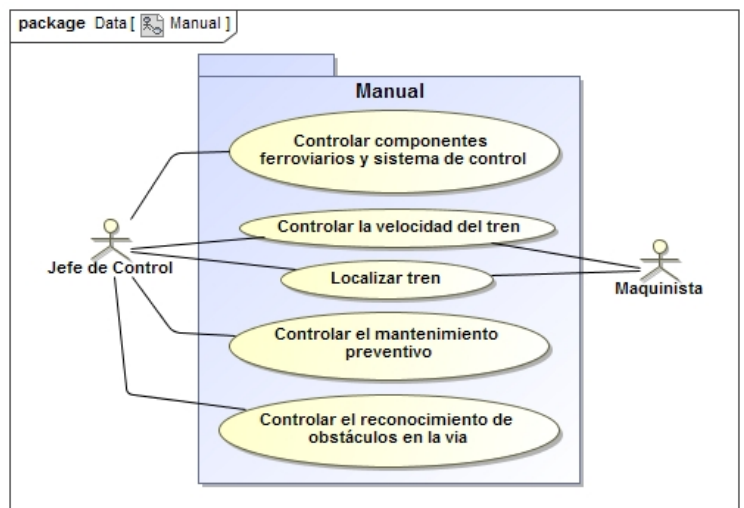
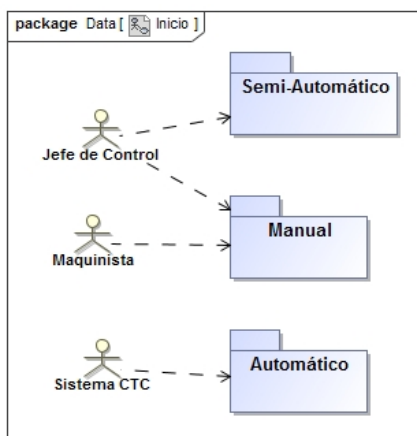
2.4. Diagramas de casos de uso.

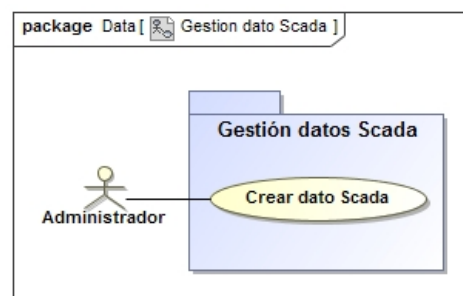
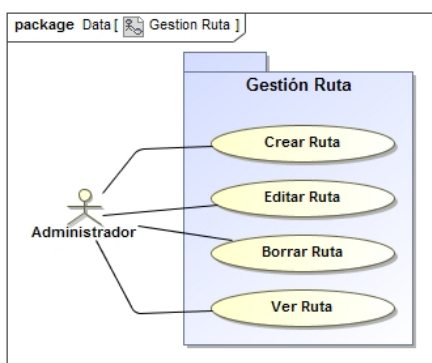
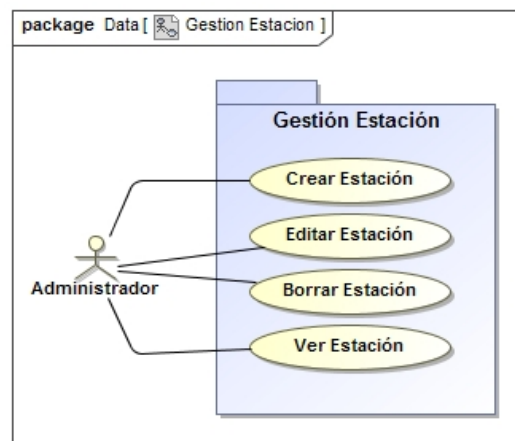
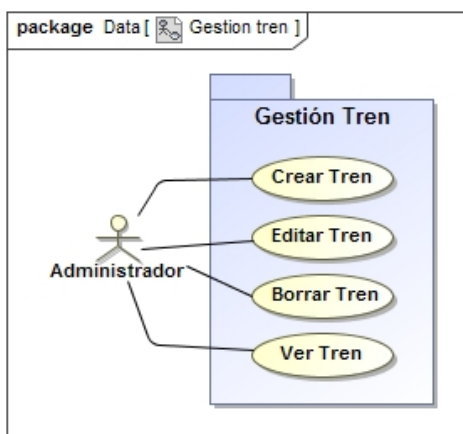
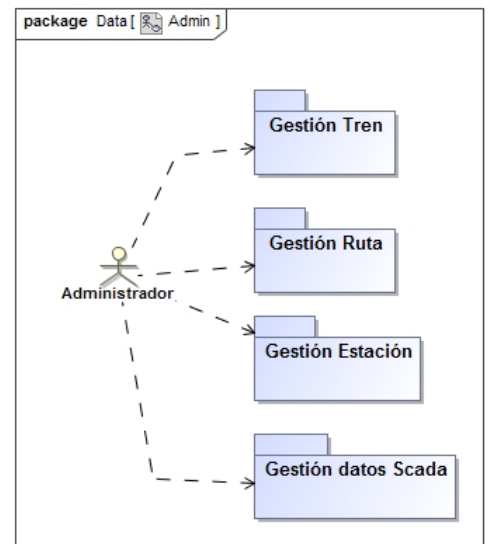
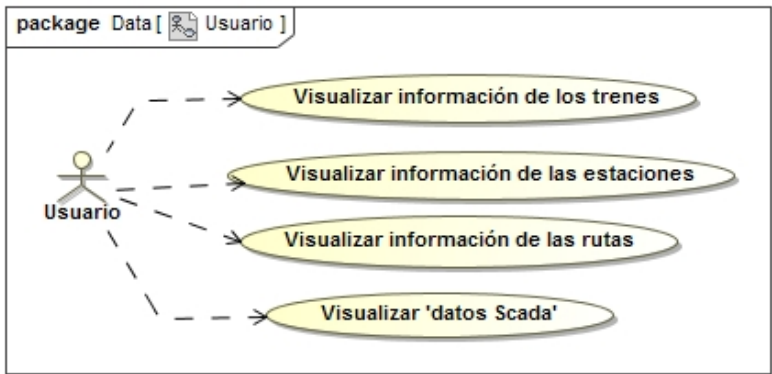
A continuación, se describe el listado de casos de uso de la aplicación jerárquicamente, comenzando desde los casos de uso de carácter general:

Consta de un paquete que se llamará 'Semi-Automático'. Este paquete incluye aquellos casos de uso relacionados con la aplicación semi-automática del control del tráfico ferroviario.

Otro paquete llamado 'Manual' incluirá los casos de uso relacionados con la aplicación Manual del control del tráfico ferroviario. Este sistema será completamente libre, permitiendo el control total e individual de cualquier componente del sistema ferroviario, sólo atendiendo a las acciones del Jefe de Control y sin estar sujeto a las normas de seguridad aplicables a los modos Semi-Automático y Automático.

El tercer paquete se llamará 'Automático'. Este paquete lleva el control automático del control del tráfico ferroviario, realizado por el sistema automatizado o CTC. En este modo, el CTC controlará todo el sistema ferroviario, ejecutando las acciones a través de una programación previa del mismo.





3. Diseño

Después de la fase de análisis se realiza el diseño de la aplicación que se va a implementar.

3.1. Diagrama de clases.

A continuación, se muestra el diagrama de clases definido para el proyecto.

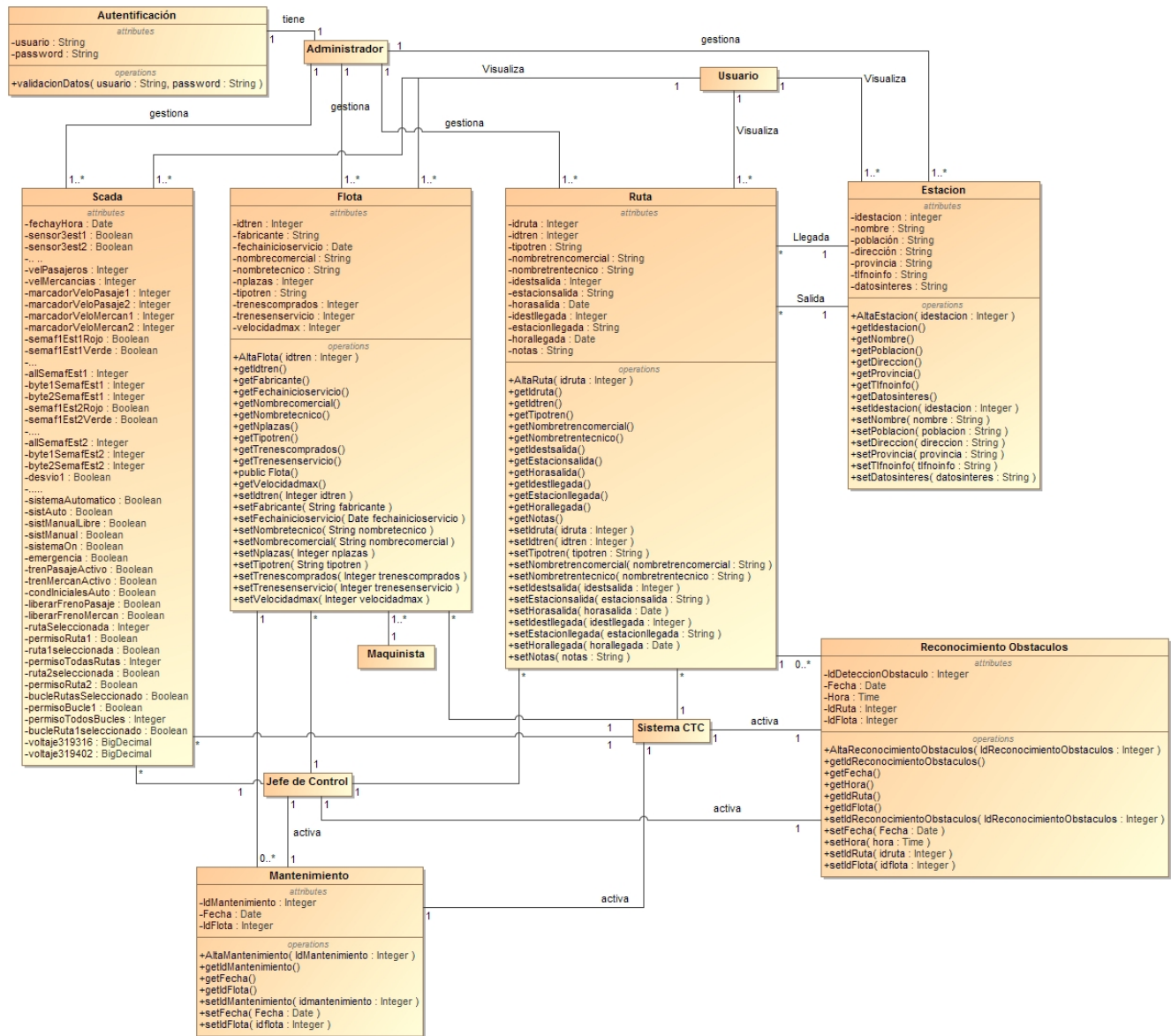


Figura 5. Diagrama de clases.

3.2. Diagrama de actividad.

Los diagramas de actividad nos permiten describir como nuestro sistema implementa su funcionalidad, modelan el comportamiento dinámico de un procedimiento, transacción o caso de uso haciendo énfasis en el proceso que se lleva a cabo.

Diagrama de actividad Crear nuevo objeto.

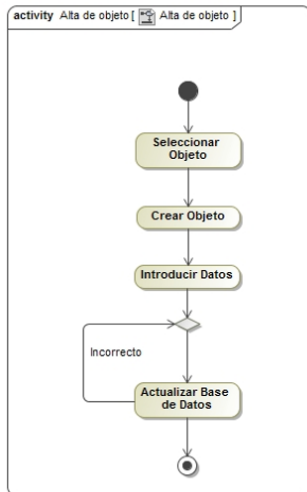


Diagrama de actividad Modificación o eliminación de un objeto.

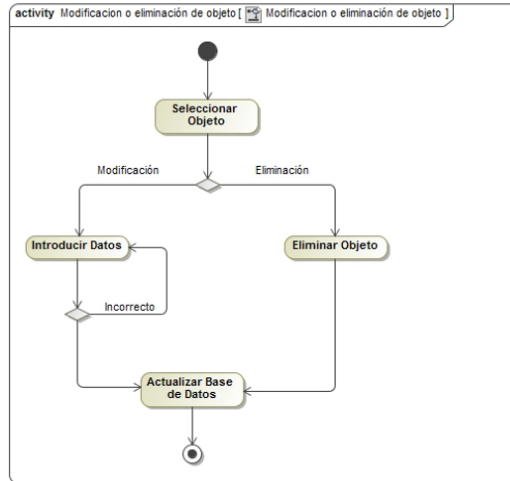
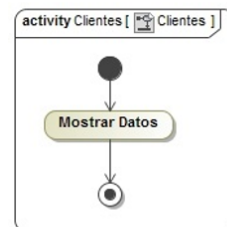


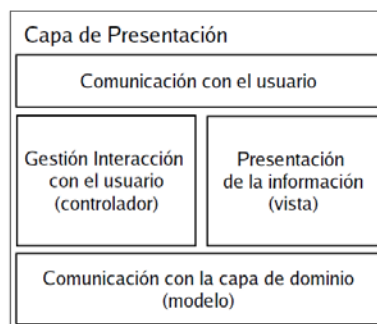
Diagrama de actividad Usuario/cliente.



3.3. Diagramas de secuencia.

Los diagramas de secuencia expresan de forma clara el envío de mensajes entre los objetos. Los diagramas, se han realizado teniendo en cuenta el patrón de arquitectura del software: Modelo, Vista, Controlador.

- El Modelo, que contiene la lógica de negocio de la aplicación. Aporta, los métodos para el manejo de datos y servicios y los Métodos para acceder al estado del sistema.
- La Vista, que muestra al usuario la información que éste necesita. Cuando el modelo cambia, la vista es informada.
- El Controlador, que recibe e interpreta la interacción del usuario, actuando sobre modelo y vista de manera adecuada para provocar cambios de estado en la representación interna de los datos, así como en su visualización.



En este caso, se va a tener en cuenta que todos y cada uno de los datos del sistema son objetos, y que todos son tratados de igual forma por el mismo, por lo tanto, los procesos para su alta, baja, modificación o ver, serán idénticos, cambiando únicamente el tipo de los mismos (estación, flota, ruta, dato scada).

Diagrama de secuencia Crear nuevo objeto.

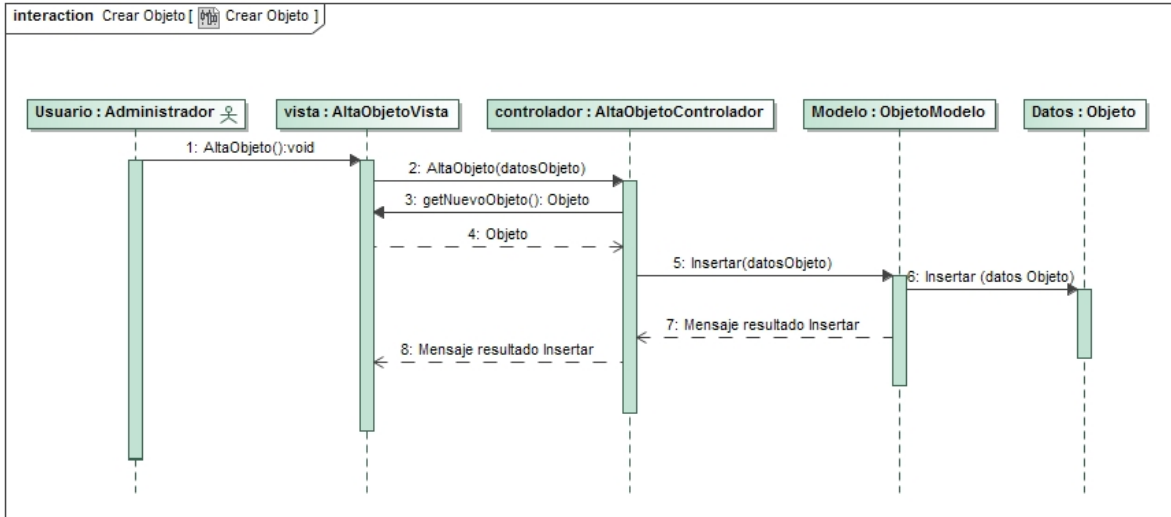


Diagrama de secuencia Borrar objeto.

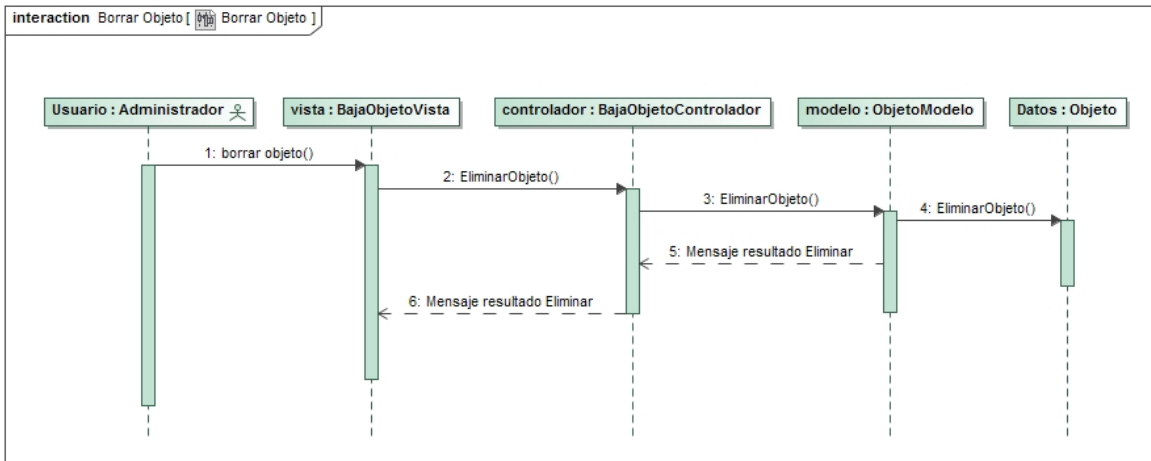


Diagrama de secuencia Editar objeto.

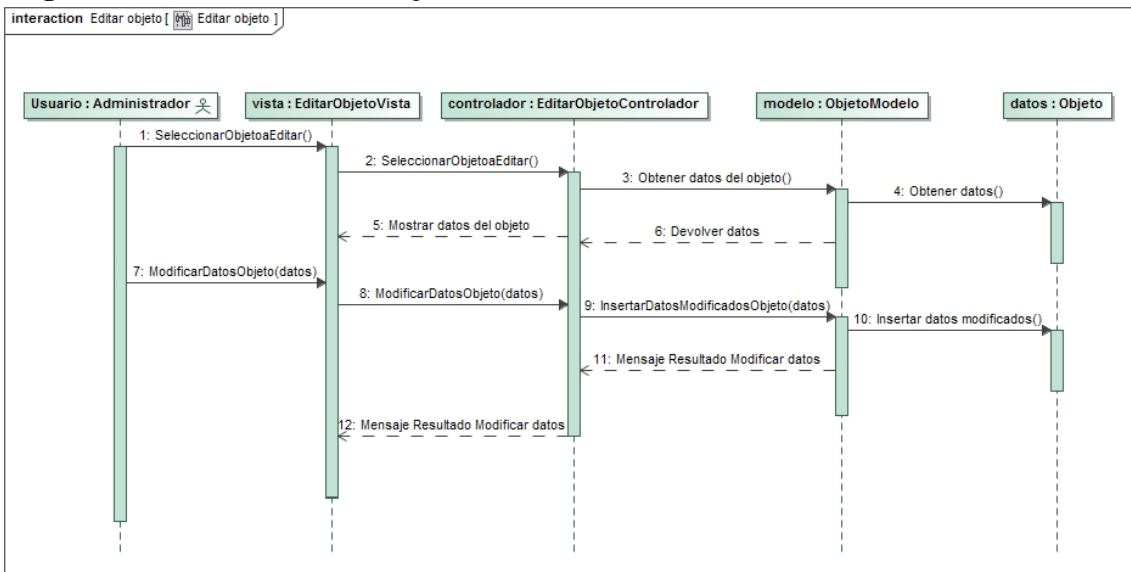


Diagrama de secuencia Ver objeto.

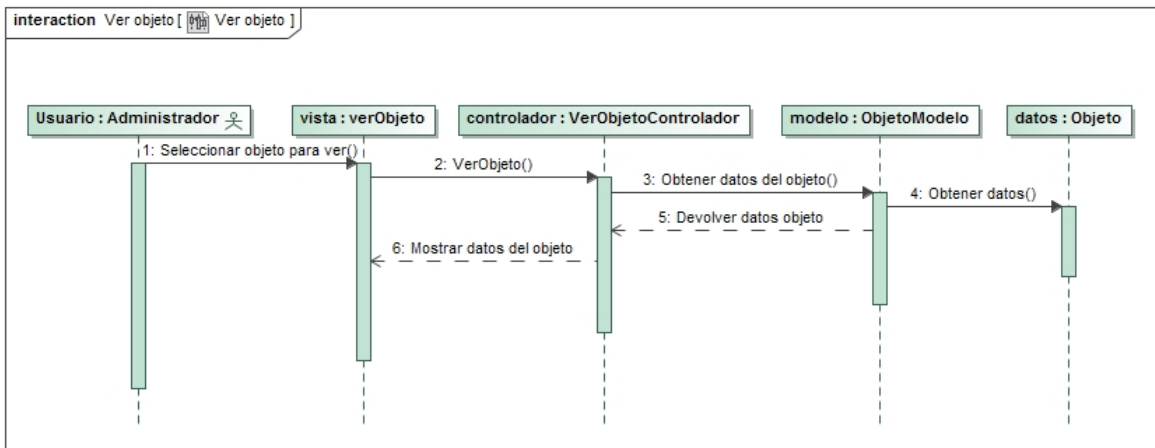
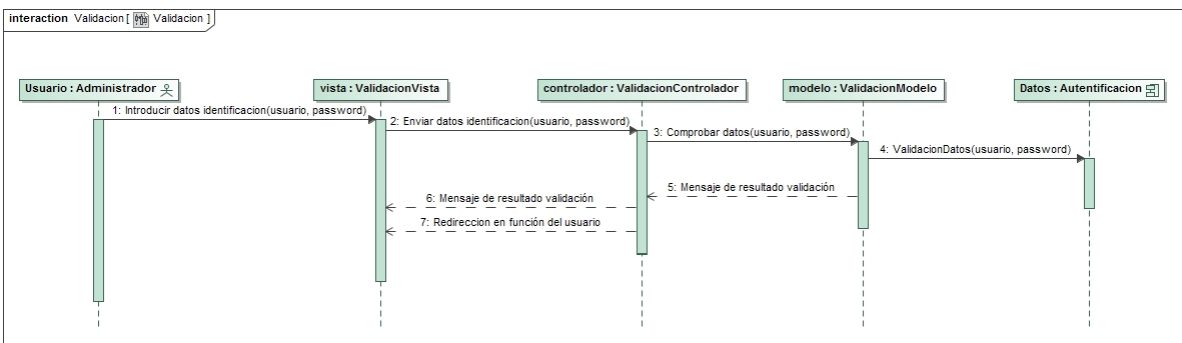


Diagrama de secuencia Validación.



3.4. Diseño de la base de datos.

La base de datos es relacional y se va a desarrollar con PostgreSQL.

A continuación, se detallan todas las tablas de la base de datos.

Tabla estación

Nombre	Tipo
idestacion	Integer
nombre	String
poblacion	String
direccion	String
provincia	String
tlfnoinfo	String
datosinteres	String

Tabla Flota

Nombre	Tipo
idtren	Integer
fabricante	String
fechainicioservicio	Date
nombrecomercial	String
nombretecnico	String
nplazas	Integer
tipotren	String
trenescomprados	Integer
trenesenservicio	Integer
velocidadmax	Integer

Tabla Ruta

Nombre	Tipo
idruta	Integer
nombreruta	String
tipotren	String
nombretrencomercial	String
nombretecnico	String
estacionsalida	String
estacionlegada	String
notas	String

Tabla Scada

Nombre	Tipo	Nombre	Tipo
idscada	Integer	semaf2Est2Verde	Boolean
fechayHora	Date	semaf3Est2Rojo	Boolean
sensor0est1	Boolean	semaf3Est2Verde	Boolean
sensor1est1	Boolean	semaf4Est2Rojo	Boolean
sensor2est1	Boolean	semaf4Est2Verde	Boolean
sensor3est1	Boolean	semaf5Est2Rojo	Boolean
sensor4est1	Boolean	semaf5Est2Verde	Boolean
sensor5est1	Boolean	semaf6Est2Rojo	Boolean
sensor6est1	Boolean	semaf6Est2Verde	Boolean
sensor7est1	Boolean	semaf7Est2Rojo	Boolean
sensor8est1	Boolean	semaf7Est2Verde	Boolean
sensor9est1	Boolean	semaf8Est2Rojo	Boolean
sensor0est2	Boolean	semaf8Est2Verde	Boolean
sensor1est2	Boolean	semaf9Est2Rojo	Boolean
sensor2est2	Boolean	semaf9Est2Verde	Boolean
sensor3est2	Boolean	semaf10Est2Rojo	Boolean
sensor4est2	Boolean	semaf10Est2Verde	Boolean
sensor5est2	Boolean	allSemafEst2	Integer
sensor6est2	Boolean	byte1SemafEst2	Integer
sensor7est2	Boolean	byte2SemafEst2	Integer
sensor8est2	Boolean	desvio1	Boolean
sensor9est2	Boolean	desvio2	Boolean
velPasajeros	Integer	desvio3	Boolean
velMercancias	Integer	desvio4	Boolean
marcadorVeloPasaje1	Integer	desvio5	Boolean
marcadorVeloPasaje2	Integer	desvio6	Boolean
marcadorVeloMercan1	Integer	sistemaAutomatico	Boolean
marcadorVeloMercan2	Integer	sistAuto	Boolean
semaf1Est1Rojo	Boolean	sistManualLibre	Boolean
semaf1Est1Verde	Boolean	sistManual	Boolean
semaf2Est1Rojo	Boolean	sistemaOn	Boolean
semaf2Est1Verde	Boolean	emergencia	Boolean
semaf3Est1Rojo	Boolean	trenPasajeActivo	Boolean
semaf3Est1Verde	Boolean	trenMercanActivo	Boolean
semaf4Est1Rojo	Boolean	condInicialesAuto	Boolean
semaf4Est1Verde	Boolean	liberarFrenoPasaje	Boolean
semaf5Est1Rojo	Boolean	liberarFrenoMercan	Boolean
semaf5Est1Verde	Boolean	rutaSeleccionada	Integer
semaf6Est1Rojo	Boolean	permisoRuta1	Boolean
semaf6Est1Verde	Boolean	ruta1seleccionada	Boolean
semaf7Est1Rojo	Boolean	permisoTodasRutas	Integer
semaf7Est1Verde	Boolean	ruta2seleccionada	Boolean
semaf8Est1Rojo	Boolean	permisoRuta2	Boolean
semaf8Est1Verde	Boolean	bucleRutasSeleccionado	Boolean
allSemafEst1	Integer	permisoBucle1	Boolean
byte1SemafEst1	Integer	permisoTodosBucles	Integer
byte2SemafEst1	Integer	bucleRuta1seleccionado	Boolean
semaf1Est2Rojo	Boolean	voltaje319316	BigDecimal
semaf1Est2Verde	Boolean	voltaje319402	BigDecimal
semaf2Est2Rojo	Boolean		

3.5. Diseño de la web.

Para la aplicación web se realiza el diseño con Java EE. La aplicación consta de tres capas:

La capa de presentación se encargará de controlar la generación del contenido que se enviará al usuario para que este interactúe con la aplicación.

La capa de presentación de la aplicación web proporciona acceso a la capa de negocio de la aplicación a los clientes que acceden por HTTP y genera las vistas con las que interactuarán los

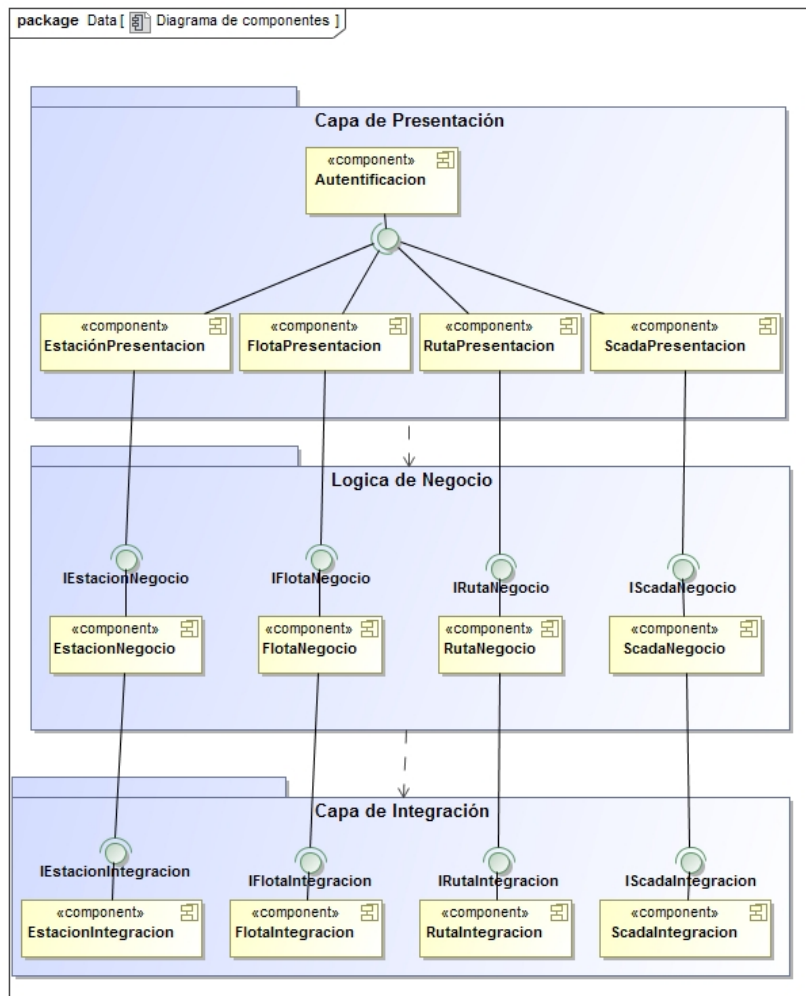
clientes. Es decir, en una arquitectura por capas, la capa de presentación se encarga de recibir las peticiones HTTP de los clientes, invocar la lógica de negocio adecuada y generar la respuesta que se envía al cliente.

La capa de negocio o capa lógica sirve de enlace entre la capa de presentación y la capa de persistencia o datos, de manera que la capa de presentación manda servicios a la base de datos y la capa de negocio se comunica con la capa de persistencia para recuperar o almacenar los datos necesarios de la base de datos.

En la capa de persistencia o datos, es en aquella donde almacenamos los datos de la aplicación.

3.5.1. Diagramas de componentes

En este apartado se van a detallar los diagramas de componentes de la aplicación web, se van a mostrar los diagramas de componentes obtenidos en el proceso de refinamiento, hasta llegar al diagrama de componentes final. Se muestran los diagramas iniciales globales y luego se muestra el refinamiento para el componente “Estación”, ya que el resto de componentes (Ruta, Flota y Scada) son similares. Los diagramas de estos componentes se muestran en el capítulo 6 del anexo.



- 1) Componente de presentación. Permite a los usuarios interactuar con la lógica de negocio, proporciona la interfaz de usuario del componente.

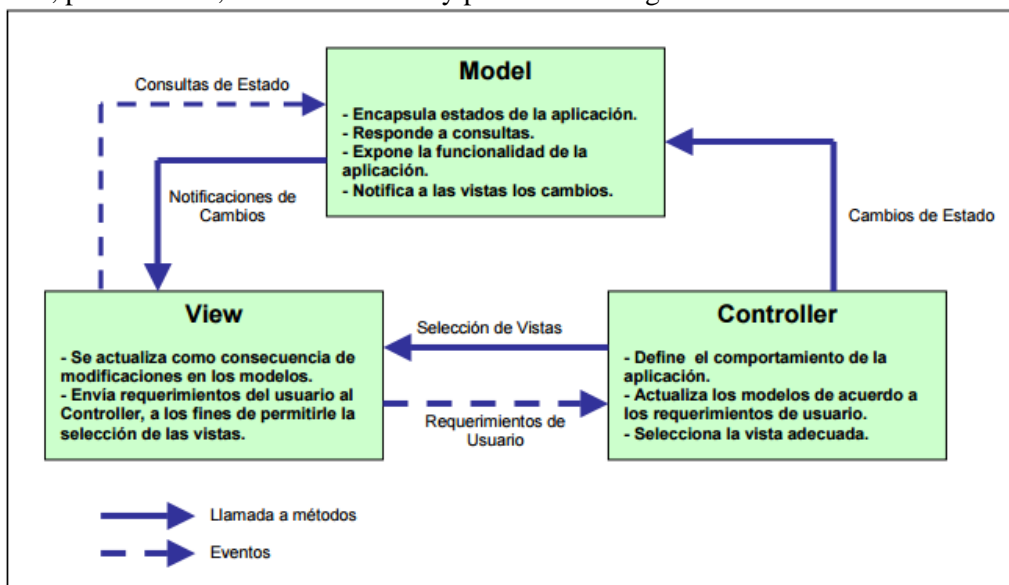
- 2) Componente de negocio. Contiene la lógica de negocio de las operaciones que los usuarios pueden efectuar con los objetos (Estación, flota, Ruta y Scada), como alta, baja, edición y ver.
- 3) Componente de integración. Contiene la lógica que permite al componente de negocio interactuar con los almacenes de datos.

Componente de presentación.

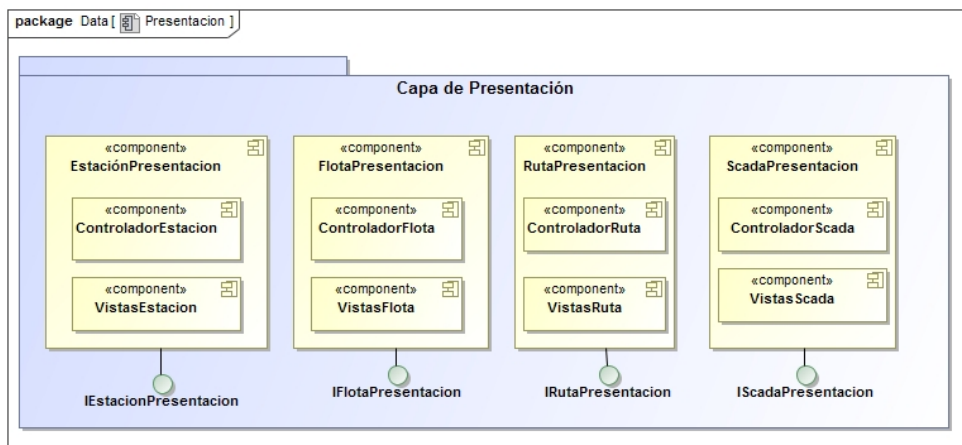
Permite a los usuarios de la aplicación interactuar con la lógica de negocio, proporciona la interfaz de usuario del componente.

El patrón de arquitectura MVC (Modelo Vista Controlador) define la organización independiente del Modelo (Objetos de Negocio), la Vista (interfaz con el usuario u otro sistema) y el Controlador (controlador del workflow de la aplicación).

De esta forma, se divide el sistema en tres capas donde, se tiene por un lado la encapsulación de los datos, por otro lado, la interfaz o vista y por último la lógica interna o controlador.

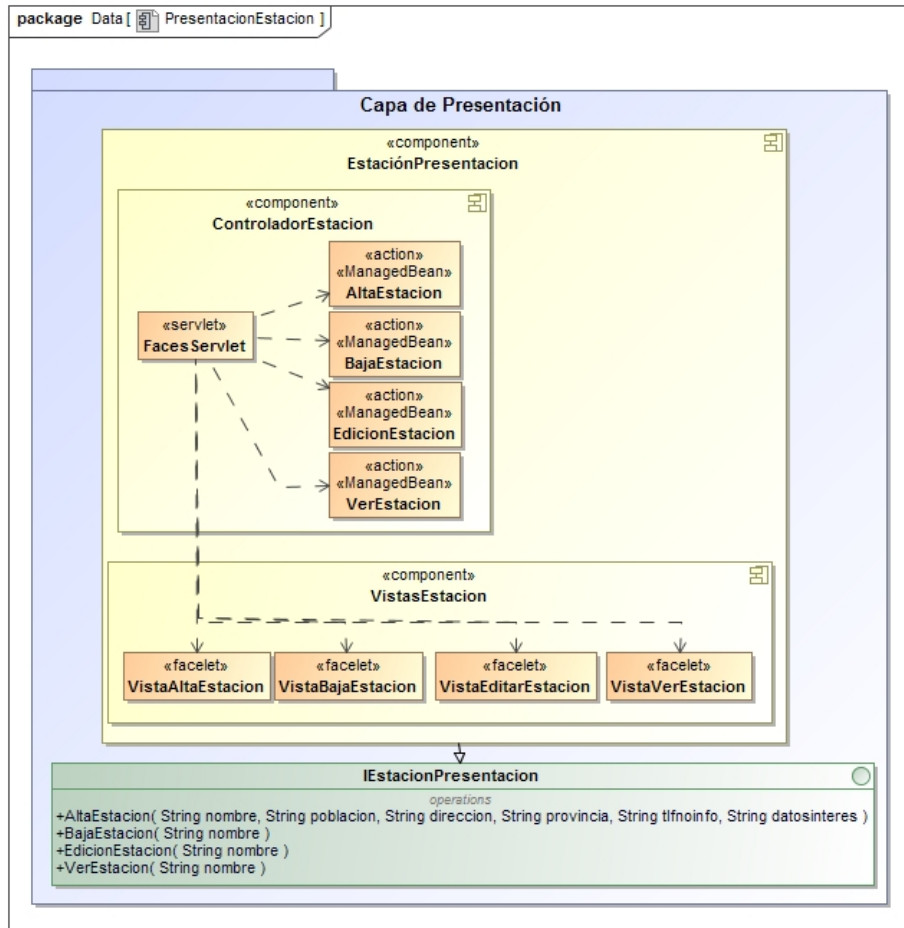


Siguiendo el patrón MVC, y suponiendo que el modelo está implementado en el componente de negocio, se puede dividir el componente de presentación en el componente que hará de controlador y el componente que hará de vista, como queda en la siguiente figura:



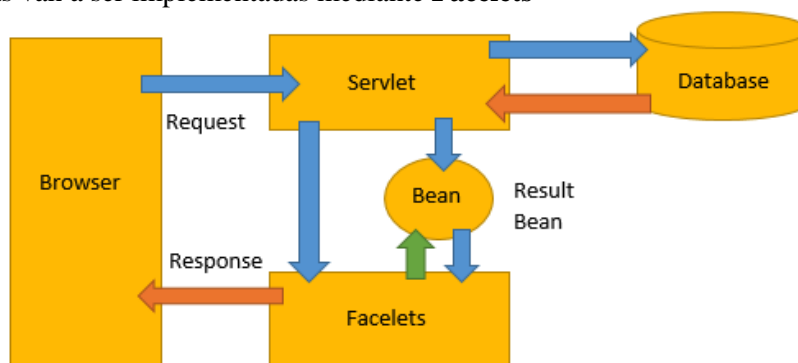
En el siguiente gráfico se puede ver, el diagrama de componentes software refinado para la capa de presentación, se puede observar el controlador de la capa (el servlet Faces Servlet), las acciones definidas con Managed Bean y las vistas implementadas mediante Facelets.

Estación



En resumen, las decisiones de diseño que se han tomado para el componente de presentación, son:

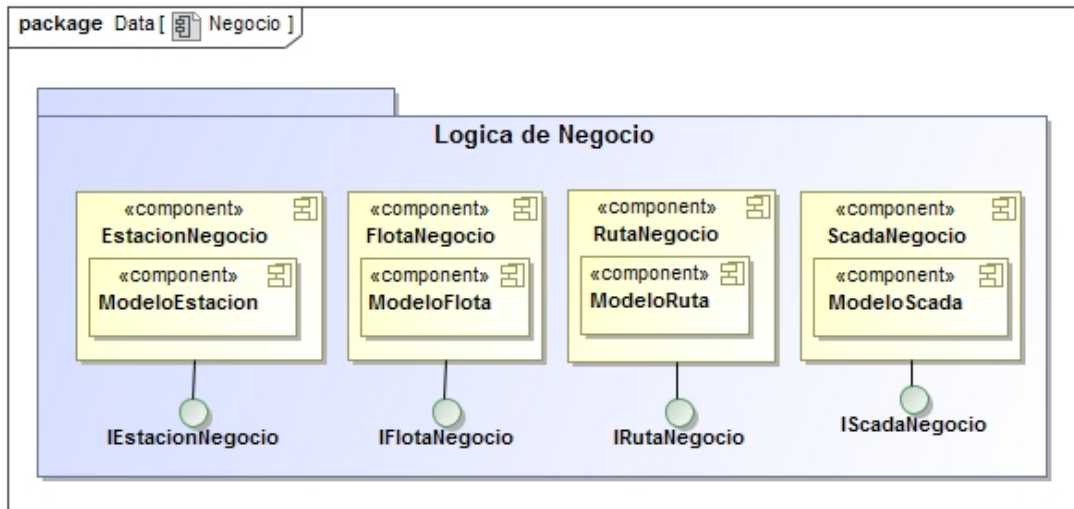
- Se utiliza el framework **Java Server Faces (JSF)** de la especificación JavaEE
- El controlador de la capa será el servlet **Faces Servlet**
- Las acciones estarán definidas con **Managed Bean**
- Vistas van a ser implementadas mediante **Facelets**



Componente de Negocio.

Contiene la lógica de negocio de las operaciones que los usuarios pueden efectuar, alta, baja, edición y ver.

Siguiendo con el patrón MVC, en la capa de negocio está implementado el modelo, como queda en la siguiente figura:



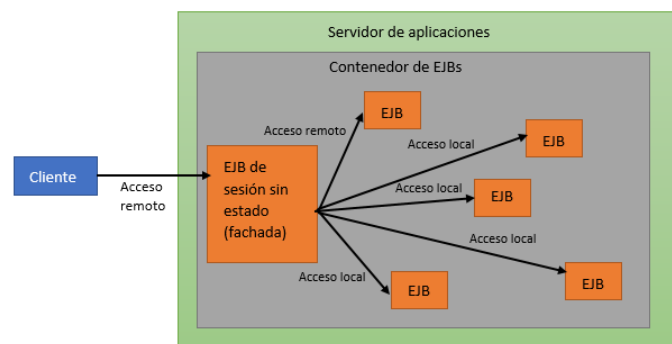
El **modelo** es el encargado de acceder a la capa de almacenamiento de datos. Lo ideal es que el modelo sea independiente del sistema de almacenamiento. También es el responsable de definir las reglas de negocio (la funcionalidad del sistema) y de llevar un registro de las vistas y controladores del sistema. El modelo se puede asociar a múltiples vistas y controladores.

En el siguiente gráfico se muestra el diagrama de componentes software refinado de la capa de negocio, que sigue un patrón Fachada (**Facade**). Las operaciones que realiza son síncronas y no tienen estado y será el contenedor JavaEE quien gestione las transacciones. De esta forma se emplea un **EJB** de sesión sin estado para que el contenedor JavaEE resuelva la complejidad de las comunicaciones remotas, el comportamiento transaccional y la gestión de la seguridad.

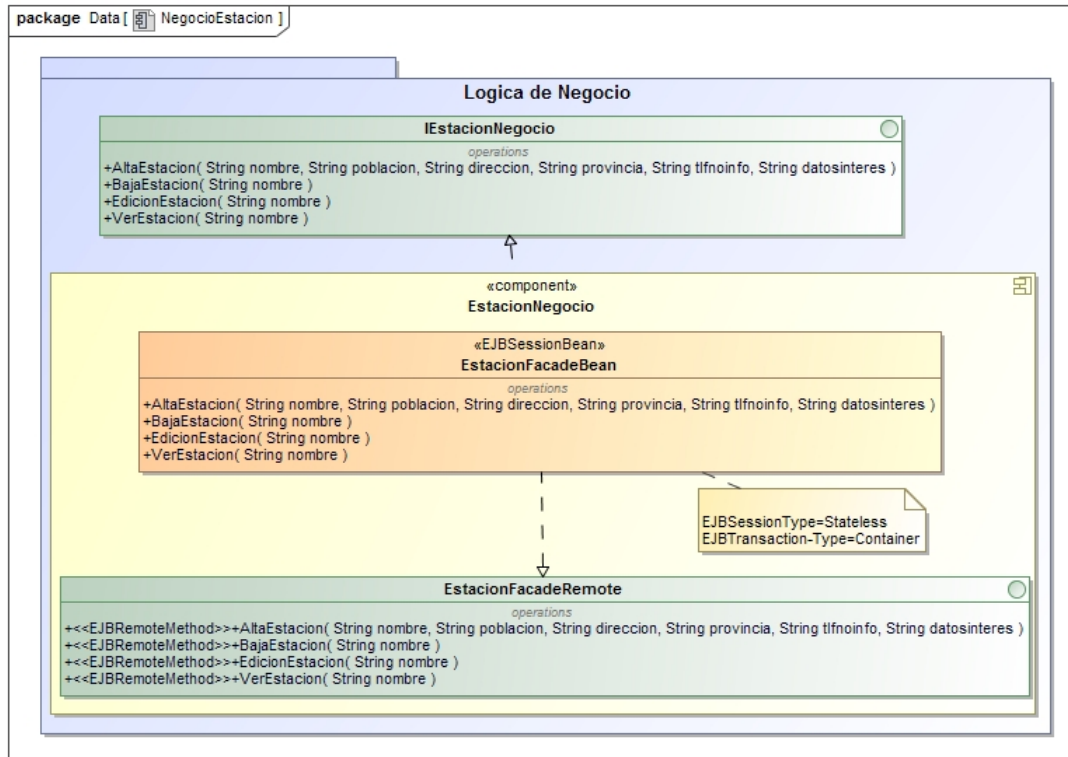
Los **EJB** son componentes de negocio distribuidos, por lo que la elección de utilizar EJB es una buena alternativa ya que nuestra aplicación es de naturaleza distribuida.

El **patrón fachada (Facade)** es importante si se usan accesos remotos a los componentes de negocio. Este patrón permite hacer solo llamadas remotas al EJB que actúa como fachada y que las llamadas de este a los componentes de negocio sean locales, de forma que se reduce el overhead inherente a las comunicaciones remotas.

La aplicación de este patrón a las aplicaciones Java EE se reduce a definir un EJB de sesión que encapsula el acceso a los objetos de negocio de la aplicación. De esta forma, los clientes solo interactuarán con este componente para hacer peticiones a la capa de negocio.



Estación



En resumen, las decisiones de diseño que se han tomado para el componente de negocio, son:

- Implementación con **EJB** de sesión sin estado con acceso remoto.
- Sigue el patrón **Facade**

Componente de Integración.

Contiene la lógica que permite al componente de negocio interactuar con los almacenes de datos.

Los datos que va a utilizar la aplicación, se encuentran en la base de datos y el sistema ofrece la funcionalidad de alta, baja, edición y ver sobre estación, flota y ruta, y la opción de ver para Scada.

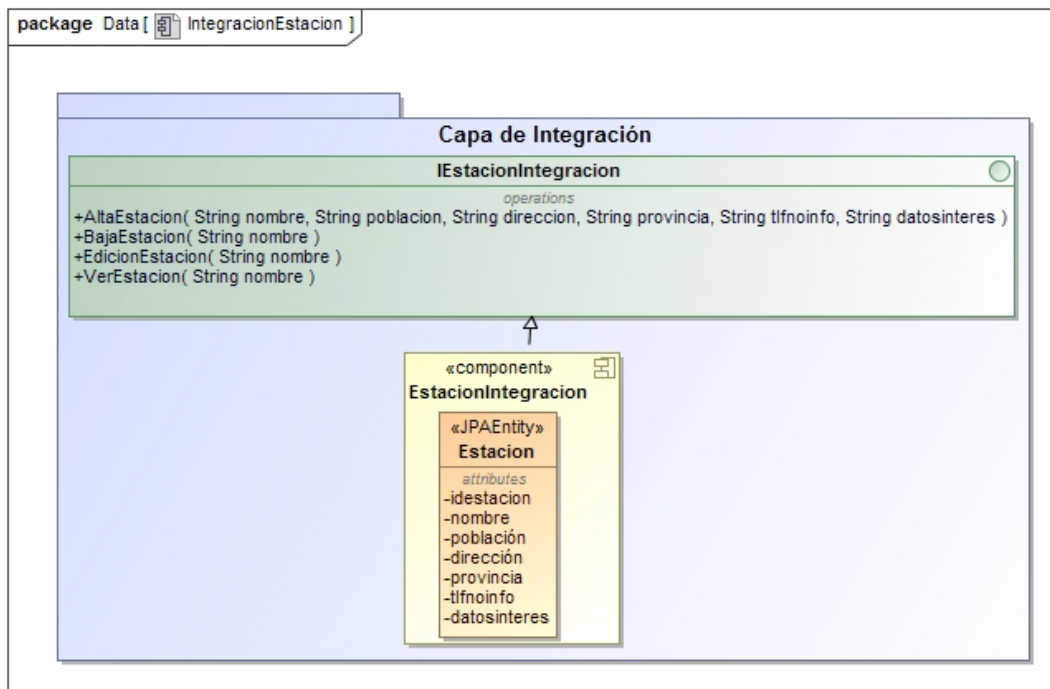
En el siguiente gráfico se muestra el diagrama de componentes software refinado de la capa de integración. La capa de integración va a ser la que resuelva la persistencia del sistema. Se va a representar los datos con entidades JPA que han de ser almacenados en la base de datos.

El modelo de aplicaciones para Java EE promueve el uso de **JPA** para implementar la capa de integración con bases de datos relacionales.

La especificación de JPA define lo siguiente:

- Cómo hay que describir el mapeo entre objetos y tablas mediante archivos XML o anotaciones.
- Especifica la interfaz **EntityManager**, que gestiona el ciclo de vida de las entidades JPA y las operaciones de persistencia que se pueden hacer con ellas.
- Especifica el lenguaje de consulta JPQL (Java persistence query language), lenguaje parecido a SQL pero que trabaja con entidades en lugar de con tablas.

Estación



En resumen, las decisiones de diseño que se han tomado para el componente de integración, son:

- Las entidades se almacenarán en una base de datos relacional.
- Se utilizarán entidades **Java Persistence API (JPA)**

3.6. Diseño de la maqueta ferroviaria.

Para el diseño del trazado de la maqueta ferroviaria se utiliza el software de diseño WinTrack. El tablero base para el layout de la maqueta tiene unas dimensiones de 2 m x 1 m de tamaño útil.

Para el desarrollo del proyecto se van a utilizar dos estaciones, cada una de las cuales va a disponer de dos vías y además se crearán dos vías muertas para el estacionamiento de los trenes. La plantilla de la maqueta queda de la siguiente forma:

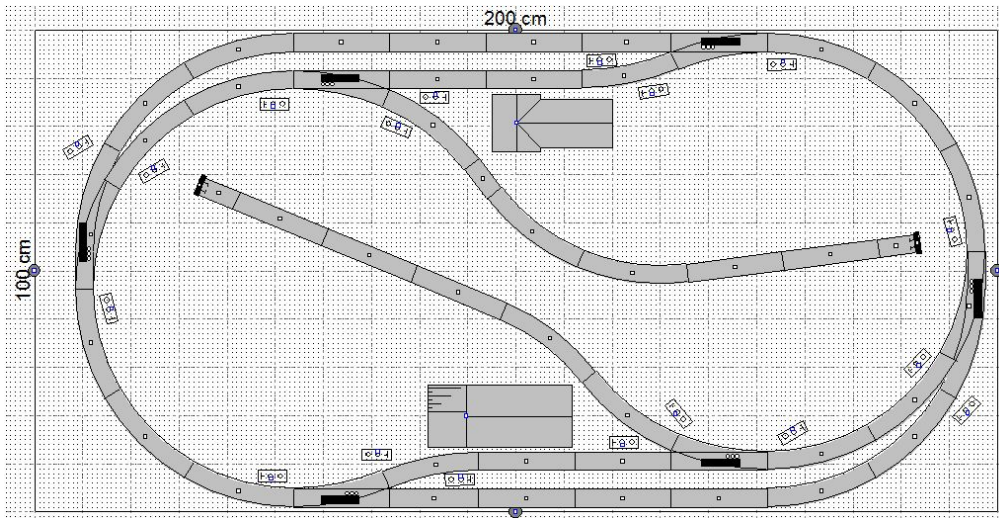


Figura 6. La visualización en vista diseño, de la maqueta ferroviaria.

La visualización 3D queda de la siguiente forma:

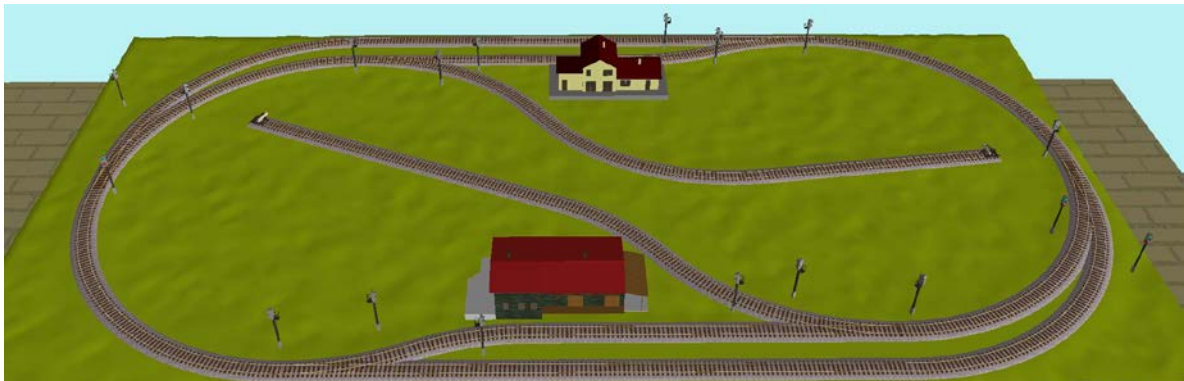


Figura 7. Visualización en 3D de la maqueta ferroviaria.

3.7. Diseño de la interfaz y pantallas HMI.

En este apartado se van a mostrar el diseño de las pantallas iniciales del HMI.

3.7.1. Pantalla inicial

La pantalla inicial mostrará el menú principal desde el que se podrá acceder a las pantallas de control más importantes del sistema automatizado.



Figura 8. Diseño de Pantalla inicial

3.7.2. Centro de control de tráfico ferroviario (CTC)

En la siguiente pantalla el Jefe de Control podrá monitorizar la línea ferroviaria completa.

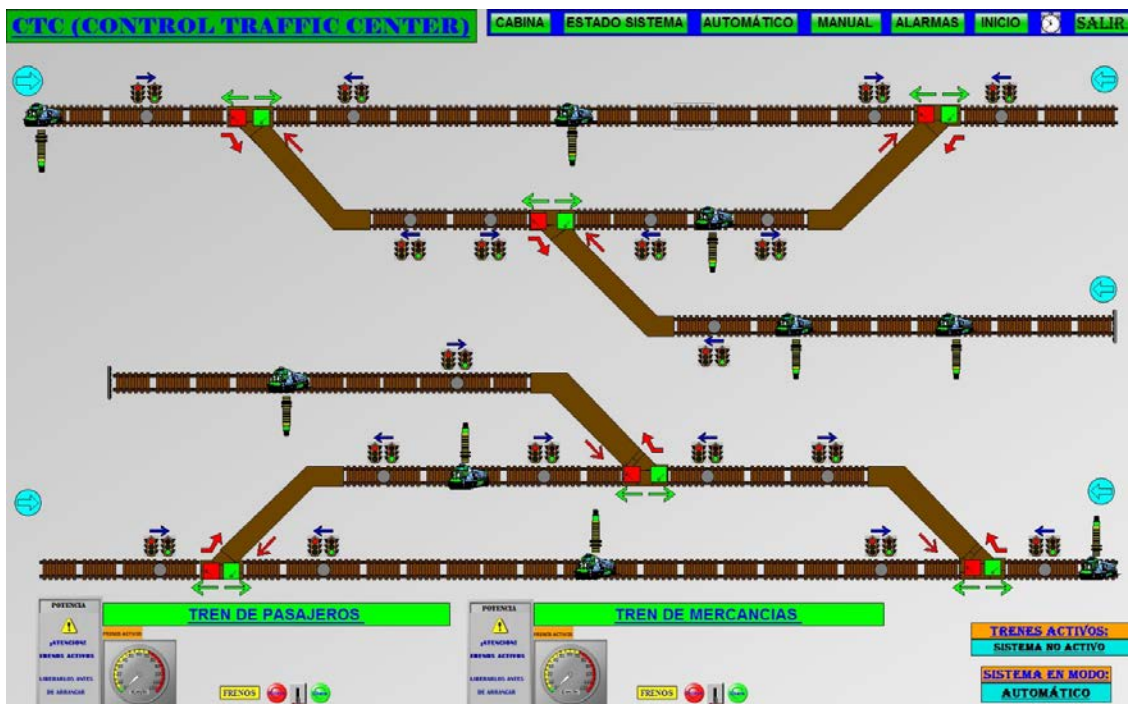


Figura 9. Diseño de Pantalla "CTC"

El comportamiento de esta pantalla será diferente, según el modo de funcionamiento activo del sistema automatizado.

Cuando el sistema se encuentre en modo automático, el usuario sólo podrá navegar por las distintas pantallas a las que se accede mediante el menú o visualizar el trayecto de la línea

ferroviaria, es decir, tareas de monitorización. Esto es debido a que, en modo automático, es el sistema y no el usuario el que gestiona de forma automatizada todo el trayecto. En modo manual, el usuario además de la monitorización, podrá realizar la gestión de la velocidad de los trenes, puesto que se habilitarán en la pantalla controles para regular la misma. En modo manual libre el usuario puede controlar (a través del sistema) todos los componentes: velocidad de trenes, desvíos y semáforos.

3.7.3. Vista en cabina.

La siguiente pantalla es similar en funcionalidad con la del CTC, sin embargo, muestra la vista en cabina de los dos trenes. El diseño de la pantalla es el siguiente:



Figura 10. Diseño de Pantalla “Vista en cabina”

3.7.4. Estado de dispositivos del sistema.

Esta pantalla muestra todas las señales (digitales y analógicas) implicadas en el sistema, además de una visualización del estado general del sistema. También, muestra si los trenes están activos y los valores actuales de tensión y potencia. Los botones en la sección “Estado de...” llevarán al usuario a las pantallas de diagnóstico específicas de los dispositivos (marcados con los nombres de los botones):

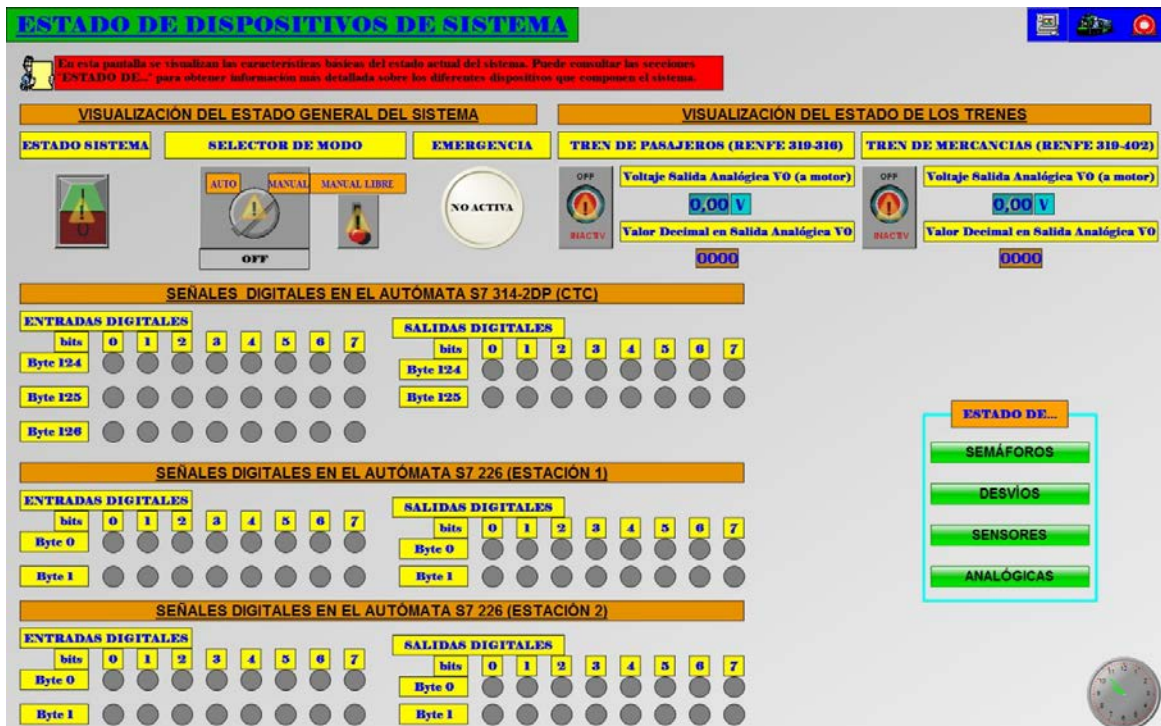


Figura 11. Diseño de Pantalla “Estado de dispositivos del sistema”

3.7.5. Control de semáforos

Esta pantalla mostrara el estado de todos los semáforos del sistema. También el usuario puede cambiar su estado si se selecciona el modo manual/libre.

En esta pantalla también se muestran las tablas de datos que se archivarán en la base de datos y las gráficas de estado a lo largo del tiempo. Se pueden realizar acciones generales sobre todos los semáforos o acciones individuales sobre cada uno de ellos. Por ejemplo, el botón prueba de leds, se puede utilizar para hacer un diagnóstico completo de todos los semáforos del trayecto de línea ferroviaria.

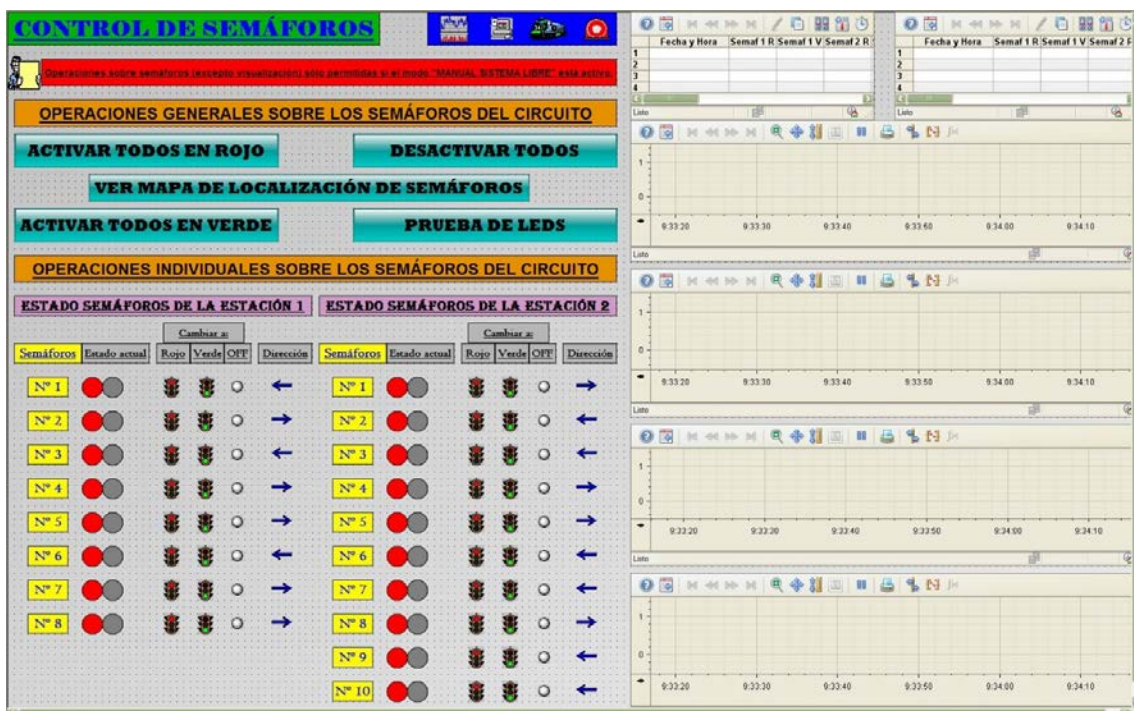


Figura 12. Diseño de Pantalla “Control de semáforos”

Esta pantalla permite ver una representación 3D de la línea ferroviaria y la situación de los semáforos en ella, usando el botón “VER MAPA DE LOCALIZACIÓN DE SEMÁFOROS”.

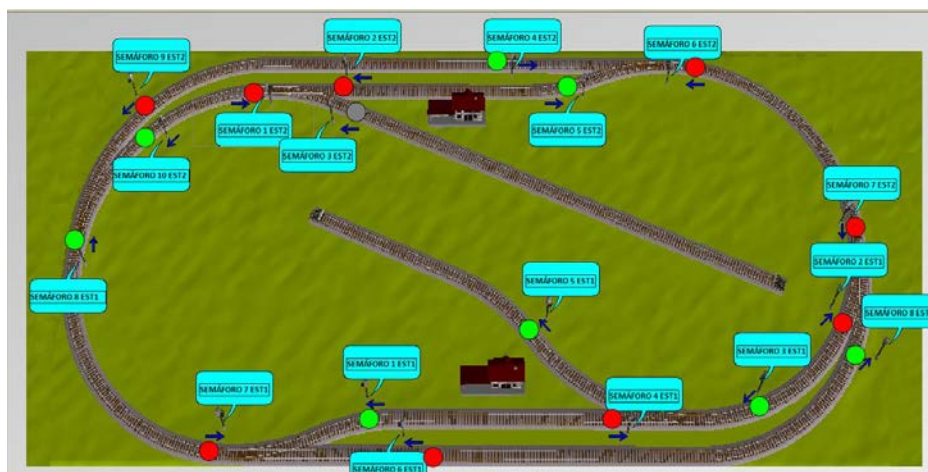


Figura 13. Diseño de Pantalla “Mapa 3D localización semáforos”

3.7.6. Control de desvíos

En esta pantalla se pueden ver el estado de los 6 desvíos que integra el trayecto de línea ferroviaria.

Al igual que en el caso de los semáforos, sobre los desvíos también se podrá realizar cambios de forma general (todos a la vez) o de forma individual. Se mostrará el estado de cada desvío mediante las “cajas” y las flechas correspondientes. Se indica el valor de señal digital (0 o 1) actual según la situación del desvío. También se podrá ver la tabla de valores de señal y su gráfica correspondiente en función del tiempo.

Desvíos	Dirección actual	Cambiar a:		Valor señal actual
		Curvo	Recto	
Nº 1	↗↘			0
Nº 2	↗↘			0
Nº 3	↗↘			0
Nº 4	↗↘			0
Nº 5	↗↘			0
Nº 6	↗↘			0

Fecha y Hora	Desvío_1	Desvío_2	Desvío_3	Desvío_4	Desvío_5	Desvío_6
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Figura 14. Diseño de Pantalla “Control de desvíos”

Esta pantalla permite ver una representación 3D de la línea ferroviaria y la situación de los desvíos en ella, usando el botón “VER MAPA DE LOCALIZACIÓN DE DESVÍOS”.

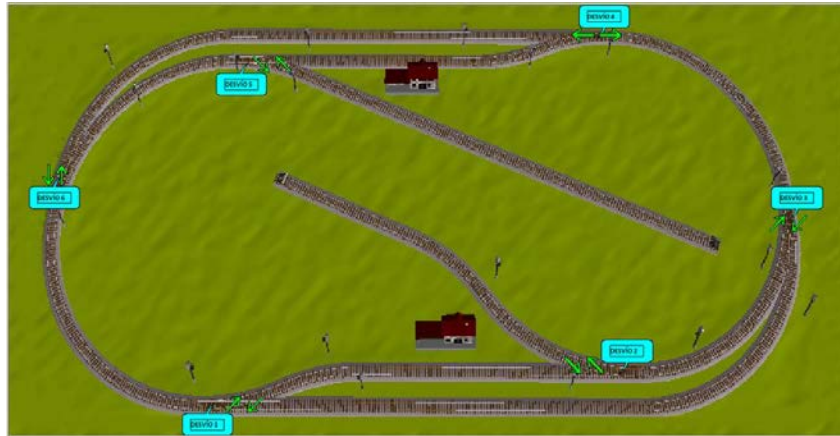


Figura 15. Diseño de Pantalla “Mapa 3D localización desvíos”

3.7.7. Estado de sensores

Esta pantalla muestra el estado de los sensores de la línea ferroviaria. Se puede ver su estado y el valor de la señal digital de cada uno de ellos, además de las tablas de valores y las gráficas de valores de señal digital en función del tiempo.

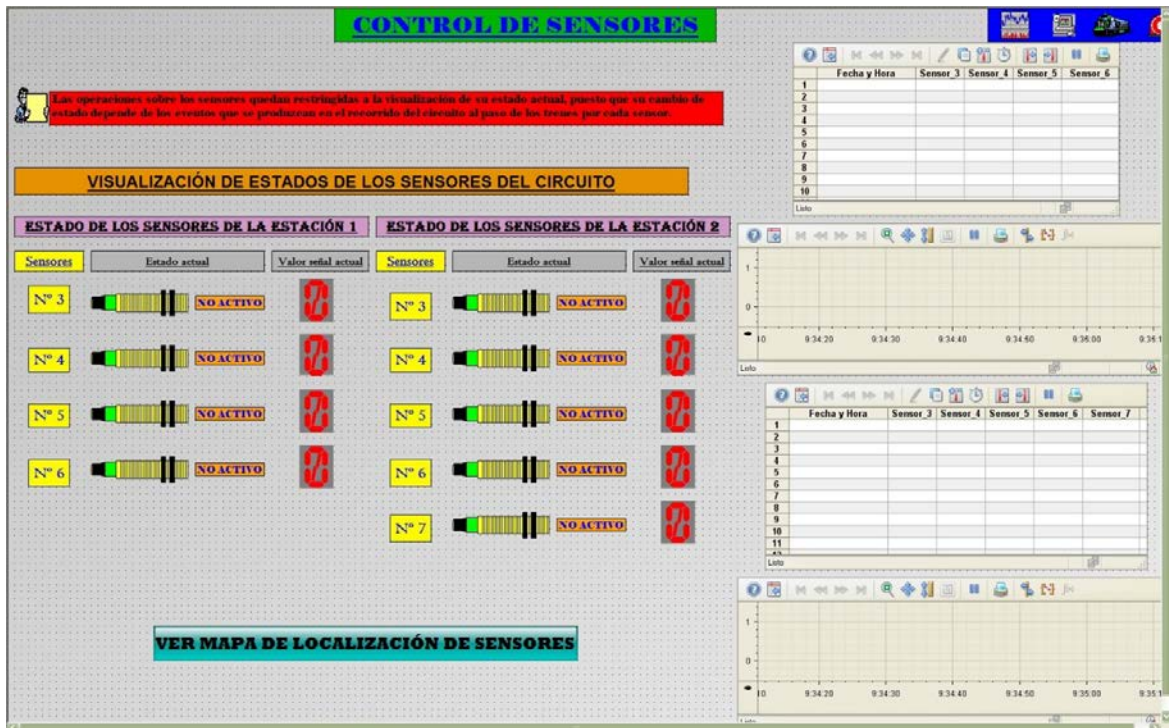


Figura 16. Diseño de Pantalla “Estado de sensores”

Esta pantalla permite ver una representación 3D de la línea ferroviaria y la situación de los sensores en ella, usando el botón “VER MAPA DE LOCALIZACIÓN DE SENSORES”.

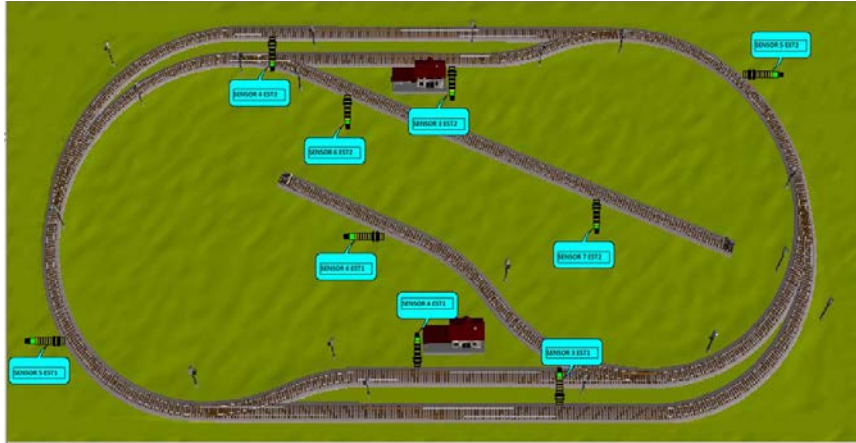


Figura 17. Diseño de Pantalla “Mapa 3D localización sensores”

3.7.8. Control de salidas analógicas (velocidad de los trenes)

En esta pantalla se muestran los controles de velocidad y potencia de los dos trenes. Se podrán realizar las operaciones de regulación en los dos trenes de forma conjunta o individual y, además, se mostrará la tabla de datos y las gráficas de valores en función del tiempo, mostrando la evolución de las señales analógicas en función de los cambios que el usuario efectúe.

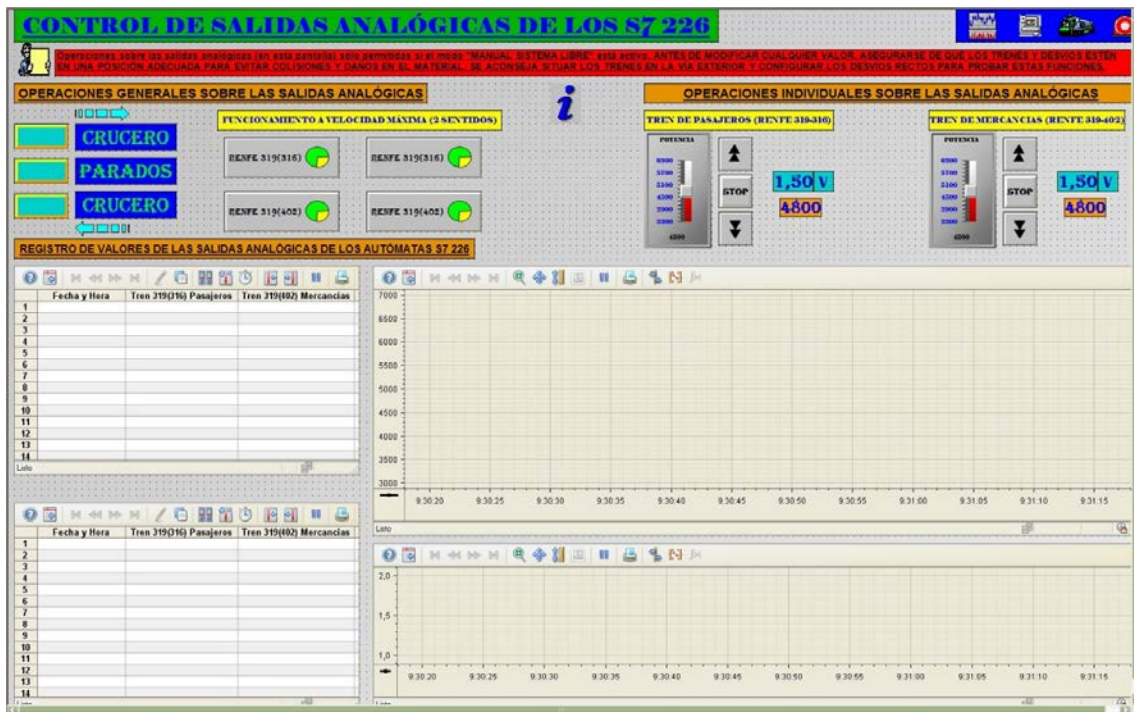


Figura 18. Diseño de Pantalla “Control de salidas analógicas (velocidad de los trenes)”

3.7.9. Alarmas

En esta pantalla se muestran las alarmas y avisos del sistema en tiempo real. Se puede realizar el acuse de recibo por parte del usuario.

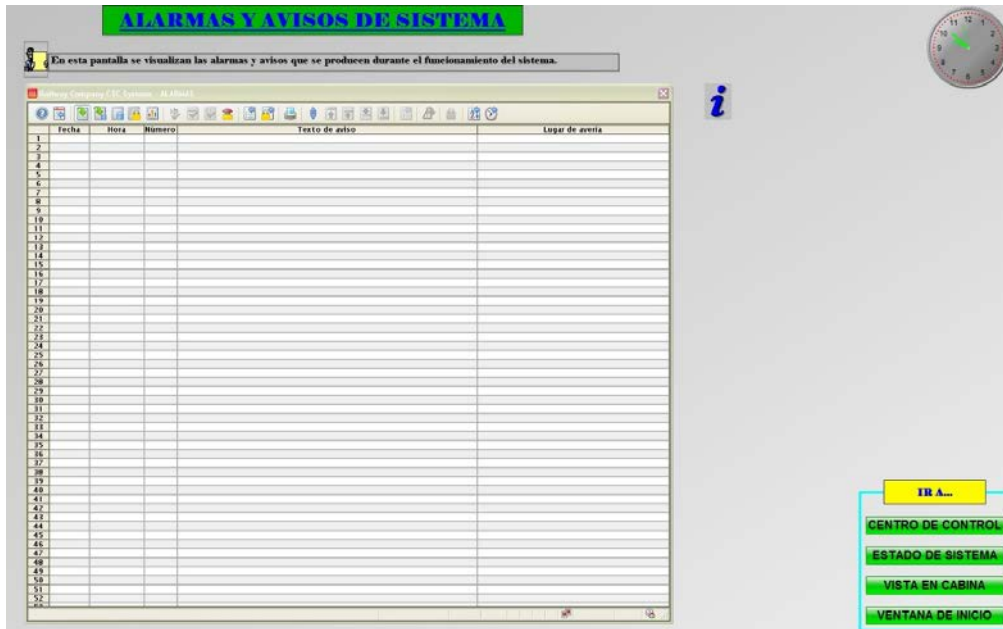


Figura 19. Diseño de Pantalla “Alarmas”

3.7.10. Modo Manual

En la siguiente pantalla, el usuario puede seleccionar cualquier ruta o bucle de rutas para ejecutar en modo manual. El sistema llevará a cabo la ruta permitiendo que el Jefe de Control controle la velocidad de los trenes.

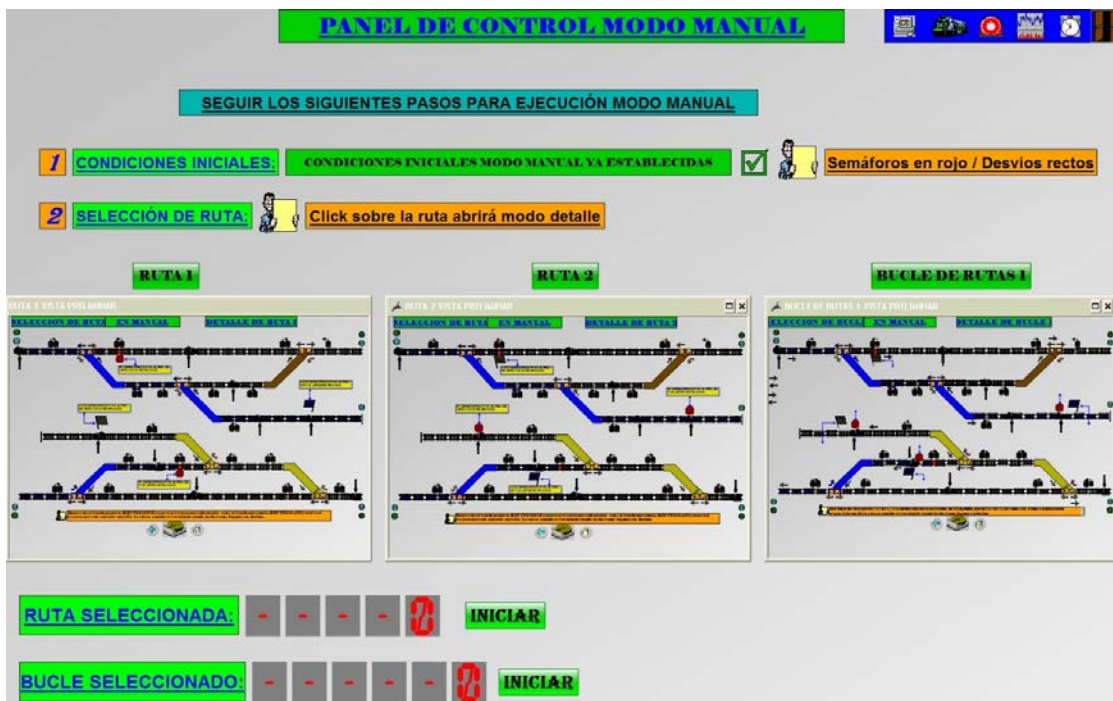


Figura 20. Diseño de Pantalla “Modo Manual”

3.7.11. Modo automático.

En la pantalla actual, el usuario puede seleccionar cualquier ruta o bucle de rutas para ejecutar en modo automático. El sistema llevará a cabo la ruta, y no permitirá que el Jefe de Control controle la velocidad de los trenes.

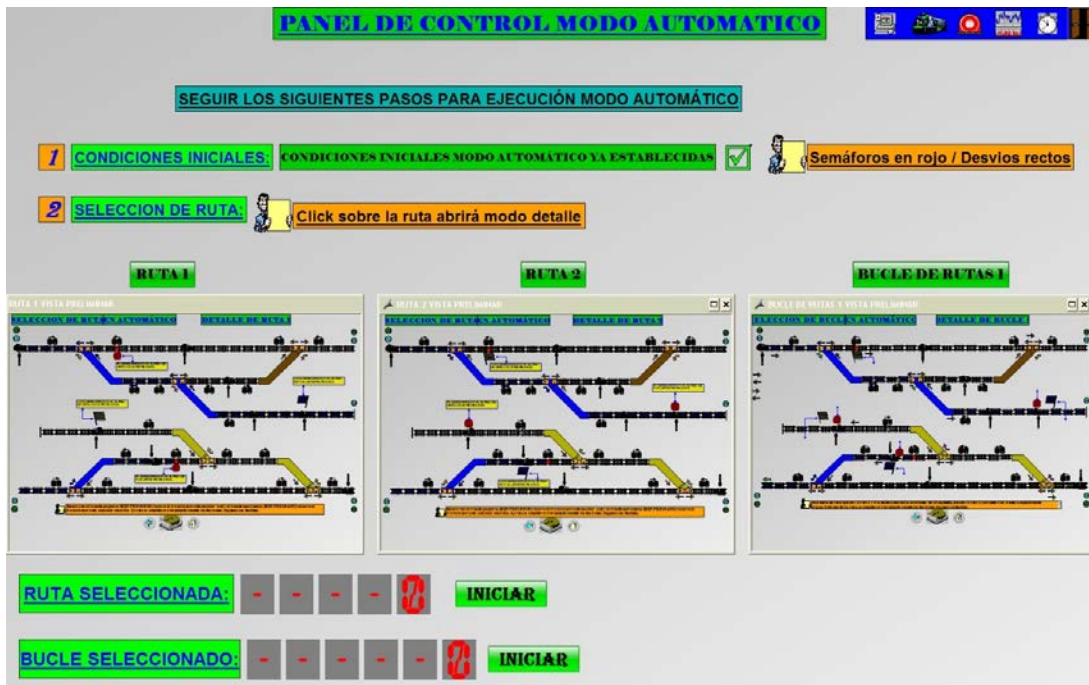


Figura 21. Diseño de Pantalla “Modo automático”

3.8. Descripción del software utilizado.

En este apartado se realiza el estudio de los sistemas software necesarios para desarrollar el proyecto.

3.8.1. Sistema de control (software)

El ordenador de control utilizado por el Jefe de Control, éste debe tener instalado un sistema operativo Windows (perteneciente a la marca comercial Microsoft), concretamente de la serie Windows 7 SP1 Home Premium/Professional/Enterprise/Ultimate o Windows 8.1 Professional/Enterprise. Este requisito, se debe fundamentalmente al software de programación y HMI de Siemens que se utiliza en este proyecto. Los anteriores sistemas operativos de Microsoft, tales como Windows XP o Windows 2000, no están soportados, y tampoco existe soporte en Windows 10 para estas aplicaciones. Durante la fase de desarrollo del proyecto es necesario tener instalada la plataforma de software de Siemens necesaria para la programación de los autómatas, no siendo necesario mantener este software instalado cuando el sistema haya quedado implantado. Sin embargo, se debe considerar la conveniencia de mantenerlo instalado por si surgen problemas en los autómatas y es necesario restablecer de nuevo sus programas.

La plataforma software de Siemens utilizada en este proyecto es Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) versión 13 SP1. Se trata de un framework de ingeniería que reúne en un solo entorno de desarrollo todos los sistemas de ingeniería y automatización compatibles de la marca. De esta forma, desde el mismo entorno se puede configurar y programar las CPU, las redes de comunicaciones y también crear y utilizar un entorno HMI para el control de los sistemas por software. En el caso de este proyecto, el framework TIA Portal es totalmente compatible con todas las CPU S7-300 (como la CPU S7 314C-2DP utilizada en este caso) y su programación, configuración y diagnóstico se gestiona mediante el software Step 7 Professional incluido en esta plataforma. Sin embargo, la programación de la serie de CPUs S7-200 (como la CPU S7-226 utilizada en este caso), no son compatibles con el entorno TIA Portal y su programación, configuración y diagnóstico debe llevarse a cabo a través del software de Siemens Step 7 Micro/WIN.

En cuanto al entorno HMI, también debe instalarse el software de Siemens WinCC v13 SP1, disponible en la plataforma TIA Portal. Este software es de vital importancia, puesto que constituye el interface gráfico y de comunicaciones entre el Jefe de Control y el sistema automatizado. Este software permite, por una parte, diseñar las pantallas de control y, por otra, dispone de un entorno “runtime” que permite “ejecutar” las pantallas de control diseñadas para que, en este caso, el Jefe de Control, pueda gestionar el sistema. Por tanto, gracias a este software, se puede supervisar el estado del sistema ferroviario y de los componentes del sistema automatizado. Además, le permitirá al Jefe de Control ejercer control sobre los autómatas y los componentes ferroviarios. Por lo tanto, este software permitirá al Jefe de Control ejercer las dos funciones más importantes para su trabajo: supervisión y control.

Cabe destacar que la instalación de este software HMI comporta ciertas consideraciones que se deben tener en cuenta. Entre estas consideraciones destacan la necesidad de crear un usuario de Windows con permisos suficientes en los diferentes grupos de usuarios que el software crea para determinadas opciones de control. Otra condición software indispensable es que el ordenador de control no posea ningún antivirus instalado, puesto que puede llegar a interferir en las operaciones del sistema Scada. Incluso el firewall de Windows (o cualquier otro) debe desactivarse para asegurar el correcto funcionamiento del software Scada. Aunque es cierto que Siemens considera algunos software antivirus como compatibles con TIA Portal, y que lista normalmente en los requisitos de compatibilidad de su plataforma, no es recomendable la coexistencia de software antivirus con TIA Portal debido a temas de merma de rendimiento en el intercambio de información. Sin embargo, en caso de ser necesario conectar el equipo informático a Internet, se debe consultar los productos antivirus y firewall compatibles con la plataforma TIA Portal en la información suministrada por Siemens a tal efecto.

Además, no deben instalarse drivers de dispositivos hardware nuevos a menos que sea absolutamente indispensable (lo cual implica no cambiar, en la medida de lo posible, el hardware básico del PC), ya que estos cambios también pueden interferir en el correcto funcionamiento de la plataforma software.

Todas estas consideraciones forman parte de las recomendaciones que hace el fabricante (en este caso Siemens) a la hora de instalar y ejecutar su plataforma TIA Portal. Se verán con un poco más de detalle en la presentación de este software más adelante.

En cuanto a las aplicaciones utilizadas para el reconocimiento de objetos y sistema de visión artificial como ayuda a las labores de mantenimiento, se ha decidido utilizar Matlab en su versión 2016a (9.0), software de la compañía MathWorks. Uno de los recursos fundamentales para este proyecto que proporciona Matlab es el “toolbox” de procesamiento de imágenes, que contiene las funciones y algoritmos necesarios para el procesamiento de las imágenes tomadas por la cámara de seguimiento. Este software interacciona con el sistema de control. Esto significa que si durante la fase de reconocimiento de objetos se determina que existe algún peligro y se vulnera la seguridad de personas y/o materiales, el propio sistema de control o el Jefe del CTC, dependiendo del modo de funcionamiento del sistema, toma las medidas oportunas para restablecer las condiciones de seguridad óptimas.

3.8.2. Sistema de propósito general

Se ha planteado la puesta en marcha de la página web de la compañía ferroviaria utilizando para ello tecnología Java EE 7. Como framework base se va a utilizar JBoss WildFly, que, apoyándose en la “Java Persistence API” (JPA) para la gestión y el interface con el proveedor de persistencia, permite el almacenamiento de la información en una base de datos. En este caso, como proveedor de persistencia, se ha seleccionado Hibernate, ya que éste es el motor de persistencia proporcionado por WildFly.

En cuanto a base de datos, no se ha detectado ningún requerimiento especial a tener en cuenta, y, por tanto, se ha decidido utilizar un modelo de bases de datos relacional mediante un gestor de bases de datos con soporte para este modelo. Se ha seleccionado PostgreSQL en su versión 9.6.1 como base de datos relacional para el almacenamiento de información de las aplicaciones externas al sistema de control en este proyecto.

3.9. Descripción del hardware utilizado.

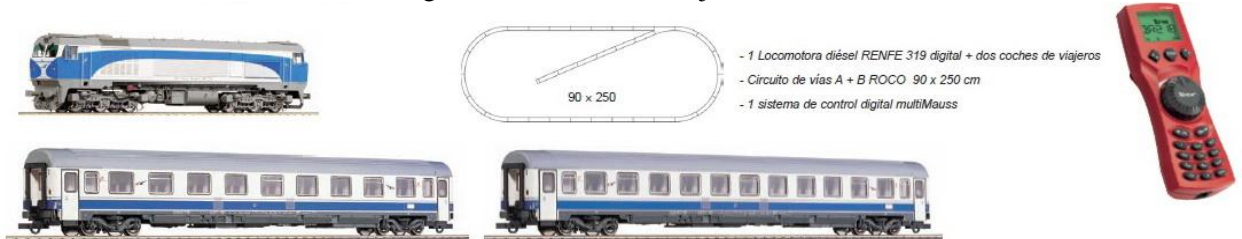
En este apartado se realiza el estudio de los sistemas hardware necesarios para desarrollar el sistema automatizado.

3.9.1. Kits de inicio de modelismo ferroviario Roco

El material ferroviario seleccionado para este proyecto corresponde a dos kits de inicio al modelismo ferroviario en escala H0 de la marca Roco, uno de los principales fabricantes en el mundo del modelismo ferroviario. Este fabricante es puntero en tecnología de modelismo ferroviario en escala H0 y N, utilizando varias tecnologías de control, entre ellas, control digital y control ca (por corriente alterna).

Las referencias de los kits empleados son las siguientes:

- Kit 1: Ref. Roco 41257 - Digital Starset Renfe Pasajeros



- Kit 2: Ref. Roco 41256 - Digital Starset Renfe Mercancías



Los dos kits de inicio utilizados responden a un sistema de control digital denominado DCC (Digital Command Control), explicado con más detalle en el capítulo 3 del anexo. El sistema DCC supone un estándar de sistema digital de control en el mundo del modelismo ferroviario, por lo que es un motivo más para utilizar material de este tipo, ya que asegura la compatibilidad con una gran variedad de material existente en el mercado.

En la siguiente imagen se puede ver el layout o trayecto diseñado para este proyecto:

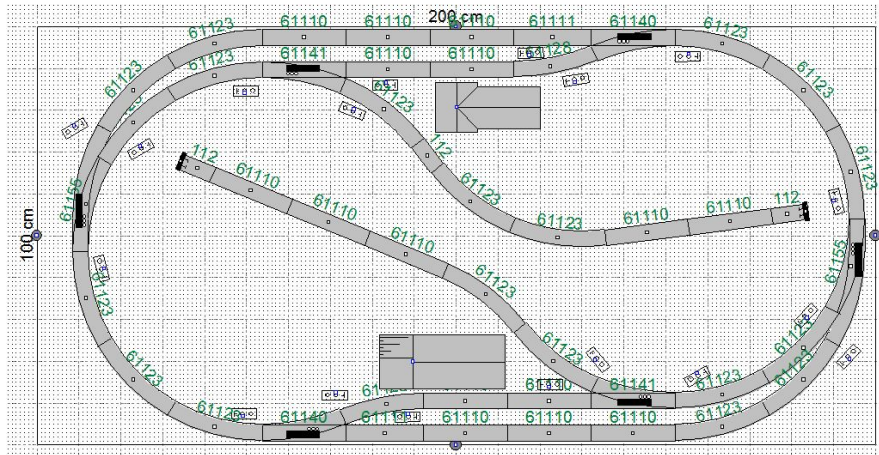


Figura 22. Diseño de maqueta con referencias de vías

Se puede observar un número de identificación en cada tramo de vía que forma el trayecto. Este número se corresponde con la referencia de producto del fabricante, en este caso, Roco.

El trayecto que se ha diseñado utiliza tramos de vías correspondientes a los dos kits, ya que utilizando sólo el material correspondiente a un kit no se dispone del material necesario para construir el trayecto diseñado. Como se puede observar, el layout consta de dos estaciones, cada una de ellas dispuesta en tramo de vía interior (para garantizar el acceso a las mismas con seguridad y para permitir el paso de otro tren por la vía exterior si fuese necesario). Además, se dispone de dos vías muertas, una en cada estación. Cabe destacar que han sido necesarios seis cambios de vía para construir este diseño, asegurando el acceso a las estaciones y las vías muertas.

La descripción del material utilizado en la creación de la maqueta ferroviaria se explica con detalle en el capítulo 8 del anexo.

3.9.2. Material utilizado en el sistema de control (hardware).

Este apartado pretende ser únicamente una visión simplificada del material utilizado en el proceso de automatización y la justificación técnica de su utilización en el proyecto.

Para la realización del proyecto de automatización, se ha decidido, que el sistema debe constar de tres autómatas, siguiendo la siguiente estructura:

- Dos autómatas, cada uno de ellos controlando el área de una estación ferroviaria (Estación1 y Estación2)
- Un autómata que actúa como centro de control de tráfico ferroviario en el proyecto y como tal, debe controlar a los otros dos autómatas “esclavos”.

Esta estructura se adapta muy bien al concepto “maestro-esclavo” de un sistema de automatización.

La totalidad de los detalles técnicos de cada dispositivo (datasheets) se puede consultar en los archivos de anexo, donde se incluyen archivos pdf con la descripción completa de los materiales.

Elección del fabricante de los componentes de automatización

El material de automatización que se va a emplear para la realización del proyecto es de la marca Siemens. Esta decisión no ha sido arbitraria, puesto que se ha tomado en base a ciertas consideraciones:

- Se tiene experiencia previa (aunque básica) sobre sistemas de automatización en general y autómatas de la marca Siemens en particular.

- Siemens es uno de los fabricantes de componentes para automatización más relevantes en la actualidad, y sus productos se encuentran en un gran número de empresas que han decidido automatizar la totalidad o partes productivas de las mismas. La alta aceptación de este fabricante por gran parte de la industria ha hecho posible que la compañía Siemens esté siempre en constante renovación y mejora de sus productos y sistemas, por lo que se ha convertido en referente para otros fabricantes de automatización y para la industria en general, fabricando componentes y sistemas de alta calidad y variedad.
- Siemens es uno de los fabricantes fundadores del protocolo de comunicaciones que se ha utilizado en este proyecto para comunicar PLC-PLC y PLC-PC, el protocolo PROFIBUS (en su perfil DP), y aunque hay ya un gran número de fabricantes que integran y aceptan el protocolo como un estándar, Siemens ha hecho un gran esfuerzo por simplificar la utilización de este protocolo de comunicaciones en sus autómatas.
- Este fabricante dispone de todos los productos necesarios para la industria y la automatización bajo un concepto de integración de los mismos denominado TIA (Totally Integrated Automation). Esto permite la unión de la producción y la tecnología de control de procesos. Todos los componentes software y hardware están, por tanto, unidos en un único sistema llamado SIMATIC.

Listado del material para la automatización

CPU Serie S7-300

En el proyecto se ha decidido utilizar 1 Uds. de la CPU de la serie S7-300, concretamente una CPU 314C-2DP, con número de referencia Siemens 6ES7314-6CG03-0AB0. Esta CPU, es una CPU compacta con entradas y salidas digitales y analógicas integradas y un puerto PROFIBUS DP maestro/esclavo integrado. Esta CPU se puede utilizar para tareas con funciones especiales y para conectar periferia distribuida si es necesario, además de disponer de funciones tecnológicas. Para utilizar esta CPU se requiere una micro memory card.

Micro Memory Card 2MB

En el proyecto se va a utilizar 1 Uds de memory card de 2 MB (referencia Siemens 6ES7 953-8LL20-0AA0), que corresponde a una nueva generación de micro memory card del fabricante.

La memory card debe seleccionarse en base a su tamaño, ya que todas disponen de la misma tecnología, cambiando sólo el tamaño disponible. En este caso se ha seleccionado una memoria de 2 MB, que es más que suficiente para hacer un backup del programa de usuario completo, además de datos de usuario si es necesario. Para hacer un backup de todo el sistema operativo de la CPU haría falta, no obstante, una micro memory card de 4 MB como mínimo. En este proyecto no se ha contemplado esta opción ya que la carga de trabajo, ambiente de trabajo y demás factores que condicionan el trabajo de la CPU hacen improbable la necesidad de almacenar todo el sistema operativo pensando en fallos críticos de la CPU. Sin embargo, en ambientes de más riesgo es una práctica aconsejable.

La micro memory card de 2MB, tiene una relación calidad/precio aceptable. A partir de 2 MB de tamaño, la capacidad aumenta a 4 MB o a 8 MB, disparando también su precio.

Perfil soporte para CPU S7-300

Es el soporte mecánico de los módulos SIMATIC S7-300. Los módulos, incluida la CPU, se anclan físicamente al perfil o bastidor, que a su vez es atornillable a pared o, en el caso de este proyecto, al tablero de madera donde se han distribuido todos los dispositivos de automatización.

Se encuentra disponible en varias dimensiones en cuanto a longitud se refiere, siendo el perfil 482 mm el que se va a utilizar en el proyecto, debido a que no es necesaria mayor longitud de soporte. Su referencia Siemens es 6ES7 390-1AE80-0AA0. En el proyecto se va a utilizar 1 Uds de esta referencia.

Conector frontal

Este componente es utilizado para conectar de forma simple y cómoda sensores y actuadores. La referencia que se va a emplear en el proyecto es Siemens 6ES7 392-1AM00-0AA0, que se corresponde con un borne de 40 polos con bornes de tornillo. Serán necesarios dos bornes de este tipo para los dos módulos de E/S integrados en la CPU.

Fuente de alimentación S7 5A

Esta es la fuente de alimentación de carga para el S7-300. Su función es la de convertir la tensión de red en tensión de 24V DC, que es la empleada por el autómatas y sensores, actuadores y dispositivos conectados al mismo.

En el proyecto se va a utilizar 1 Uds de la fuente de alimentación con la referencia 6ES7 307-1EA00-0AA0, de 5A de intensidad de salida.

SIMATIC PC ADAPTER USB

El SIMATIC PC ADAPTER USB conecta un PC a través de interfaz USB con la interfaz MPI/DP de un sistema S7/C7. Con él, es posible programar todas las CPUs de las gamas S7-300 y S7-400 a través de su puerto MPI/DP.

CPUs SERIE S7-200

En la estructura de PLCs diseñada para el proyecto, se deben integrar 2 Uds de PLCs de la serie S7-200, que actuarán de esclavos en la red PROFIBUS DP, dependiendo directamente de las órdenes del S7 314C-2DP, su maestro en la red. Cada uno de los S7-200 controla las áreas de influencia de cada estación (Estación 1 y Estación 2), de ahí que se requieran dos CPUs, ya que en el diseño de la maqueta intervienen dos estaciones ferroviarias.

Fuente de alimentación SITOP POWER 3,5A

SITOP Power 24/3,5A es la fuente de alimentación óptima cuando la CPU SIMATIC S7-200 estándar no tiene capacidad suficiente para alimentar todas las cargas. Esta fuente conmutada está totalmente adaptada, tanto en diseño como en funcionalidad, al micro-PLC S7-200. Puede integrarse en el conjunto como cualquier otro módulo S7-200, ya que incluso posee el anclaje de carril DIN propio del SIMATIC S7-200.

Esta fuente de alimentación ha sido seleccionada en primer lugar, porque posee unas características eléctricas aceptables y la fuente se adapta al entorno del sistema de automatización diseñado. Esta fuente se adapta perfectamente al carril DIN donde se colocan los componentes de los S7-226.

Finalmente se han adquirido 2 Uds de la fuente SITOP POWER 3,5A referencia Siemens 6EP1 332-1SH31.

Módulo de dos salidas analógicas EM232

Este es el módulo apropiado de ampliación de salidas analógicas para el S7-200.

En este proyecto las salidas analógicas, en concreto de tensión, son fundamentales para el desarrollo del sistema de automatización. A través de las salidas analógicas se va a enviar la tensión apropiada a los mandos de control de los trenes del sistema ferroviario. Por lo tanto, gracias a la regulación de esta tensión en las salidas analógicas, se obtiene control total sobre la velocidad de los trenes.

El módulo de salidas analógicas seleccionado es el EM232, un módulo que posee dos salidas analógicas que se pueden conexionar como salidas en tensión o en intensidad, dependiendo de las necesidades del proyecto que se realice. En concreto, en este sistema de automatización se conexiona la salida en tensión, no siendo necesaria la de intensidad.

Para que cada tren tenga su propio sistema de control independiente, se ha tomado la decisión de adquirir 2 Uds del módulo de salidas analógicas EM232 con referencia Siemens 6ES7 232-0HB22-0XA0

Módulo PROFIBUS DP EM 277

Este es el módulo para conectar el S7-226 a la red PROFIBUS-DP, como esclavos en la red.

Es capaz de proporcionar una velocidad de transmisión máxima de 12Mbits/s. Se han adquirido dos módulos (cada CPU debe tener el suyo propio para que se pueda identificar en la red PROFIBUS), con referencia Siemens 6ES7 277-0AA22-0XA0. Estos módulos, necesitan ser configurados para establecer una dirección válida en la red PROFIBUS con la que poder identificarse y gestionar la comunicación con el resto de la red PROFIBUS. El puerto de comunicaciones se adapta al estándar RS-485. Es un conector del tipo 9-Pin Sub D I/O hembra.

Tarjeta de comunicaciones CP 5622

La tarjeta de comunicaciones CP 5622 permite conectar programadoras y PCs a PROFIBUS y a la interfaz multipunto MPI de SIMATIC S7. El principal requisito es que el PG o PC disponga de 1 slot PCI-EXPRESS libre.

Cartucho de memoria 256Kb para CPUs S7-22x

Con respecto a la adquisición del módulo de memoria hay dos opciones, un módulo de 64 Kbytes de capacidad u otro de 256 Kbytes de capacidad. En este caso, y siendo la diferencia de precio no relevante para el presupuesto económico del proyecto, se ha decidido la adquisición de dos módulos de memoria de 256 Kbytes de capacidad (cada una de las dos CPUs S7-226 del proyecto se equipará con un módulo de memoria). La referencia Siemens es 6ES7 291-8GH23-0XA0.

Cable USB/PPI para conexión de S7-200 a PC

Con este cable va a ser posible la conexión del PLC al PC, de tal forma que se pueda programar, transferir información, etc. Con la ayuda de este cable se establece una conexión entre el puerto USB del PC y el SIMATIC S7-200 o una red PPI (RS 485). Se puede utilizar como maestro en una red Multi-Master-PPI.

Para el proyecto se va a adquirir 1 Uds del cable USB/PPI, referencia Siemens 6ES7 901-3DB30-0XA0.

Cable de bus PROFIBUS FAST CONNECT (2 hilos apantallado)

En este proyecto se han utilizado aproximadamente 10 metros de cable PROFIBUS FC Standard, ya que este tipo de cable permite una conexión rápida y no hay ningún requerimiento especial para utilizar otro tipo de cable más específico. La referencia Siemens es 6XV1 830-0EH10.

Conectores de bus PROFIBUS (Salida de cable a 90° y 180°)

El conector de bus se enchufa directamente en el interface PROFIBUS (conector hembra Sub-D de 9 polos) de la estación PROFIBUS o de un componente de red PROFIBUS. Sirve para conectar estaciones PROFIBUS al cable de bus PROFIBUS.

En este proyecto se utilizan 3 conectores referencia Siemens 6ES7 972-0BB50-0XA0 con salida de cable a 90°, y 1 conector referencia Siemens 6GK1 500-0FC00 con salida de cable a 180°.

Los 3 conectores con salida a 90° se van a utilizar en la conexión PROFIBUS de los tres PLCs, con la posibilidad incluso de conectar el PC al mismo conector para tareas de mantenimiento, por ejemplo, si fuera preciso. Para la conexión del PC (a través de la tarjeta interna), se ha preferido un conector con salida axial a 180°. En el caso del PC, es deseable que sea a 180° para una mayor comodidad de cableado y posición del PC en la infraestructura de la sala de control, además de no ser necesario que el conector PROFIBUS lleve un puerto adicional para conectar otro PC o PG.

Fast Connect Stripping Tool

El sistema de pelado Fast Connect permite conectar de forma sencilla y rápida conectores PROFIBUS a los cables de bus PROFIBUS. La configuración especial de los cables de bus Fast Connect permite utilizar la herramienta peladora Fast Connect Stripping, con la cual se separa

en una única operación la cubierta exterior y la pantalla de malla con las medidas exactas. Un cable así preparado se conecta a los conectores de bus Fast Connect por el sistema de desplazamiento de aislamiento.

La utilización de esta herramienta queda justificada por el trabajo manual que ahorra, la realización de un montaje sin posibilidad de errores y por un pelado de cable ajustado y preciso.

Fuente de alimentación SITOP SMART 5A

Para la alimentación de los dispositivos externos, tales como sensores, semáforos, etc, que necesitaran de alimentación estable y fiable, por lo que no es aconsejable alimentarlos de las fuentes de alimentación de las CPUs, puesto que estas fuentes pueden perder eficacia o rebasar su capacidad de salida máxima si no se tiene cuidado o no se calcula bien lo que se va a conectar a las mismas. Por ello es aconsejable disponer de fuentes de alimentación externas (o diferentes) a la de la CPU para alimentar cualquier dispositivo ajeno al autómata. Por lo tanto, se ha decidido adquirir dos fuentes de alimentación SITOP SMART 5A referencia Siemens 6EP1333-2AA01.

Detectores inductivos de proximidad SIMATIC PXI-200

La forma de controlar, en diferentes puntos del trayecto ferroviario, el paso de los trenes, requiere de la integración en el sistema automatizado de dispositivos que permitan “avisar” al autómata de que un tren pasa por un punto determinado.

Se decide adquirir 9 sensores inductivos con distancia de trabajo de 8 mm, referencia Siemens 3RG4023-0AG01.

Para la fijación de los sensores se necesita la escuadra de fijación de referencia Siemens 3RX7 301. Sirve para fijar detectores de proximidad con cuerpo cilíndrico M18. Está fabricado en acero galvanizado. Se deben adquirir una por sensor.

Sensores inductivos de proximidad Scheneider Electric

Se decide adquirir 9 sensores inductivos con distancia de trabajo de 8 mm, salida PNP, la referencia Scheneider Electric Siemens XS118B3PAL2. Estos sensores son más cortos que los anteriores y se pueden colocar en zonas del trayecto en las que haya menor espacio.

Para la fijación de los sensores se necesita el soporte de fijación de referencia Balluff 9027593.

Sensor fotoeléctrico Sick sistema difuso led

Se decide adquirir 1 sensor fotoeléctrico con alcance de trabajo de 4 mm a 150 mm, salida PNP, la referencia Sick WTB4-3P1361. Este tipo de sensores permiten regular la distancia de alcance con un potenciómetro.

Sensor fotoeléctrico Sick sistema de supresión de fondo led

Se decide adquirir 1 sensor fotoeléctrico con sistema de supresión de fondo, con alcance de trabajo de 20 mm a 950 mm, salida PNP, la referencia Sick GTB10-P1212. Este tipo de sensores permiten regular la distancia de alcance con un potenciómetro.

LEDS (Iluminación semáforos)

El tipo de iluminación seleccionada para los semáforos del trayecto ferroviario son diodos led. Los diodos led tienen un bajo consumo y una gran durabilidad. Los leds tienen un coste muy bajo, por lo que se hace rentable su compra. Además, debido a su tamaño pequeño, son fácilmente adaptables a la maqueta ferroviaria.

En concreto, y tomando como referencia semáforos ferroviarios reales, se han adquirido leds de color rojo y verde para componer la señalización de los semáforos.

Los leds de color verde han sido fabricados por la compañía LEDT, con referencia número L02R5000H1D1, se necesitan 18 Uds.

Los leds de color rojo han sido fabricados por la compañía LEDT, con referencia número L4RR5000H1D1, se necesitan 18 Uds.

Resistencias 1,1kΩ, 0,6W

Para no quemar ni dañar los leds, se necesitan unas resistencias. Esto se explica porque hay que conseguir disminuir la tensión de partida de las fuentes de alimentación utilizadas (que suministran tensión a 24VDC), a la tensión adecuada de funcionamiento del led, que debe ser lo más próxima posible a la VF típica de sus especificaciones técnicas (frecuentemente unos 2,1 V). Esta tarea la realizarán las resistencias, que absorberán esa tensión de más y la disiparán en forma de calor.

En este caso se han seleccionado resistencias de 0,6 W, que serán suficientes para el trabajo que deben realizar en los semáforos.

Terminal de conexión para PCB

Es un terminal de conexión por tornillo para montaje en PCB con cuerpos apilables que permiten elaborar grandes sistemas de conexión múltiple.

Los terminales son de bronce chapado en níquel con protectores de cable en níquel-plata en cuerpos de poliamida 6 reforzados de fibra de vidrio. Tiene un paso de 5 mm.

La opción estándar acepta cable de 2,5 mm² y la opción de perfil bajo acepta cable de 1,5 mm².

Para el proyecto se utilizan 18 terminales de perfil bajo de 3 posiciones.

“Seta” de emergencia

En cualquier proyecto de automatización es imprescindible un pulsador que permita parar el sistema en caso de emergencia. Los dispositivos típicos para esta tarea son los pulsadores en forma de seta de emergencia. En este proyecto se va a utilizar un pulsador de seta de emergencia del fabricante Telemecanique con referencia XB4BS8445.

Pulsador luminoso doble

En el proyecto se van a integrar 3 pulsadores luminosos dobles con piloto led integrado. Uno de ellos se va a utilizar para arrancar o parar el sistema de automatización. Los otros dos pulsadores se utilizarán para activar o desactivar los dos trenes, de forma que cuando el pulsador de un tren esté en off, ese tren no se ponga en marcha, aunque se incremente la velocidad (simulando al encendido real de un tren).

El pulsador integra bloque de contactos (1 NA + 1 NC). El fabricante es Telemecanique y su referencia es XB4BW84B5.

Interruptor de conmutación de 2 posiciones

En el proyecto se va a integrar un interruptor de conmutación de 2 posiciones, que responderán a establecer el sistema en modo Automático o modo Manual. El modelo seleccionado ha sido Telemecanique referencia K1B011UCH. Es un interruptor compuesto por cuerpo de montaje frontal y un cabezal de fijación de 22 mm de Ø con una palanca de 34 mm de longitud y un escudete de 45x45 mm marcado para el funcionamiento del interruptor.

Indicadores de estación de control led

Para indicar el estado de funcionamiento del sistema automatizado, se necesitan unos indicadores luminosos. Se emplean:

- 1 Uds indicador de estación de control, led, de color verde. El proveedor es Schneider Electric y la referencia XB4BVB3.
- 1 Uds indicador de estación de control, led, de color amarillo. El proveedor es Schneider Electric y la referencia XB4BVB5.
- 1 Uds. indicador de estación de control, led, de color rojo. El proveedor es Schneider Electric y la referencia XB4BVB4.

Relé electrónico

En el proyecto se hace uso de relés electrónicos con el objetivo de accionar los cambios de aguja de las vías o desvíos del trayecto ferroviario en un sentido o en el otro. Puesto que en el

total del trayecto ferroviario hay distribuidos 6 cambios de aguja, se necesitarán 6 relés para cubrir el funcionamiento de todos ellos.

El relé seleccionado es del fabricante Finder, el modelo es el 40.52.7024.0000.

La selección de este modelo de relé y fabricante se debe principalmente a la disposición de los contactos que tiene, ya que es adecuada para accionar el desvío en un sentido o en otro (posee contactos NA y NC, y que se adapta muy bien a su distribución en carril DIN de 35 mm (concretamente se pueden distribuir los relés en una sección de carril de idénticas dimensiones al carril utilizado en la distribución de los autómatas S7-200, por lo que se puede realizar una instalación optimizada de cableado y simplificación de conexiones). Se ha seleccionado una tensión de bobina de 24 VDC, que es la tensión de salida de las fuentes de alimentación que se van a usar en el proyecto.

Para la colocación del relé, es necesario un zócalo cuya referencia es, 95.05.

Un accesorio de mayor importancia es el diodo de protección CEM tipo 99.02. La desactivación del relé provoca una corriente de descarga en la bobina en sentido inverso que pone en peligro el elemento electrónico utilizado para su activación. En este caso, se protege al transistor de la salida digital del autómata, que es quien ordena la activación y desactivación del relé. Colocando un diodo polarizado inversamente cortocircuita esa corriente y elimina el problema. El inconveniente es que la descarga de la bobina es más lenta, por lo que la frecuencia a la que puede ser activado el relé es más baja. A este tipo de diodo se le llama comúnmente diodo volante.

Para el proyecto se han utilizado 6 diodos de protección que se colocan en el zócalo de conexión de los relés. Los diodos son específicos para este modelo de relé y zócalo.

Otro accesorio que se va a utilizar es un puente de 8 terminales para el zócalo (ref: 095.18). Este accesorio no es imprescindible, pero ayuda bastante simplificando el cableado. Gracias a este peine de conexión, sólo hace falta llevar un cable de alimentación a uno de los bornes y automáticamente ya se tiene con la misma señal el resto de bornes. Por ejemplo, en los 6 relés que se van a utilizar, se va a simplificar la conexión de masa en la alimentación de la bobina de cada uno de ellos, realizando esta conexión a través del peine.

Material diverso

En este grupo se engloban el cable eléctrico, punteras, terminales de conexión (fichas), herramienta necesaria a nivel eléctrico, material necesario para construir la maqueta (tableros de madera, tubo de hierro, etc), herramienta necesaria para la construcción de la maqueta (radial de corte, soldadora, etc). Es decir, todo el material no específico del mundo ferroviario o del sistema de automatización, y herramientas utilizadas en la realización del montaje e instalación del sistema.

El cable eléctrico que se va a utilizar en el conexionado del sistema de automatización es de color azul y negro, además de cable de tierra en su color característico. Para la realización de las conexiones del sistema de automatización se va a emplear cable de 1 mm² fundamentalmente, y de 0,5 mm² cuando sea necesario para simplificar las conexiones por el aglomeramiento de cableado. La terminación del cable en los autómatas y en los terminales se realizará con la ayuda de punteras, para evitar roturas de los filamentos del cable y que de esta forma queden las conexiones reforzadas y limpias.

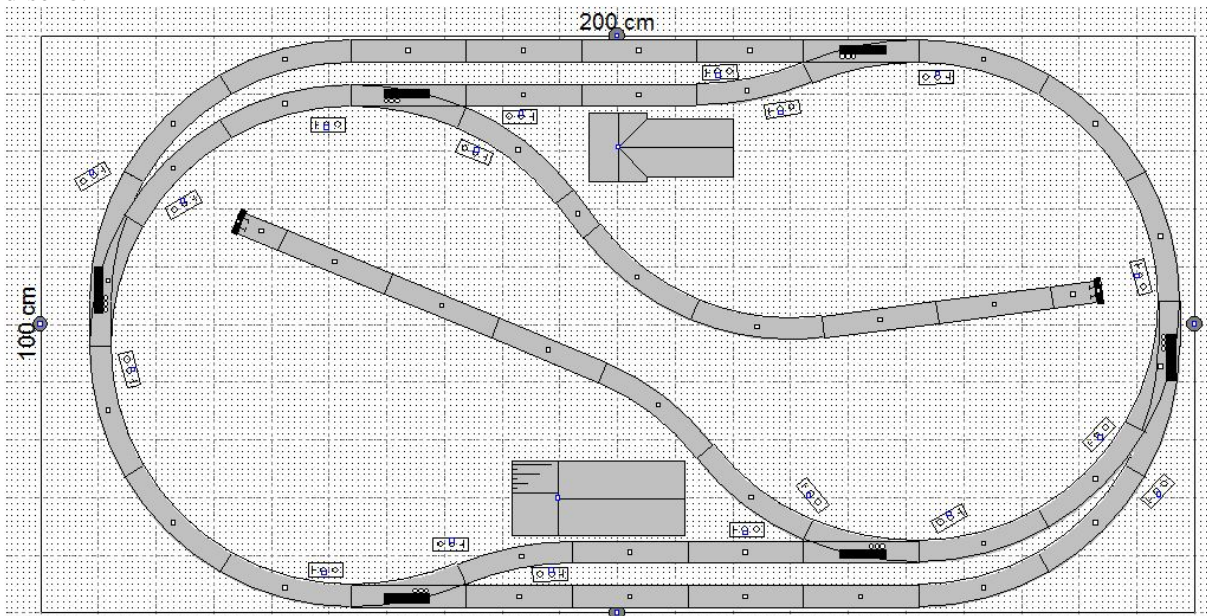
Cámara de red PT (Pan/Tilt) de la compañía LevelOne.

Dispone de funcionalidad de tracking o seguimiento de objetos en movimiento. Gracias al SDK que incluye, esta cámara puede programarse para que detecte los convoys en movimiento y tome fotografías de los objetivos y zonas que se establezcan (targets).

4. Implementación

4.1. Montaje de la maqueta ferroviaria.

Se ha realizado el montaje de la maqueta ferroviaria partiendo del layout creado en la fase de diseño.



Se han utilizado los kits de materiales descritos en la fase de análisis y diseño. La maqueta terminada ha quedado de la siguiente forma:



Figura 23. Montaje de la maqueta

4.2. Montaje de los dispositivos de señalización de la maqueta (semáforos, desvíos, sensores).

4.2.1. Semáforos

La implementación de los semáforos se ha hecho en placa de circuito impreso (PCB), diseñando primero el circuito y después usando técnicas de revelado de placas de circuito impreso para la fabricación física de los mismos.

Para el diseño de los circuitos de semáforos se ha utilizado software especializado en el diseño de PCBs, en concreto, se ha utilizado el software PCB Wizard, un software sencillo y potente que permite el dimensionado real de todos los componentes electrónicos y pistas del circuito, con lo cual se puede calcular el espacio y diseño necesarios de construcción sobre el mismo software.

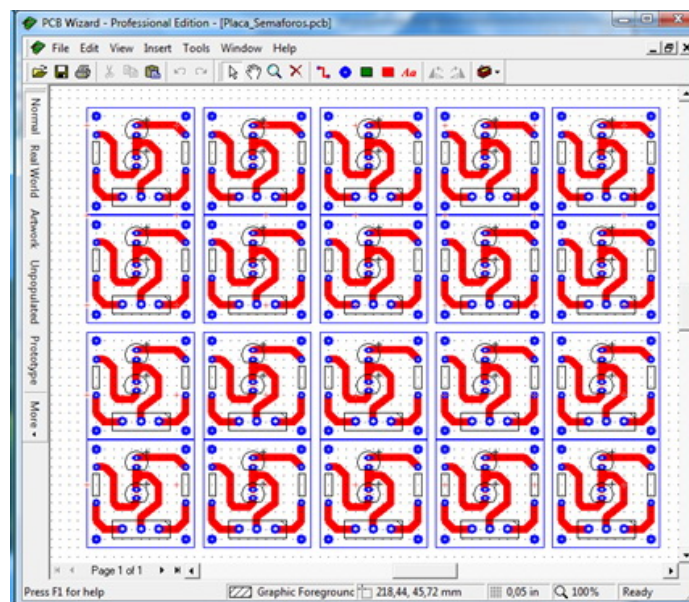
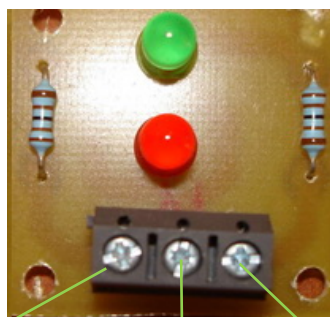


Figura 24. Diseño de las placas de circuito impreso de los semáforos

Empleando los leds, las resistencias y los terminales de conexión para PCB, previstos en el material a utilizar para el sistema de control, se han creado los semáforos usados en la maqueta.



Conexión a salida digital automática para controlar led rojo

Conexión a salida digital automática para controlar led verde

Conexión a masa común

Figura 25. Parte delantera del semáforo fabricado

En la siguiente imagen se puede ver el semáforo por el lado de las pistas:

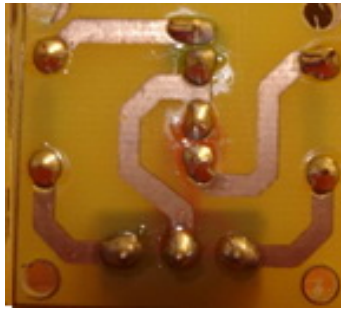


Figura 26. Parte trasera del semáforo fabricado

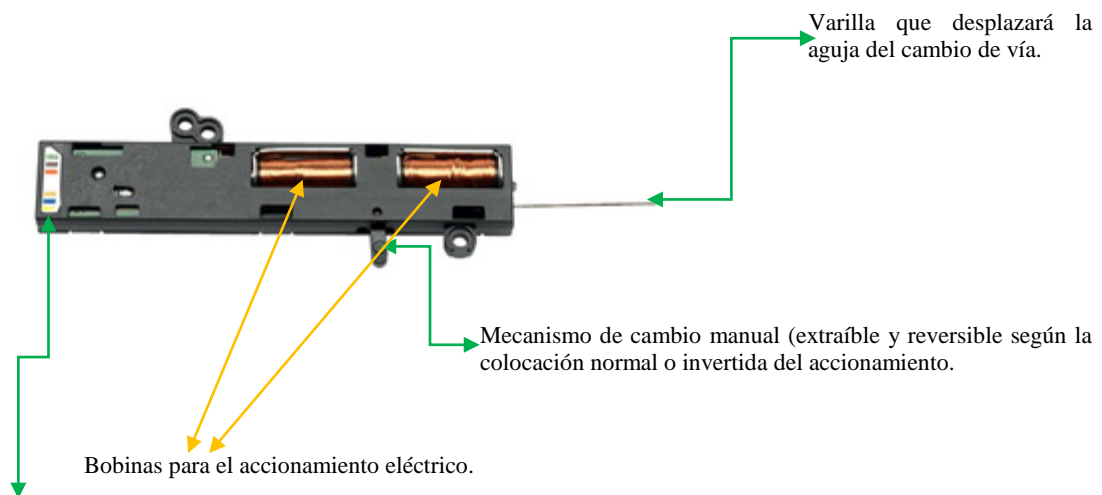
Para colocar los semáforos en la maqueta se han construido unos soportes de madera.



4.2.2. Desvíos

En cada uno de los 6 desvíos (cambios de aguja) de la maqueta, se ha colocado el accionamiento eléctrico 61195 (previsto en el material a utilizar en la fase de análisis y diseño).

El accionamiento se ha situado en la parte interior del desvío y se ha fijado con tornillos al mismo.



Conexiones para conectores de alimentación, decodificador (sólo cuando se opere en digital) y polarización del mecanismo (todo indicado con código de colores que estarán también marcados en los correspondientes dispositivos que conectamos).

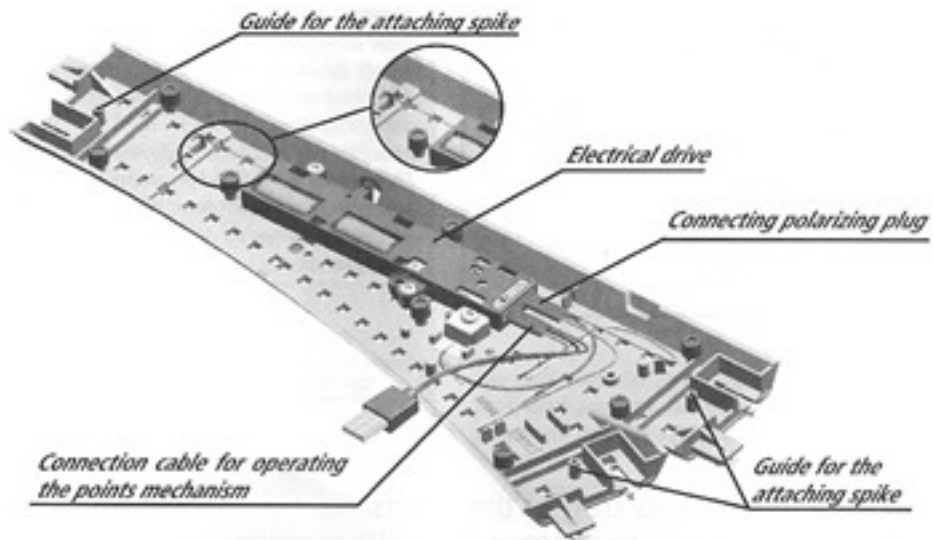


Figura 27. Detalle de la parte inferior del desvío con el accionamiento colocado.

4.2.3. Sensores

Los sensores se han distribuido a lo largo del trayecto, de forma que la localización del tren durante el recorrido se pueda hacer fácilmente.

En las zonas rectas se han colocado para poder detectar el tren por el lateral y en las zonas curvas, se han colocado elevados para detectar el paso del tren desde la parte superior.



Figura 28. Sensor para detección lateral



Figura 29. Sensor para detección aérea

4.3. Cableado de los autómatas y todo el hardware empleado para desarrollar el control automatizado.

Se ha realizado el cableado de los autómatas, los relés la alimentación de las vías, etc, quedando de la siguiente forma:



Figura 30. Cableado de autómatas

Los semáforos se han conectado a las salidas de los S7-226, los sensores se han conectado a las entradas de los S7-226 y los desvíos se han conectado a los relés que luego van conectados al PLC.

Los detalles de las conexiones se explican en el capítulo 10 del anexo.



Figura 31. Interruptores de control

4.4. Instalación y configuración del software necesario.

Se ha realizado la instalación de todo el software necesario para el control y programación de los autómatas, realización de las pantallas HMI y para el desarrollo de la página web.

Antes de empezar a desarrollar la programación se ha tenido en cuenta la comunicación de los autómatas en la red PROFIBUS DP. La configuración de componentes en la red PROFIBUS es la siguiente:

- PLC S7 314C-2DP → Este PLC se ha configurado con la dirección #2 (MPI) para tareas de programación por PC y #2 (DP) para la comunicación PROFIBUS DP y que realizará la función de Master de dicha red.
- PLC S7 226 con EM277 → Este PLC se ha configurado con la dirección #2 (PPI) para tareas de programación y #3 (DP) en el módulo EM277 que realizará funciones de esclavo en la red PROFIBUS DP.
- PLC S7 226 con EM277 → Este PLC se ha configurado con la dirección #2 (PPI) para tareas de programación y #4 (DP) en el módulo EM277 que realizará funciones de esclavo en la red PROFIBUS DP.
- PC como sistema HMI (Wincc Scada) → Se ha configurado para visualizar datos y realizar tareas de control con la CPU Master de la red PROFIBUS DP.

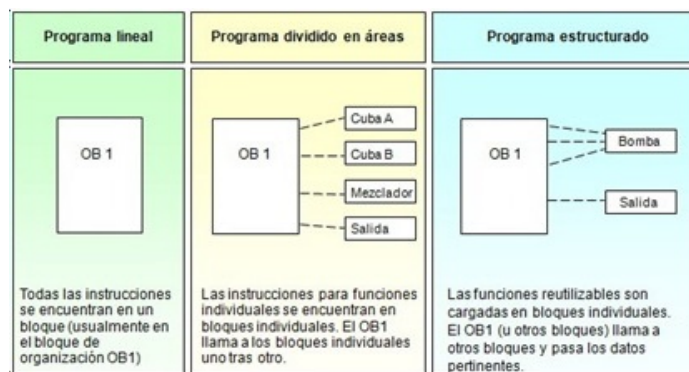
La configuración de las comunicaciones MPI S7 314C-2DP/PC, configuración PPI S7 226/PC, configuración física de los PLCs S7-226 para la comunicación PROFIBUS DP y la implementación de la red PROFIBUS DP en Step7, se explica con detalle en el capítulo 11 del anexo.

4.5. Programación de los autómatas de control.

4.5.1. Programación del S7 314C-2DP

En la programación realizada en el S7 314C-2DP se ha tenido en cuenta que es el equipo maestro de la red PROFIBUS DP y que controlará a sus dos esclavos en la red, los S7 226.

Con Siemens Step 7 se puede utilizar una de las tres estructuras de programa diferentes:



La programación lineal es muy útil cuando el tipo de programa a realizar no tiene complejidad y lo que se busca es rapidez para realizar operaciones que no impliquen la subdivisión del programa en varias tareas más sencillas. Todas las instrucciones están en un solo bloque, el OB1, que se considera el bloque de organización adecuado para que el usuario introduzca su programa principal. Este modelo se asemeja a un esquema de relés, que se reemplaza por un controlador lógico programable. La CPU procesa las instrucciones individuales una tras otra.

La programación estructurada es, a diferencia, muy útil para realizar tareas complejas en las que constantemente se tengan que estar repitiendo llamadas a otras partes del programa, etc. Con este tipo de programación se pueden reutilizar funciones, que se programarán de forma generalizada para aceptar llamadas a las mismas pasando diferentes parámetros en cada llamada. Estas funciones se cargarán en bloques individuales, que serán llamados desde el OB1 (u otros bloques) pasándole los datos que sean necesarios teniendo en cuenta la programación realizada en la función (las direcciones exactas de entradas y salidas, así como los valores de los parámetros).

Por último, la programación dividida se encuentra en la mitad de los dos extremos anteriores. Por una parte, tiene la ventaja de realizar la programación dividida en tareas o áreas y esto supone una mejora con respecto a la programación lineal. Por otra parte, la programación dividida no contempla la creación de funciones generalizadas con paso de parámetros como la programación estructurada. En el caso de la programación dividida, las instrucciones para funciones individuales se encuentran en bloques individuales, y el bloque OB1 llama a los bloques individuales uno tras otro. Cada bloque individual resolverá una tarea concreta, y el bloque OB1 los irá llamando en función de la tarea que se necesite resolver. También es posible dividir más el programa si se tiene en cuenta que en cada bloque se pueden utilizar varios segmentos, cada uno de ellos dedicado para realizar una subtarea específica de la principal.

En la realización del proyecto se ha decidido utilizar programación dividida, puesto que la estructura de este tipo de programación se adapta bien al objetivo del proyecto.

El proyecto consta del bloque de organización OB1 y de varios bloques FC (funciones), cada una de las cuales está programada para solucionar una tarea concreta. El bloque OB1 forma parte de los llamados bloques de organización, que constituyen la interfase entre el sistema operativo del PLC y el programa de usuario.

Las funciones FC contienen, parte de la funcionalidad del programa. Es posible programar funciones a las que se les pueda asignar parámetros. Como resultado, las funciones también se pueden utilizar para tareas repetitivas o funcionalidades complejas tales como cálculos.

Para la programación de la aplicación se ha utilizado programación con simbólicos, puesto que proporciona un método de programación más claro. Utilizando programación simbólica se evita en gran manera la programación con direccionamiento absoluto, en la que hay que especificar el operando directamente (por ejemplo, la entrada E 124.0). En el caso de la programación con símbolos se puede asignar un nombre a una dirección absoluta (por ejemplo, "SistemaOn" a la

entrada E 124.0). Estos símbolos (pueden ser para las entradas, salidas, temporizadores, contadores, marcas y bloques), se almacenan en la tabla de símbolos. Esta tabla se compone de columnas para el nombre del símbolo, el operando, el tipo de datos y un comentario para el símbolo. Cada símbolo ocupa una línea de la tabla. Al final de la tabla se añade automáticamente una línea en blanco para definir un nuevo símbolo.

La tabla de símbolos es una base de datos común y puede ser utilizada por todas las herramientas de STEP 7.

En el proyecto se ha utilizado el lenguaje AWL, que permite facilidad de programación y una visión global del código en forma de programación en lista de instrucciones.

En el apartado 12.1 del anexo se pueden ver en detalle la lista de instrucciones utilizadas en la programación del S7 314-2DP.

4.5.2. Programación de los S7 226

Para la programación de los S7 226 se ha utilizado STEP 7/MicroWIN. En este lenguaje, un bloque de programa se compone del código ejecutable y los comentarios. El código ejecutable comprende el programa principal, así como subrutinas y/o rutinas de interrupción opcionales. El código se compila y se carga en el S7 226, a excepción de los comentarios del programa. Las unidades de organización (programa principal, subrutinas y rutinas de interrupción) sirven para estructurar el programa de control.

Se emplea el editor AWL, que proporciona más funcionalidades a la hora de programar, por este motivo y porque ya se está familiarizado con el editor AWL, es la opción seleccionada como editor de programación de los dos S7 226 del proyecto.

En el apartado 12.2 del anexo se pueden ver en detalle la lista de instrucciones utilizadas en la programación del S7 226.

4.6. Desarrollo de las pantallas HMI.

La aplicación Scada se ha desarrollado con WinCC, que es una aplicación IHMI (Integrated Human Machine Interface). Las pantallas HMI de la aplicación se han desarrollado con el editor Graphics Designer que se encarga de la confección de las pantallas del WinCC.

El diseño del apartado gráfico se ha realizado siguiendo recomendaciones recogidas de los estándares y guías de buenas prácticas actuales y más relevantes. Como estándar HMI más relevante se ha considerado el estándar ISA101, que define la terminología y modelos de desarrollo de un HMI y el flujo de trabajo recomendado para un efectivo mantenimiento a lo largo del ciclo de vida de las aplicaciones HMI. Por otra parte, la guía de buenas prácticas más relevante actualmente es “The High Performance HMI Handbook: A Comprehensive Guide to Designing, Implementing and Maintaining Effective HMIs for Industrial Plant Operations”. Esta guía constituye un conjunto de recomendaciones sobre como diseñar un HMI efectivo y lo que debemos y no debemos hacer, como desarrolladores de interfaces, a la hora de diseñar este tipo de aplicaciones dedicadas a la automatización de procesos. El concepto más relevante de esta guía es lo que sus autores denominan High Performance HMI (HPHMI).

El fundamento de un HPHMI es permitir al operador monitorizar y controlar una instalación de forma segura y eficaz. El operador necesita realizar estas operaciones tanto en condiciones de funcionamiento normal de la instalación como en condiciones anormales, y debe poder tomar decisiones y actuar a tiempo tanto para proteger a los operarios de los posibles riesgos para su persona como para evitar o minimizar posibles daños en las instalaciones. HPHMI está basado

en los más recientes principios de buenas prácticas en cuanto a ingeniería de factor humano y diseño ergonómico.

Muchos de los sistemas HMI actuales, incluso después de más de 20 años de avances significativos en este campo, están basados en prácticas de diseño equivocadas. Algunos signos de prácticas incorrectas asociadas al diseño de HMI son:

- Paleta de colores demasiado amplia y “combinación” incorrecta de los colores en las representaciones gráficas y textuales.
- Abuso en la utilización de objetos y gráficos en 3-D, animaciones y efectos de sombra de los propios objetos.
- Representación gráfica de la instalación o dispositivo con excesivo detalle. Esto puede llegar a influir negativamente en forma de “distracción” y dificulta la capacidad de atención del operario en los detalles importantes de la representación gráfica.
- Navegación inadecuada. Existen gran cantidad de aplicaciones HMI en las que la navegación entre pantallas es incoherente e incluso en algunas ocasiones los niveles de detalle no están bien estructurados, lo cual a su vez provoca un nivel de detalle excesivo aglutinado en determinadas pantallas (problema visto en el punto anterior).
- Gestión y representación inadecuada de alarmas. Este es uno de los principales puntos a tratar durante el diseño de un sistema HMI, puesto que la gestión de alarmas está estrechamente relacionada con el tratamiento de situaciones anormales en las instalaciones monitorizadas. Se tratará con más detalle en las siguientes secciones.
- Representación gráfica de valores o estados en los que falta información importante para el operador. Es decir, se pueden diseñar representaciones gráficas donde no sólo se informe al operario del valor actual de una determinada medida o estado, sino también del rango idóneo de esa medida o de las posibilidades de estado disponibles. Pueden existir contextos de operatividad donde este tipo de información es relevante para el operador, y la aplicación HMI debe garantizar que el operario recibe la información adecuada a sus necesidades sin “caer” en la tentación de mostrarle más detalles de los necesarios en el nivel más general de representación. Una aplicación HMI bien diseñada dispondrá de varios niveles de representación gráfica (de menos a más detalle) donde se podrán especificar detalles muy concretos a nivel de ingeniería para la realización de diagnósticos concretos, mantenimiento, etc.

En los últimos años se han dado antecedentes de varios accidentes industriales donde ha quedado demostrado que un diseño erróneo de la aplicación HMI ha contribuido a las causas de estos accidentes. Uno de los casos más nombrados es la explosión que tuvo lugar en la fábrica de Texaco Pembroke (UK) en el año 1994. La investigación del caso concluyó que la aplicación HMI contribuyó al accidente que se produjo debido a una gestión errónea de las alarmas y la falta de información de las condiciones del proceso que se estaba llevando a cabo. Por tanto, una de las conclusiones que se extrajeron de aquella investigación es que las pantallas de monitorización y control estaban mal diseñadas y configuradas para proveer a los operadores con la información necesaria para el seguimiento y control seguros de la instalación. Además, se concluyó que si la aplicación HMI hubiera sido adecuada el accidente quizás se podría haber evitado. Un caso parecido se produjo en la planta BP Amoco en Tejas, concluyendo el informe que la aplicación HMI tuvo un factor determinante en las causas del accidente.

La solución a este tipo de problemas relacionados íntimamente con HMI radica en proponer un método de trabajo adecuado y en el diseño, implementación y mantenimiento de un sistema HPHMI. Un sistema HPHMI incluye los siguientes aspectos:

- Principios y buenas prácticas para crear un HMI efectivo.
- Diseño adecuado de la jerarquía, contenido y navegación entre pantallas de la aplicación HMI completa, teniendo en cuenta que una instalación determinada puede constar de varios sistemas susceptibles de ser monitorizados y controlados local y/o remotamente.

HPHMI propone un diseño de jerarquía basado en los siguientes niveles:

- Nivel 1: Pantallas de visión general del proceso o sistema
 - Nivel 2: Pantallas de control del proceso o sistema
 - Nivel 3: Pantallas de detalle del proceso o sistema
 - Nivel 4: Pantallas de soporte del proceso o sistema y diagnóstico
- Diseño efectivo de la consola del operador

Para crear un sistema HPHMI se aconseja adoptar una metodología descrita en siete pasos, los cuales se listan a continuación:

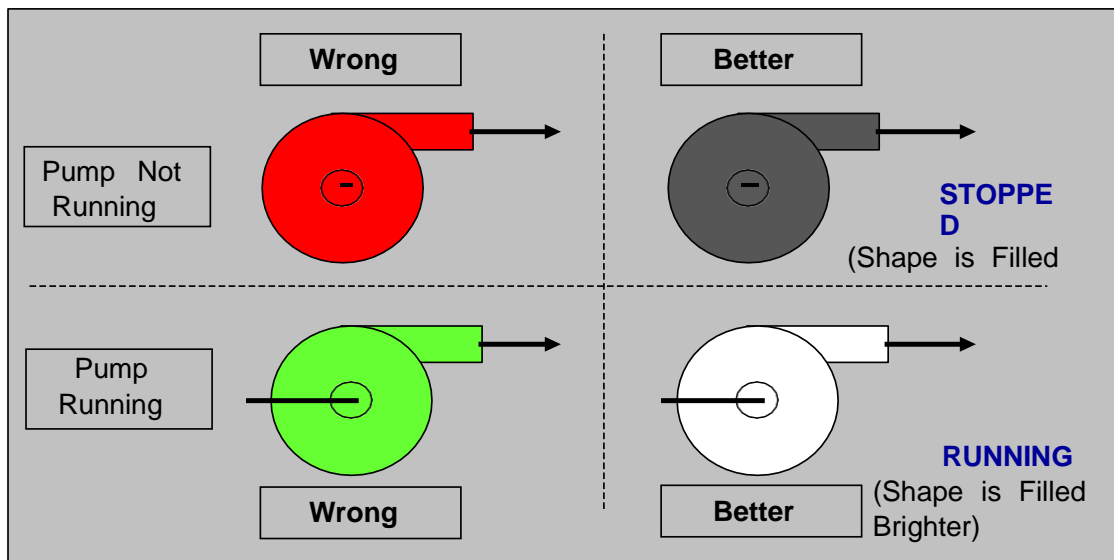
- Paso 1: Utilizar una filosofía y guía de estilos orientada a HPHMI (más adelante se tratará en detalle)
- Paso 2: Análisis comparativo de los gráficos actuales HMI, si existen, con la nueva filosofía HPHMI.
- Paso 3: Determinar el rendimiento específico y los objetivos a alcanzar por parte del control de proceso. Estudiar todos los modos de operación y determinar objetivos y rendimiento del HMI en cada uno de ellos.
- Paso 4: Llevar a cabo tareas de análisis para determinar las acciones de control necesarias para cumplir el rendimiento y los objetivos propuestos.
- Paso 5: Diseño de gráficos de alto rendimiento, utilizando los principios de diseño propuestos por la filosofía HMI y los elementos necesarios de la guía de estilos para llevar a cabo las tareas identificadas.
- Paso 6: Instalación, validación y entrenamiento en la nueva aplicación HMI
- Paso 7: Control, mantenimiento y análisis periódico del rendimiento HMI

Una de las recomendaciones más requeridas cuando se diseñan aplicaciones HMI es la correcta utilización de los colores en pantalla. Un HMI con una paleta de colores mal utilizada puede derivar incluso en situaciones de riesgo de seguridad para los operadores y/ instalaciones en el peor de los casos. Incluso en el mejor de los casos es posible que cause situaciones de pérdida de efectividad o no reconocimiento de situaciones anormales en las instalaciones, etc. Todo ello teniendo en cuenta que estas aplicaciones deben ser utilizadas por personal humano, por lo que se debe tener en cuenta el factor humano y los posibles problemas derivados de este factor. Por ejemplo, las personas con problemas en el reconocimiento correcto del color rojo y verde tienen problemas para utilizar aplicaciones HMI que inciden en estos dos colores para representar situaciones cotidianas de los sistemas que están controlando y monitorizando.

Para solucionar estos problemas, en HPHMI se hacen constar las siguientes recomendaciones:

- Utilizar una cantidad reducida de códigos de color y utilizarlos de forma consistente a lo largo de la jerarquía de niveles de representación visual (displays).
- Utilizar el color rojo y amarillo SOLO para las alarmas.
- Comprobar que las combinaciones de color proporcionan un contraste aceptable y suficiente
- Evitar combinaciones de color que sean confusas para personas daltónicas.

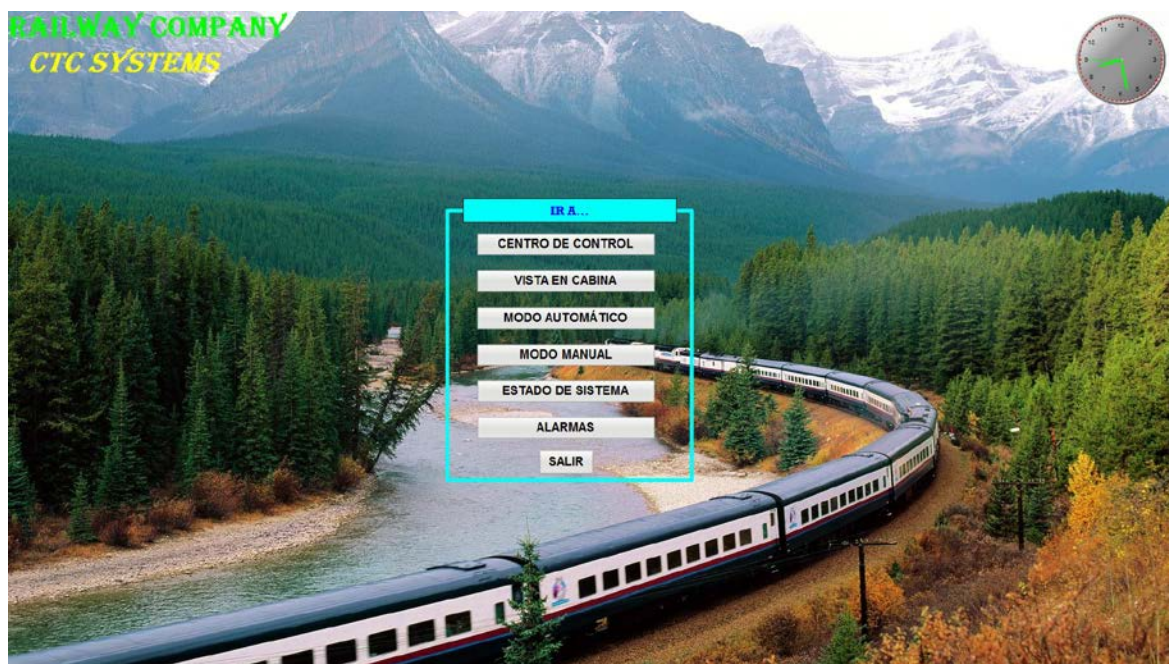
En la siguiente figura tomada del libro “The High Performance HMI Handbook: A Comprehensive Guide to Designing, Implementing and Maintaining Effective HMIs for Industrial Plant Operations”, se pone de manifiesto la importancia de elegir una paleta de colores y una asignación de significado correctas.



Para la aplicación se han desarrollado las siguientes pantallas:

4.6.1. Menú principal

Al iniciar la aplicación aparecerá la ventana de menú principal del Scada, desde la que se puede acceder a las pantallas de control más importantes del sistema automatizado, y que se muestra a continuación:



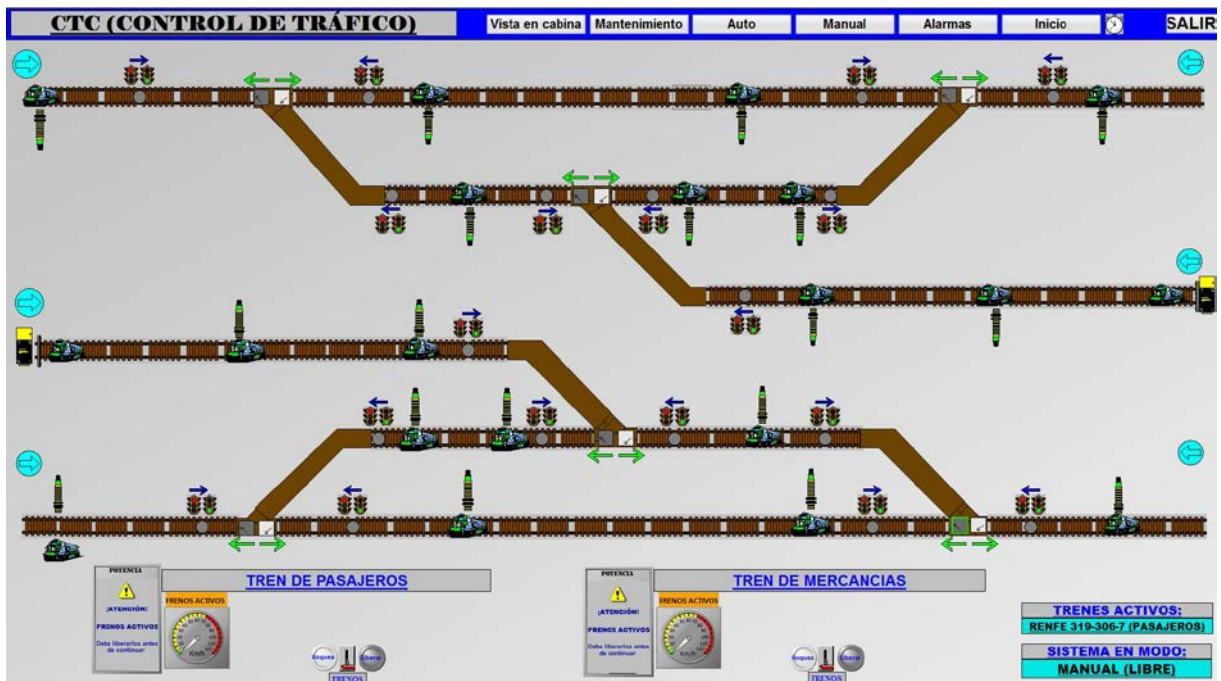
En este caso, el usuario podrá ir a cualquiera de las siguientes pantallas de la aplicación sólo con hacer clic en el botón correspondiente:

- **CENTRO DE CONTROL** → La pantalla del centro de control se puede considerar el punto clave de la aplicación. Contiene el trayecto completo de la línea ferroviaria y se muestran todos los dispositivos ferroviarios del sistema.

- **VISTA EN CABINA**→ Este botón lleva al usuario a la pantalla de vista en cabina. Esta pantalla muestra el trayecto de la línea ferroviaria completo (igual que en la pantalla de CTC), pero esta vez desde una visión en las cabinas del tren.
- **ESTADO DE SISTEMA**→ Este botón lleva al usuario a la pantalla de diagnósticos de sistema. En ella se da acceso a todas las subpantallas de diagnóstico o control de estado de los dispositivos.
- **MODO AUTOMÁTICO**→ Este botón lleva al usuario a la pantalla de modo automático sólo si el sistema ya se encuentra en ese modo (conmutador en posición automático). Permite al usuario seleccionar una ruta o bucle de rutas para que el sistema automatizado la efectúe.
- **MODO MANUAL**→ Este botón lleva al usuario a la pantalla de modo manual sólo si el sistema ya se encuentra en ese modo (conmutador en posición manual). Permite al usuario seleccionar una ruta o bucle de rutas para que el sistema automatizado la efectúe, controlando la velocidad de las locomotoras el Jefe de Control desde esta aplicación Scada.
- **ALARMAS**→ Este botón lleva al usuario a la pantalla de alarmas, donde se puede ver en forma de tabla todos los avisos y alarmas del sistema. El usuario podrá visualizar estas alarmas en tiempo real y se permitirá el acuse de las mismas.
- **SALIR** → Este botón permite cerrar la aplicación Scada.

4.6.2. Centro de control de tráfico ferroviario (CTC)

Esta es la pantalla donde el Jefe de Control monitorizará la línea ferroviaria completa. Se puede ver en la siguiente imagen:

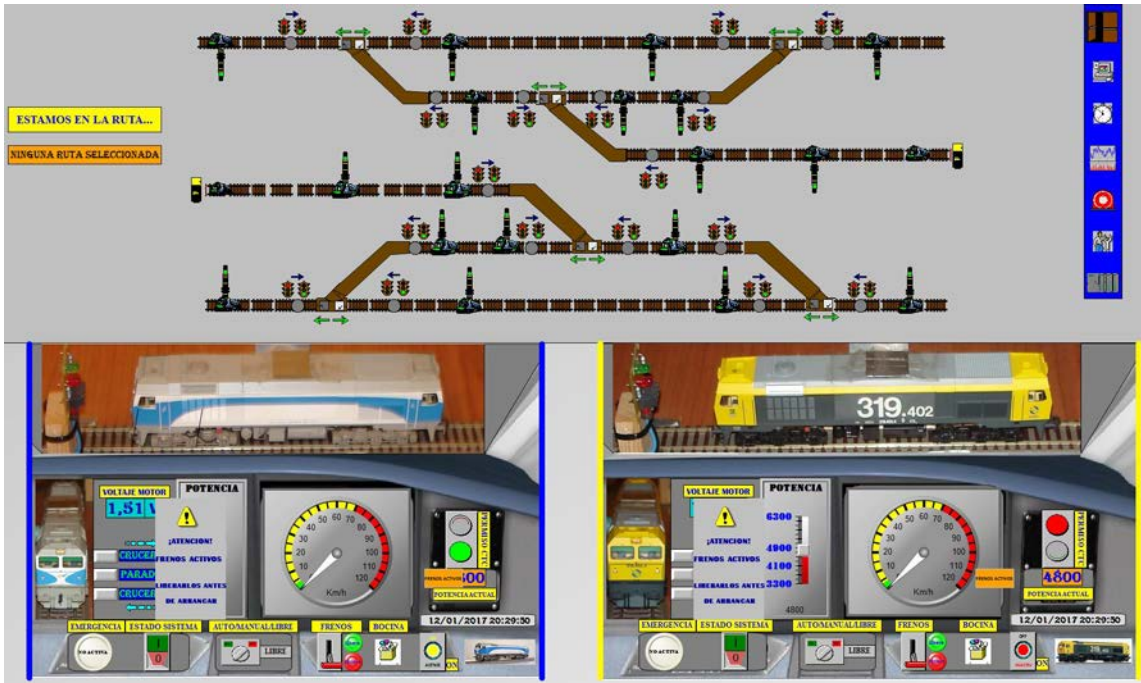


Esta pantalla tiene un comportamiento diferente según el modo de funcionamiento activo del sistema automatizado. De esta forma, cuando el sistema se encuentre en modo automático, el usuario sólo podrá navegar por las distintas pantallas a las que se accede mediante el menú o visualizar el trayecto de la línea ferroviaria, es decir, tareas de monitorización. Esto es debido a que, en modo automático, es el sistema y no el usuario el que gestiona de forma automatizada todo el trayecto. En modo manual, el usuario suma a la monitorización la gestión de la velocidad de los trenes, puesto que se habilitan en la pantalla controles para regular la misma.

En modo manual libre sí es el usuario quien puede controlar (a través del sistema, claro está) todos los componentes: velocidad de trenes, desvíos y semáforos.

4.6.3. Vista en Cabina

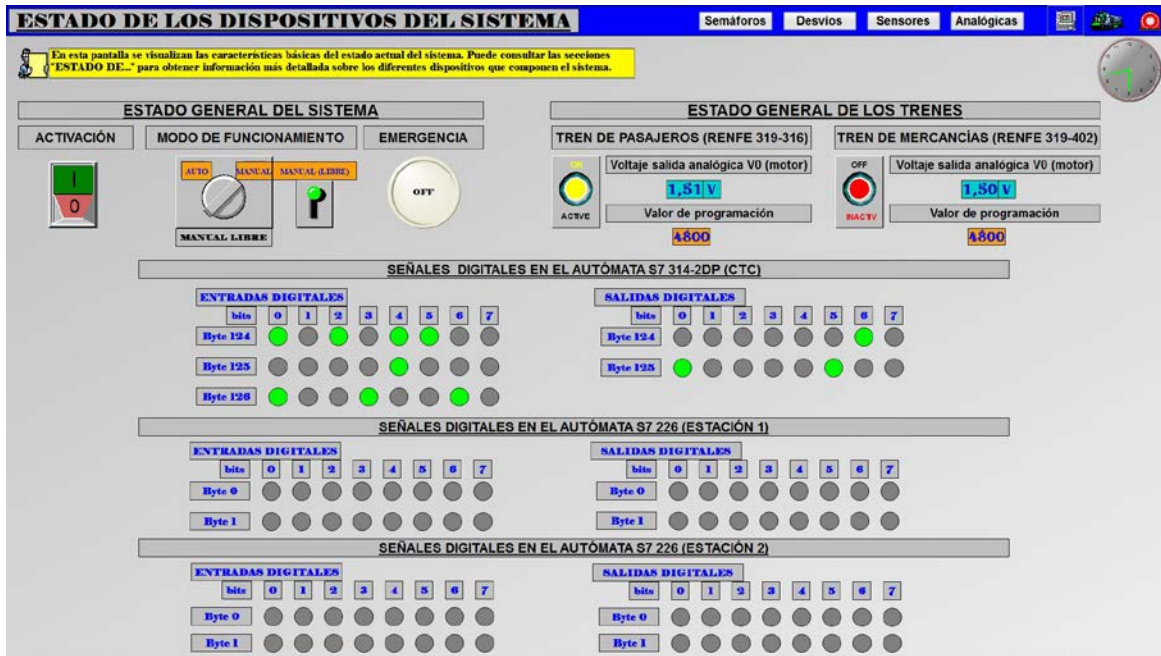
La siguiente pantalla es bastante parecida en funcionalidad con la del centro de control, sin embargo, muestra la vista en cabina de los dos trenes. La pantalla es la siguiente:



La parte superior central muestra la línea ferroviaria completa. El comportamiento de los objetos es idéntico al que se ha descrito en la pantalla del centro de control. En la parte superior derecha se muestra la ruta, si hay alguna, que se encuentra en ejecución. En la parte inferior izquierda se muestra la cabina del tren de pasajeros. Los controles de potencia, velocidad y parada tienen el mismo comportamiento que en la pantalla del centro de control. En la parte inferior derecha se muestra la cabina del tren de mercancías, que es similar a la del tren de pasajeros. En las dos cabinas se muestra el voltaje de funcionamiento del motor de cada tren.

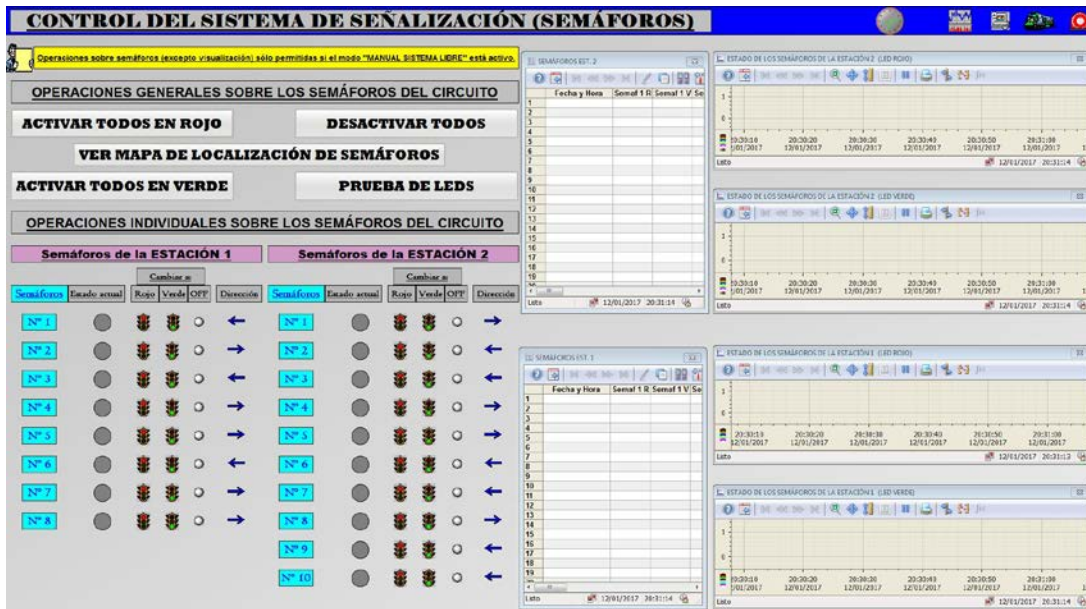
4.6.4. Estado de dispositivos del sistema

Esta pantalla muestra todas las señales (digitales y analógicas) implicadas en el sistema, además de una visualización del estado general del sistema. También, se muestra si los trenes están activos y sus valores de tensión y potencia actuales. Los botones en la sección “Estado de...” llevarán al usuario a las pantallas de diagnóstico específicas de los dispositivos (marcados con los nombres de los botones):

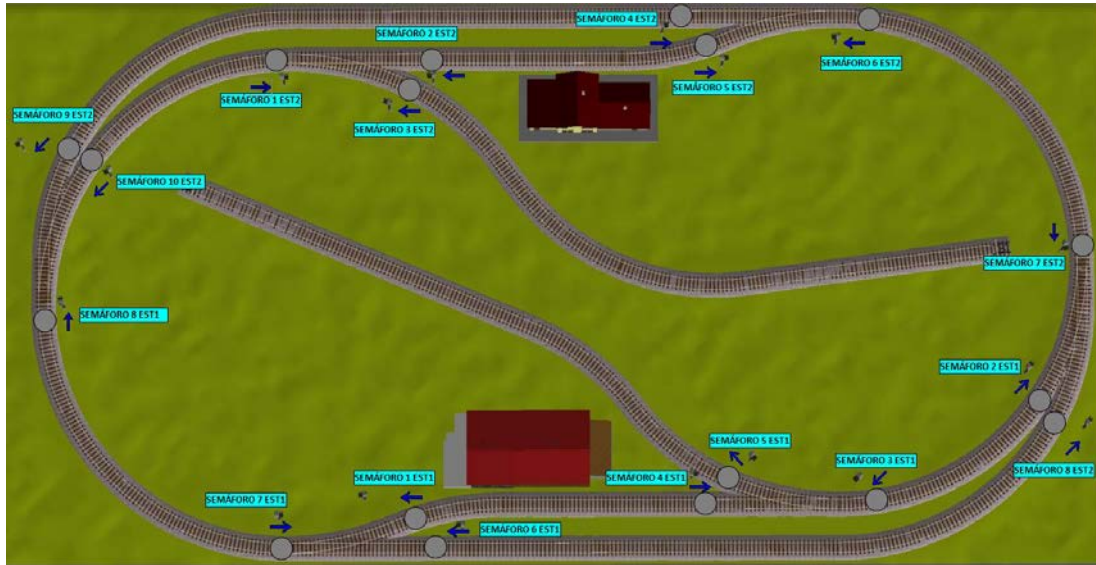


4.6.5. Control de semáforos

En esta pantalla se muestra el estado de todos los semáforos del sistema. También se puede cambiar su estado si se selecciona el modo manual/libre. Se muestran las tablas de datos que se archivarán en la base de datos y las gráficas de estado a lo largo del tiempo. Se pueden realizar acciones generales sobre todos los semáforos o acciones individuales sobre cada uno de ellos. Es particularmente interesante el botón prueba de leds, que se puede utilizar para hacer un diagnóstico completo de todos los semáforos del trayecto de línea ferroviaria.



El botón “VER MAPA DE LOCALIZACIÓN DE SEMÁFOROS”, que muestra una ventana donde se puede ver una representación 3D de la línea ferroviaria y la situación de los semáforos en ella.



4.6.6. Control de desvíos

En esta pantalla se pueden ver el estado de los 6 desvíos que integra el trayecto de línea ferroviaria.

Al igual que en el caso de los semáforos, sobre los desvíos también se pueden realizar cambios de forma general (todos a la vez) o de forma individual. Se mostrará el estado de cada desvío mediante las “cajas” y las flechas correspondientes. Para cambiar el estado de cualquier desvío de forma individual, solamente hay que hacer clic sobre la caja que esté en color rojo del que se desee cambiar. De cualquier forma, haciendo clic sobre el dibujo de la i, se muestra información de ayuda al usuario. Además, se muestra el valor de señal digital (0 o 1) actual según la situación del desvío. También se podrá ver la tabla de valores de señal y su gráfica correspondiente en función del tiempo.

Por último, resulta interesante el botón “VER MAPA DE LOCALIZACIÓN DE DESVÍOS”, que muestra una ventana donde se puede ver una representación 3D de la línea ferroviaria y la situación de los desvíos en ella.

CONTROL DE LOS CAMBIOS DE VÍA

Operaciones sobre los desvíos solo permitidas si el modo "MANUAL, SISTEMA LIBRE" está activo.

OPERACIONES GENERALES SOBRE LOS DESVÍOS DEL CIRCUITO

ACTIVAR TODOS DESVÍOS (POS. CURVA)

ACTIVAR TODOS DESVÍOS (POS. RECTA)

VER MAPA DE LOCALIZACIÓN DE DESVÍOS

OPERACIONES INDIVIDUALES SOBRE LOS DESVÍOS DEL CIRCUITO

ESTADO DE LOS DESVÍOS

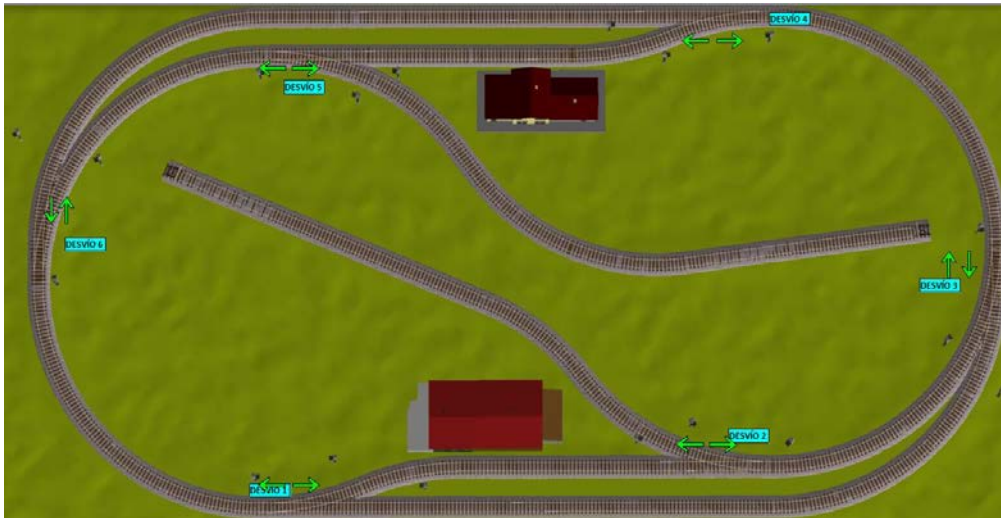
Desvío	Dirección actual	Cambiar a		Valor señal actual
		Curva	Recta	
Nº 1	←→	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
Nº 2	←→	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
Nº 3	←→	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
Nº 4	←→	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
Nº 5	←→	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
Nº 6	←→	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0

VALORES DE SEÑAL DE LOS DESVÍOS

Fecha y Hora	Desvío_1	Desvío_2	Desvío_3	Desvío_4	Desvío_5	Desvío_6
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

ESTADO DE LOS DESVÍOS

Gráfico de líneas que muestra el estado de los desvíos (0 o 1) a lo largo del tiempo.



4.6.7. Estado de sensores

Esta pantalla muestra el estado de los sensores de la línea ferroviaria. Se puede ver su estado y el valor de la señal digital de cada uno de ellos, además de las tablas de valores y las gráficas de valores de señal digital en función del tiempo.

CONTROL DE SENSORES

Las operaciones sobre los sensores quedan restringidas a la visualización de su estado actual, puesto que su cambio de estado depende de los eventos que se produzcan en el recorrido del circuito al paso de los trenes por cada sensor.

VISUALIZACIÓN DE ESTADOS DE LOS SENSORES DEL CIRCUITO

ESTADO DE LOS SENSORES DE LA ESTACIÓN 1 **ESTADO DE LOS SENSORES DE LA ESTACIÓN 2**

Sensores	Estado actual	Valor señal actual	Sensores	Estado actual	Valor señal actual
Nº 0	NO ACTIVO	2	Nº 0	NO ACTIVO	2
Nº 1	NO ACTIVO	2	Nº 1	NO ACTIVO	2
Nº 2	NO ACTIVO	2	Nº 2	NO ACTIVO	2
Nº 3	NO ACTIVO	2	Nº 3	NO ACTIVO	2
Nº 4	NO ACTIVO	2	Nº 4	NO ACTIVO	2
Nº 5	NO ACTIVO	2	Nº 5	NO ACTIVO	2
Nº 6	NO ACTIVO	2	Nº 6	NO ACTIVO	2
Nº 7	NO ACTIVO	2	Nº 7	NO ACTIVO	2
Nº 8	NO ACTIVO	2	Nº 8	NO ACTIVO	2
Nº 9	NO ACTIVO	2	Nº 9	NO ACTIVO	2

VER MAPA DE LOCALIZACIÓN DE SENSORES

VALORES DE SEÑAL DE LOS SENSORES DE LA ESTACIÓN 1

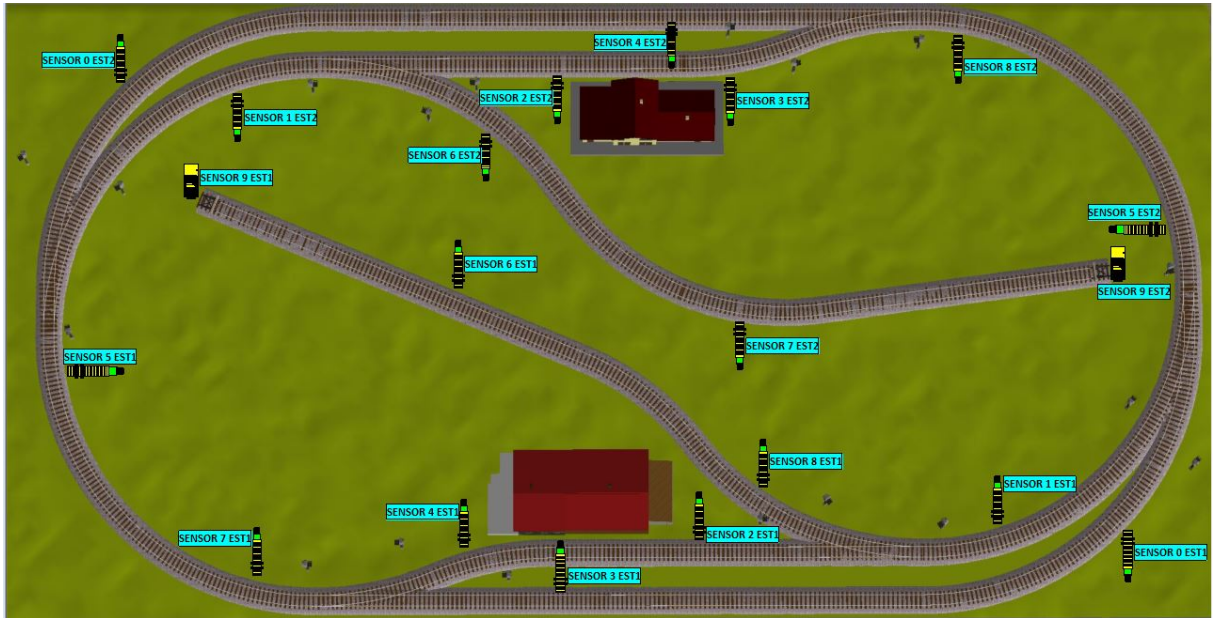
Fecha y Hora	Sensor_3	Sensor_4	Sensor_5	Sensor_6
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

ESTADO DE LOS SENSORES DE LA ESTACIÓN 1

VALORES DE SEÑAL DE LOS SENSORES DE LA ESTACIÓN 2

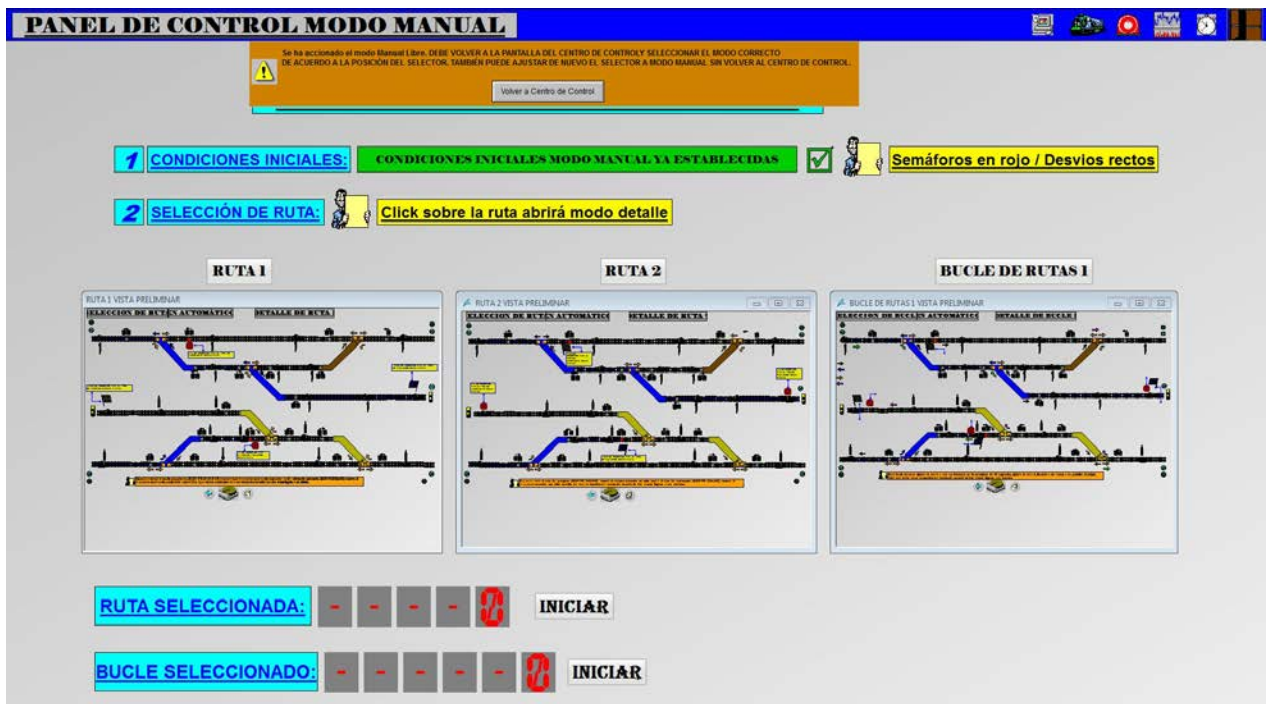
Fecha y Hora	Sensor_3	Sensor_4	Sensor_5	Sensor_6	Sensor_7
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

ESTADO DE LOS SENSORES DE LA ESTACIÓN 2



4.6.8. Modo Manual

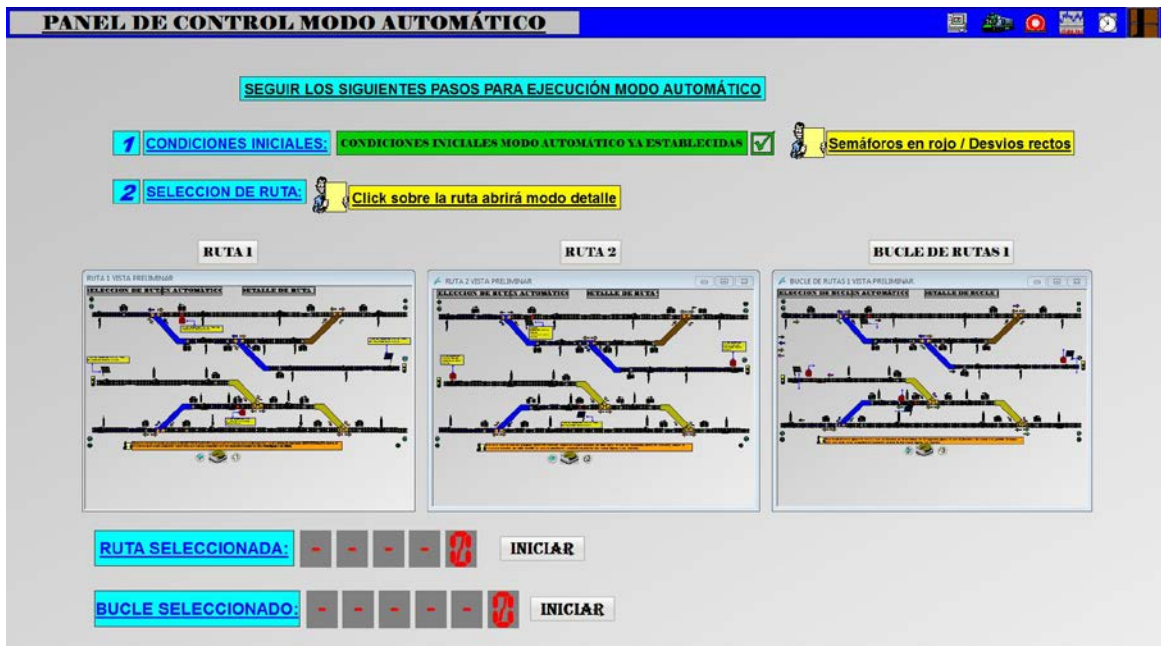
En la siguiente pantalla, el usuario puede seleccionar cualquier ruta o bucle de rutas para ejecutar en modo manual. El sistema lleva a cabo la ruta permitiendo que el Jefe de Control controle la velocidad de los trenes. Haciendo clic sobre los botones que tienen por nombre las rutas o bucle de rutas correspondiente, se abre la ventana correspondiente a esa ruta, aunque en esta pantalla ya se muestra la preview.



4.6.9. Modo Automático

En la pantalla de modo automático, el usuario puede seleccionar cualquier ruta o bucle de rutas para ejecutar en modo automático. El sistema llevará a cabo la ruta, y no permitirá que el Jefe de Control controle la velocidad de los trenes. Haciendo clic sobre los botones que tienen por

nombre las rutas o bucle de rutas correspondiente, se abre la ventana correspondiente a esa ruta, aunque en esta pantalla ya se muestra la preview.



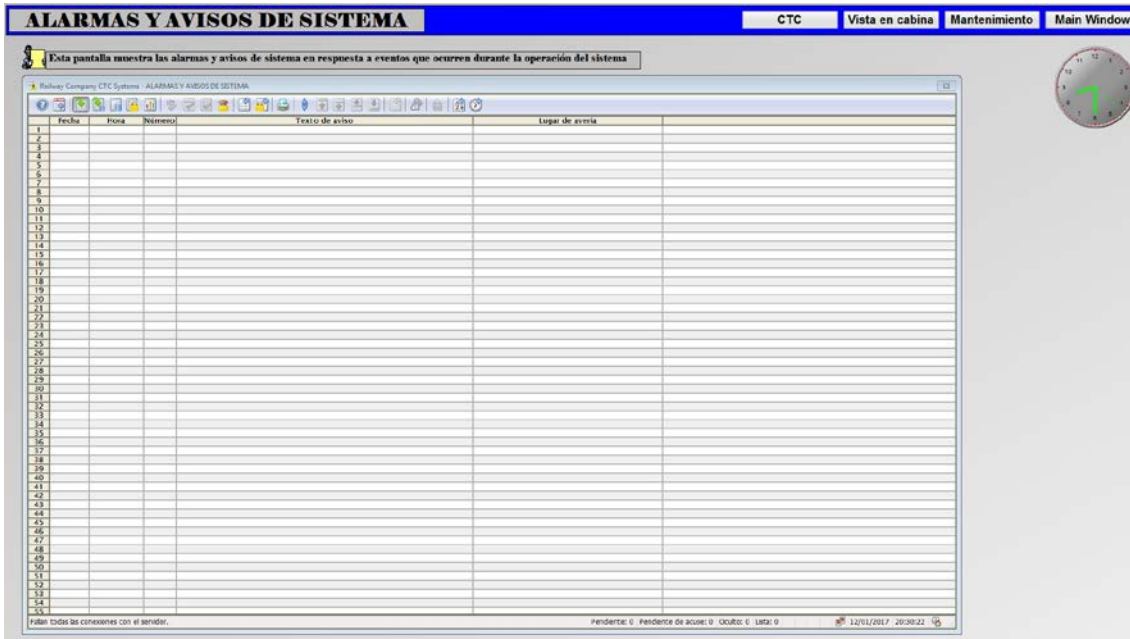
4.6.10. Control de salidas analógicas (velocidad de los trenes)

Esta pantalla muestra los controles de velocidad y potencia de los dos trenes. Se pueden realizar las operaciones de regulación en los dos trenes de forma conjunta o individual y, además, se muestran la tabla de datos y las gráficas de valores en función del tiempo mostrando la evolución de las señales analógicas en función de los cambios que el usuario efectúe.



4.6.11. Alarmas

En esta pantalla se muestran las alarmas y avisos del sistema en tiempo real. Se puede realizar el acuse de recibo por parte del usuario.



4.7. Implementación de la página web.

4.7.1. Entorno

- Eclipse Java EE IDE for WEB Developers Mars.2 Release (4.5.2)
- PostgreSQL 9.6.1
- Servidor JBoss WildFly 10.1.0

4.7.2. Aplicación de las decisiones de implementación

Se ha empleado como framework base JBoss WildFly, que se apoya en la “Java Persistence API” (JPA) para la gestión y el interface con el proveedor de persistencia, lo cual, permite el almacenamiento de la información en la base de datos. Como proveedor de persistencia, se ha utilizado Hibernate, ya que éste es el motor de persistencia proporcionado por WildFly. La base de datos se ha creado en PostgreSQL.

4.7.2.1. Implementación de la capa de presentación

Se ha utilizado el framework Java Server Faces (JSF) de la especificación JavaEE. JavaServer Faces utiliza el patrón MVC, que potencia la separación entre la vista y el modelo, y la interacción entre ambos que viene determinada por el controlador.

El controlador JSF es un servlet FrontController llamado *FacesServlet*, que recibe las peticiones de los clientes web y ejecuta un conjunto lógico de pasos para preparar y servir una respuesta.

Las acciones son gestionadas por los *Managed Bean*, que son los objetos que controlan la interacción entre la interface de usuario y el modelo.

Las vistas se han implementado con *Facelets* ya que es un sistema de templating que nos permite definir los layouts de nuestras páginas y reutilizar componentes (cabeceras, pies, menús).

Especificación de Managed Bean

A continuación, se realiza una breve explicación de las funcionalidades ofrecidas por los Managed Beans.

- **AltaEstacionMBean:** Managed Bean que controla el alta en el sistema de una nueva estación.
- **AltaFlotaMBean:** Managed Bean que controla el alta en el sistema de un nuevo tren de la flota.
- **AltaRutaMBean:** Managed Bean que controla el alta en el sistema de una nueva ruta.
- **BajaEstacionMBean:** Managed Bean que controla la baja en el sistema de una estación seleccionada.
- **BajaFlotaMBean:** Managed Bean que controla la baja en el sistema de un tren de la flota seleccionado.
- **BajaRutaMBean:** Managed Bean que controla la baja en el sistema de una ruta seleccionada.
- **ListaEstacionMBean:** Managed Bean que controla el listado de estaciones para su representación.
- **ListaFlotaMBean:** Managed Bean que controla el listado de trenes de la flota para su representación.
- **ListaRutaMBean:** Managed Bean que controla el listado de rutas para su representación.
- **ListaScadaMBean:** Managed Bean que controla el listado de datos Scada para su representación.
- **LoginMBean:** Managed Bean de autenticación en el sistema.
- **accescontrolMBean:** Managed Bean de control de acceso al sistema. Se ha definido por defecto un usuario “admin” y una contraseña “123”.

Especificación de las Vistas

- **altaEstacionView:** En esta vista se puede añadir una nueva estación. Solamente será visible para el usuario validado “admin”.
- **altaFlotaView:** En esta vista se puede añadir un nuevo tren a la flota. Solamente será visible para el usuario validado “admin”.
- **altaRutaView:** En esta vista se puede añadir una nueva ruta. Solamente será visible para el usuario validado “admin”.
- **listaEstacionesUView:** Esta vista permite ver todo el listado de estaciones. Esta vista está disponible para todos los usuarios sin validar.
- **listaFlotasUView:** Esta vista permite ver todo el listado de los trenes de la flota. Esta vista está disponible para todos los usuarios sin validar.
- **listaRutasUView:** Esta vista permite ver todo el listado de rutas. Esta vista está disponible para todos los usuarios sin validar.
- **listaScadaUView:** Esta vista permite ver todo el listado de datos Scada. Esta vista está disponible para todos los usuarios sin validar.

- **listaEstacionesView**: Esta vista permite ver todo el listado de estaciones. Solamente será visible para el usuario validado “admin”. Permite añadir o eliminar estaciones de la lista.
- **listaFlotasView**: Esta vista permite ver todo el listado de trenes de la flota. Solamente será visible para el usuario validado “admin”. Permite añadir o eliminar trenes de la lista.
- **listaRutasView**: Esta vista permite ver todo el listado de rutas. Solamente será visible para el usuario validado “admin”. Permite añadir o eliminar rutas de la lista.
- **listaScadaView**: Esta vista permite ver todo el listado de datos Scada.
- **loginView**: Esta vista permite introducir los datos para validarse en el sistema.
- **welcomeView**: Esta vista nos muestra la bienvenida al usuario admin y da el acceso a las vistas permitidas al usuario validado “admin”.
- **headerView**: Es la plantilla donde están colocados los botones de acceso a las diferentes ventanas de la página. Se inserta en cada vista para que los botones aparezcan siempre en la cabecera. Estos botones dan acceso a las vistas permitidas para cualquier usuario no validado.
- **headerViewAdmin**: Es la plantilla donde están colocados los botones de acceso a las diferentes ventanas de la página para el administrador. Se inserta en cada vista para que los botones aparezcan siempre en la cabecera. Estos botones dan acceso a las vistas permitidas para el usuario validado “admin”.
- **homeView**: Es la vista de la página inicial.

4.7.2.2. Implementación de la capa de negocio

Para la implementación de la capa de negocio se ha seguido el patrón Fachada (Facade), el uso de este patrón, es importante, si se usan accesos remotos a los componentes de negocio. Este patrón permite hacer solo llamadas remotas al EJB que actúa como fachada y que las llamadas de este a los componentes de negocio sean locales, de forma que se reduce el overhead inherente a las comunicaciones remotas.

La mejor opción para la implementación del componente de negocio, es un EJB (Enterprise JavaBeans) de sesión sin estado con acceso remoto. Los EJB son componentes de negocio distribuidos, por lo que la elección de utilizar EJB es una buena alternativa ya que nuestra aplicación es de naturaleza distribuida.

Los EJB son componentes de servidor distribuidos, que nos ofrecen estabilidad, seguridad, aspecto transaccional y persistencia de datos, de un modo transparente al programador. Simplifican la tarea de desarrollo de la lógica de negocio.

Los métodos implementados en la capa de lógica de negocio, se encuentran implementadas en el EJB, UserFacadeBean. Son los siguientes:

*/** Estaciones.*/*

public Collection<?> listAllestaciones(); → Método encargado de listar todas las estaciones.

public void addEstacion(EstacionJPA altaestacion); → Método encargado de registrar una nueva estación.

public void deleteEstacion(EstacionJPA bajaestacion); → Método encargado de dar de baja una estación.

*/** Flota.*/*

public Collection<?> listAllflotas(); → Método encargado de listar todas los trenes de la flota.

public void addFlota(FlotaJPA altaflota); → Método encargado de registrar un nuevo tren de la flota.

En el apartado 14.2 del anexo se detallan los script utilizados para la creación de las tablas en la base de datos y la inserción de datos en las tablas. También se detallan los ficheros de configuración del proyecto

La estructura de carpetas generadas para el proyecto en eclipse, es la siguiente:

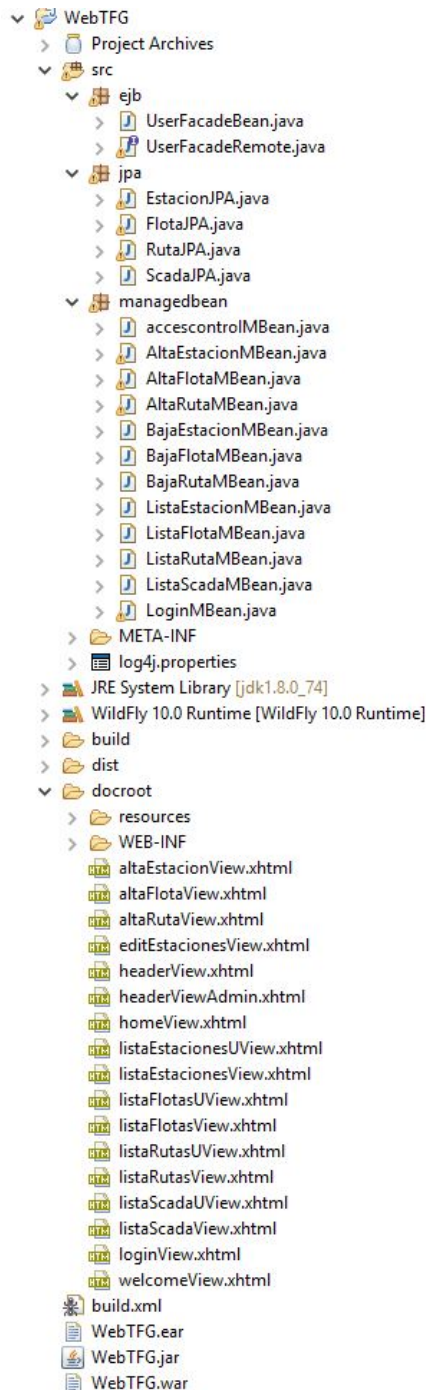


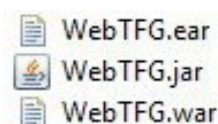
Figura 32. Estructura de componentes de la aplicación

Una vez terminadas las clases, se ha hecho el empaquetamiento:

Se ha creado el archivo ‘WebTFG.jar’, que empaqueta la capa de integración y de negocio.

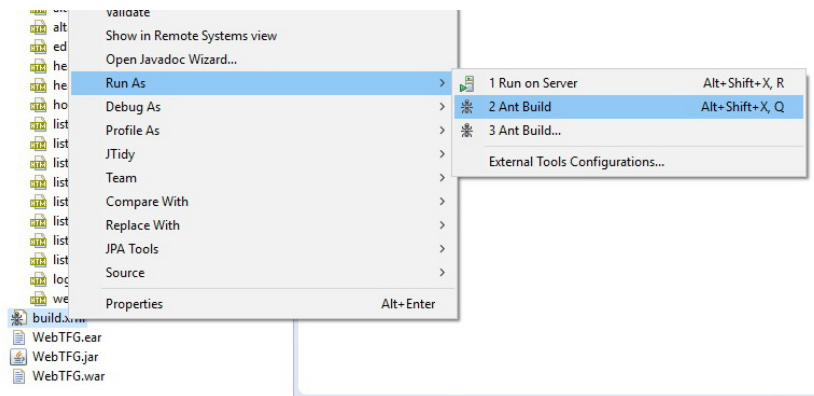
En el archivo ‘WebTFG.war’ se empaqueta la capa de presentación.

El archivo ‘WebTFG.ear’, empaqueta los archivos creados anteriormente, el ‘WebTFG.jar’ y el ‘WebTFG.war’



4.7.2.4. Pantallas de la aplicación

Para ejecutar la aplicación, primero tenemos que poner en marcha JBoss para que el despliegue se pueda realizar con éxito. Después con el botón derecho sobre build.xml clicamos **Run As** → **Ant Build**.



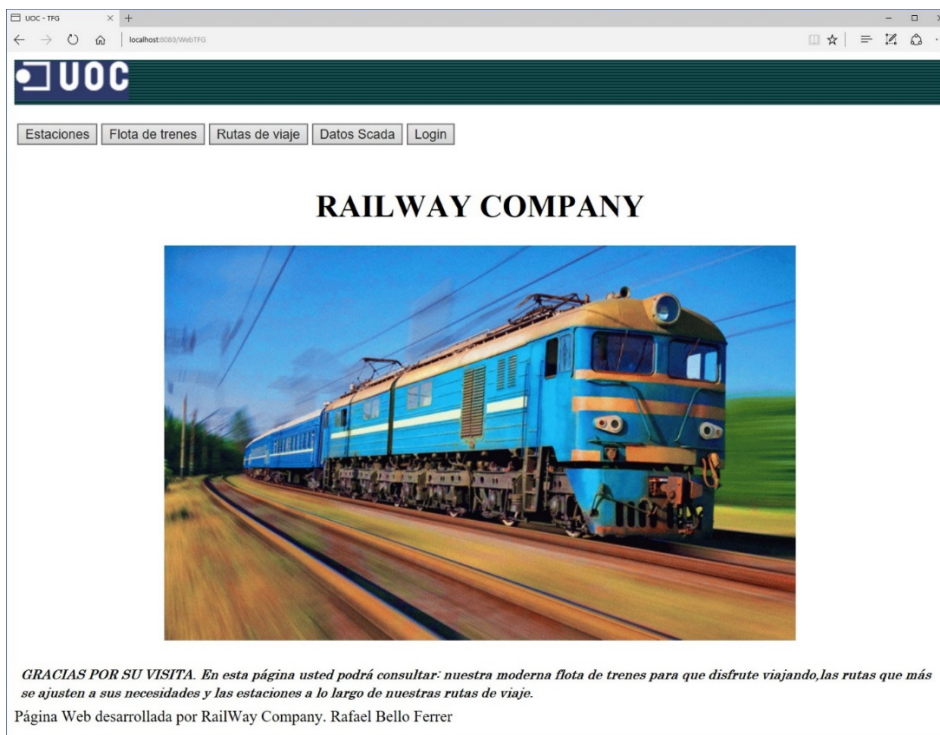
Una vez que JBoss realiza el despliegue, ponemos en la barra del navegador:

<http://localhost:8080/WebTFG/>

Nos muestra la ejecución de la aplicación que nos permite navegar por las diferentes páginas creadas.

Las vistas creadas en la aplicación, una vez ejecutadas quedan de la siguiente forma:

homeView.xhtml



listaEstacionesUView.xhtml

UOC

Estaciones | Flota de trenes | Rutas de viaje | Datos Scada | Login

La lista de estaciones de nuestras rutas son:

Nombre	Población	Dirección	Provincia	Teléfono	Datos de Interés
Estacion_1	Población_1	Dirección1	Provincia_1	978123456	Estación rehabilitada
Estacion_2	Población_2	Dirección2	Provincia_2	974789456	Estación de nueva construcción
Estacion_3	Población_3	Dirección3	Provincia_3	Telf_3	Datos_3
Estacion_4	Población_4	Dirección4	Provincia_4	Telf_4	Datos_4
Estacion_5	Población_5	Dirección5	Provincia_5	Telf_1	Datos_5
Estacion_6	Población_6	Dirección6	Provincia_6	Telf_2	Datos_6

Página Web desarrollada por RailWay Company. Rafael Bello Ferrer

listaRutasUView.xhtml

UOC

Estaciones | Flota de trenes | Rutas de viaje | Datos Scada | Login

La lista de rutas son:

Nombre ruta	Tipo de tren	Nombre tren comercial	Nombre tren técnico	Estación salida	Estación llegada	Notas
Ruta-1	Pasajeros	AVE	S-102/s-112	Estacion_5	Estacion_1	notas1
Ruta-2	Mercancias	LARGA DISTANCIA	ELECTRICO S-253	Estacion_2	Estacion_3	notas2

Página Web desarrollada por RailWay Company. Rafael Bello Ferrer

listaFlotasUView.xhtml

UOC

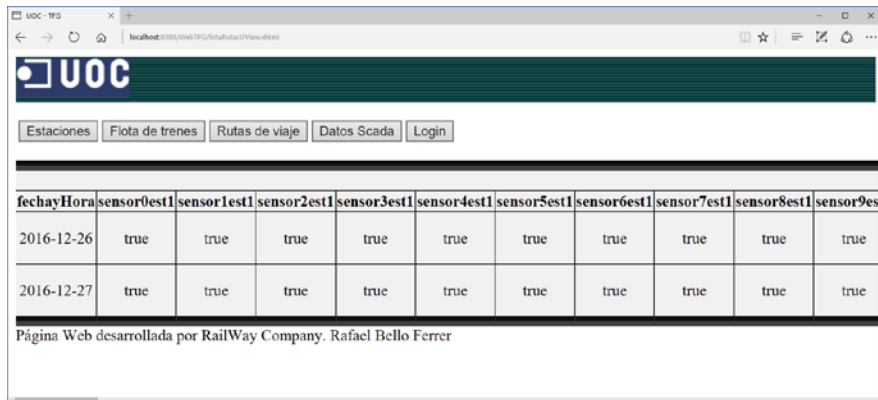
Estaciones | Flota de trenes | Rutas de viaje | Datos Scada | Login

La lista de trenes de nuestra flota es:

Fabricante	Año inicio servicio	Nombre comercial	Nombre técnico	N° plazas	Tipo de Tren	Trenes comprados	Trenes en servicio	Velocidad max
CAF	2009	MEDIA DISTANCIA	DIESEL S-599	184	Pasajeros	10	6	160
SIEMENS	2009	MEDIA DISTANCIA	ELECTRICO S-449	260	Pasajeros	50	42	140
BOMBARDIER	2008	LARGA DISTANCIA	ELECTRICO S-253	0	Mercancias	100	15	140
ALSTON	1992	AVE	S-100	329	Pasajeros	24	24	300
TALGO-BOMBARDIER	2005	AVE	S-102/s-112	346	Pasajeros	46	16	330
SIEMENS	2007	AVE	S-103	402	Pasajeros	26	12	350

Página Web desarrollada por RailWay Company. Rafael Bello Ferrer

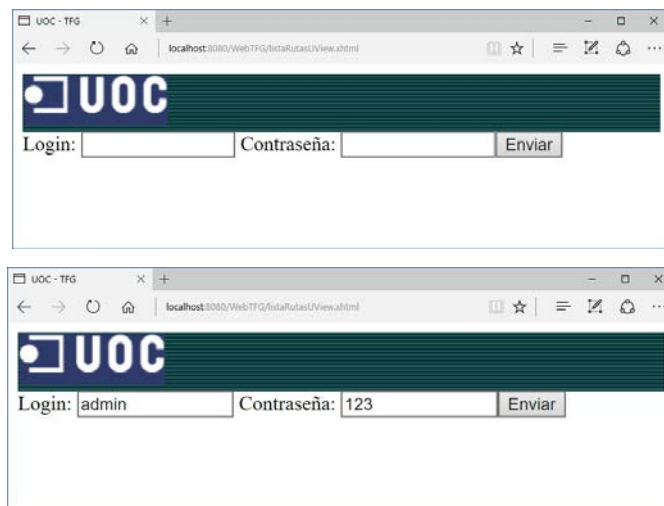
listaScadaUView.xhtml



fechaHora	sensor0est1	sensor1est1	sensor2est1	sensor3est1	sensor4est1	sensor5est1	sensor6est1	sensor7est1	sensor8est1	sensor9est1
2016-12-26	true	true	true	true	true	true	true	true	true	true
2016-12-27	true	true	true	true	true	true	true	true	true	true

Página Web desarrollada por RailWay Company. Rafael Bello Ferrer

loginView.xhtml



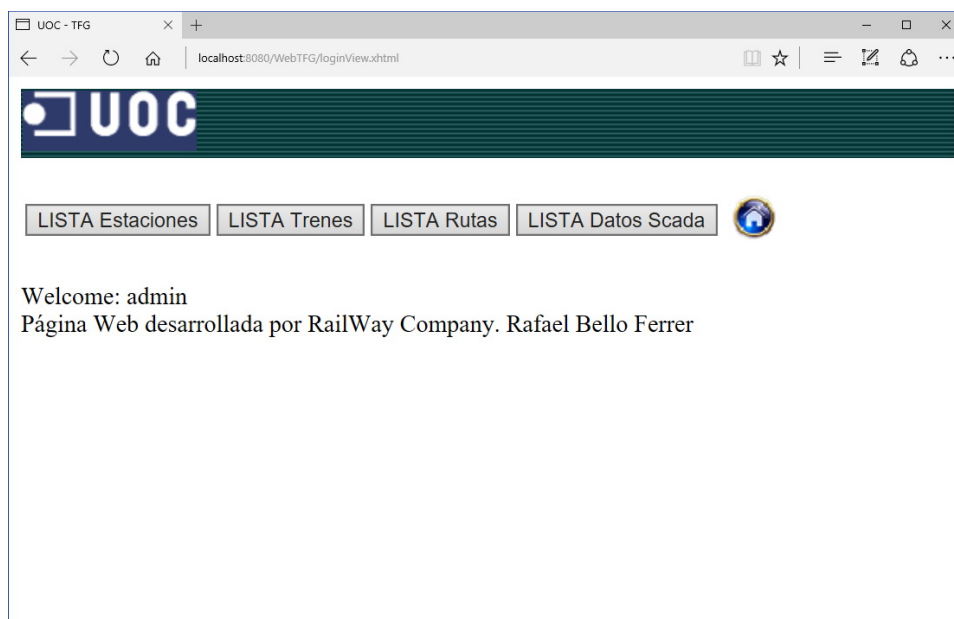
UOC

Login: Contraseña: Enviar


UOC

Login: Contraseña: Enviar

welcomeView.xhtml



UOC

[LISTA Estaciones](#) [LISTA Trenes](#) [LISTA Rutas](#) [LISTA Datos Scada](#) 

Welcome: admin

Página Web desarrollada por RailWay Company. Rafael Bello Ferrer

listaEstacionesView.xhtml

UOC

LISTA Estaciones LISTA Trenes LISTA Rutas LISTA Datos Scada

La lista de estaciones de nuestras rutas son:

Nombre	Población	Dirección	Provincia	Teléfono	Datos de Interes	EDIT	DELETE
Estacion_1	Población_1	Dirección1	Provincia_1	978123456	Estación rehabilitada	EDIT	DELETE
Estacion_2	Población_2	Dirección2	Provincia_2	974789456	Estación de nueva construcción	EDIT	DELETE
Estacion_3	Población_3	Dirección3	Provincia_3	Telf_3	Datos_3	EDIT	DELETE
Estacion_4	Población_4	Dirección4	Provincia_4	Telf_4	Datos_4	EDIT	DELETE
Estacion_5	Población_5	Dirección5	Provincia_5	Telf_1	Datos_5	EDIT	DELETE
Estacion_6	Población_6	Dirección6	Provincia_6	Telf_2	Datos_6	EDIT	DELETE

INSERT NEW ESTACION

Página Web desarrollada por RailWay Company. Rafael Bello Ferrer

listaFlotasView.xhtml

UOC

LISTA Estaciones LISTA Trenes LISTA Rutas LISTA Datos Scada

La lista de trenes de nuestra flota es

Fabricante	Año inicio servicio	Nombre comercial	Nombre técnico	N° plazas	Tipo de Tren	Trenes comprados	Trenes en servicio	Velocidad max	EDIT	DELETE
CAF	2009	MEDIA DISTANCIA	DIESEL S-599	184	Pasajeros	10	6	160	EDIT	DELETE
SIEMENS	2009	MEDIA DISTANCIA	ELECTRICO S-449	260	Pasajeros	50	42	140	EDIT	DELETE
BOMBARDIER	2008	LARGA DISTANCIA	ELECTRICO S-253	0	Mercancias	100	15	140	EDIT	DELETE
ALSTON	1992	AVE	S-100	329	Pasajeros	24	24	300	EDIT	DELETE
TALGO-BOMBARDIER	2005	AVE	S-102/s-112	346	Pasajeros	46	16	330	EDIT	DELETE
SIEMENS	2007	AVE	S-103	402	Pasajeros	26	12	350	EDIT	DELETE

INSERT NEW FLOTA

Página Web desarrollada por RailWay Company. Rafael Bello Ferrer

listaRutasView.xhtml

UOC

LISTA Estaciones LISTA Trenes LISTA Rutas LISTA Datos Scada

La lista de rutas son:

Nombre ruta	Tipo de tren	Nombre tren comercial	Nombre tren técnico	Estación salida	Estación llegada	Notas	EDIT	DELETE
Ruta-1	Pasajeros	AVE	S-102/s-112	Estacion_5	Estacion_1	notas1	EDIT	DELETE
Ruta-2	Mercancias	LARGA DISTANCIA	ELECTRICO S-253	Estacion_2	Estacion_3	notas2	EDIT	DELETE

INSERT NEW RUTA

Página Web desarrollada por RailWay Company. Rafael Bello Ferrer

listaScadaView.xhtml

UOC

LISTA Estaciones LISTA Trenes LISTA Rutas LISTA Datos Scada

fechaHora	sensor0est1	sensor1est1	sensor2est1	sensor3est1	sensor4est1	sensor5est1	sensor6est1	sensor7est1	sensor8est1	sensor9est1
2016-12-26	true	true	true	true	true	true	true	true	true	true
2016-12-27	true	true	true	true	true	true	true	true	true	true

Página Web desarrollada por RailWay Company. Rafael Bello Ferrer

altaEstacionView.xhtml

UOC

LISTA Estaciones LISTA Trenes LISTA Rutas LISTA Datos Scada

Nueva Estación

Nombre:

Población:

Dirección:

Provincia:

Teléfono:

Datos de Interes:

GUARDAR
 CANCELAR

Página Web desarrollada por RailWay Company. Rafael Bello Ferrer

altaFlotaView.xhtml

UOC

LISTA Estaciones LISTA Trenes LISTA Rutas LISTA Datos Scada

Nuevo Tren de la Flota

Fabricante

Año inicio servicio:

Nombre comercial:

Nombre Técnico:

N plazas:

Tipo de Tren:

Trenes comprados:

Trenes en servicio:

Velocidad max:

GUARDAR
CANCELAR

Página Web desarrollada por RailWay Company. Rafael Bello Ferrer

altaRutaView.xhtml

UOC

LISTA Estaciones LISTA Trenes LISTA Rutas LISTA Datos Scada

Nueva Ruta

Nombre ruta:

Tipo de tren:

Nombre Tren Comercial:

Nombre Tren Técnico:

Estación salida:

Estación llegada:

Notas:

GUARDAR
CANCELAR

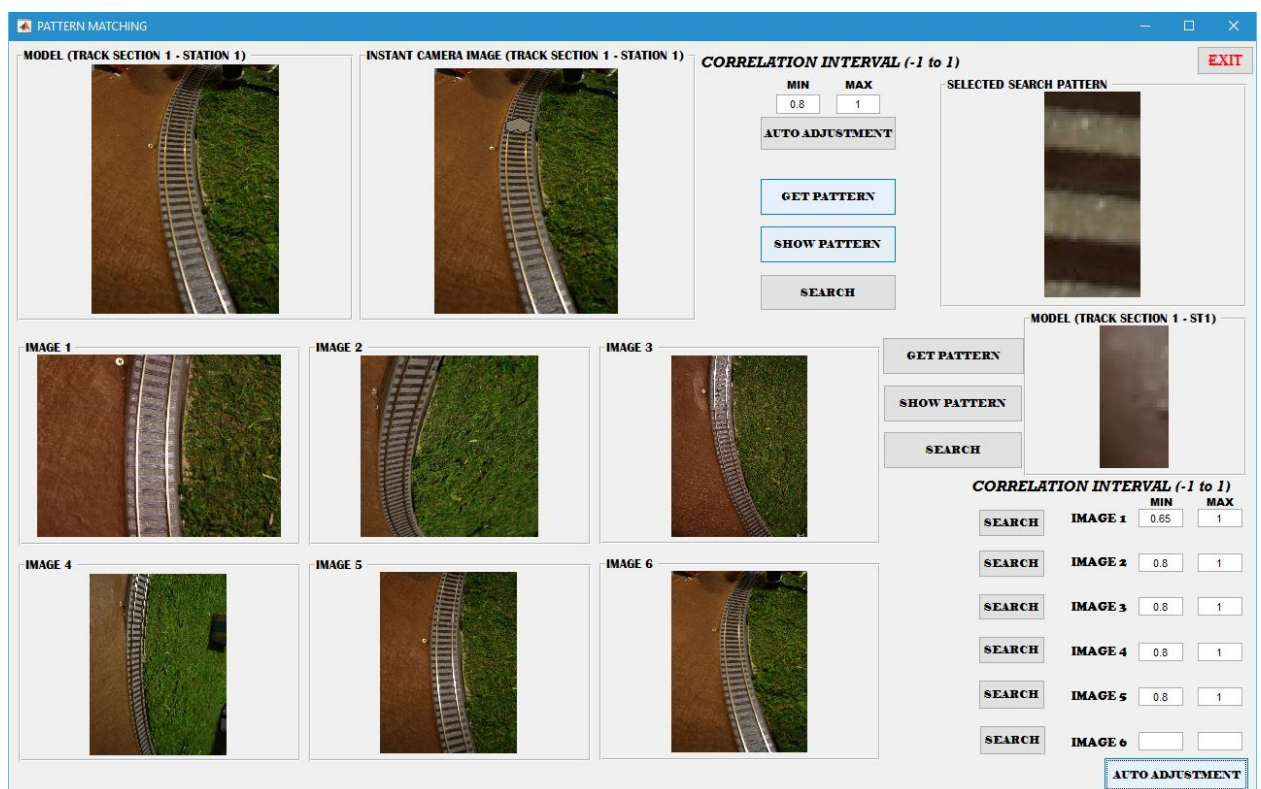
Página Web desarrollada por RailWay Company. Rafael Bello Ferrer

4.8. Implementación de la aplicación software de detección de obstáculos en la vía.

El objetivo de esta aplicación consiste en diseñar un sistema de búsqueda de patrones mediante operaciones de correlación. Este método debe ser capaz de detectar posibles obstáculos en una región específica de la vía. Se aplicará este método a las imágenes obtenidas mediante la cámara de vigilancia, debiendo sintonizar adecuadamente el intervalo de correlación para que las coincidencias con el patrón (matching) sean lo más fiables posibles.

Aplicación implementada de búsqueda de patrones

A continuación, se muestra el interfaz gráfico de la aplicación utilizada para buscar obstáculos y desperfectos en la vía de la infraestructura ferroviaria.



La imagen etiquetada como “Model” es una imagen obtenida con la cámara de vigilancia de la sección de vía 1 cercana a la estación 1. En este caso, la imagen se tomó con la infraestructura en perfectas condiciones de mantenimiento, con el fin de visualizar esa infraestructura tal y como debe encontrarse en un estado de funcionamiento normal y correcto. La imagen etiquetada como “Instant camera image”, sin embargo, es una imagen instantánea (tomada de forma automática por el sistema ante un evento de detección de movimiento en la sección de la infraestructura que está siendo vigilada). Se ha simulado un obstáculo (podría ser piedras, troncos de árbol, ...), que pone en peligro la seguridad de los pasajeros y mercancías transportados por los convoyes. A continuación, se muestra cómo podemos, a través del análisis de una determinada zona de esta imagen (tomada como patrón), determinar que existe un obstáculo en la vía que puede poner en peligro las condiciones de seguridad óptimas del sistema.

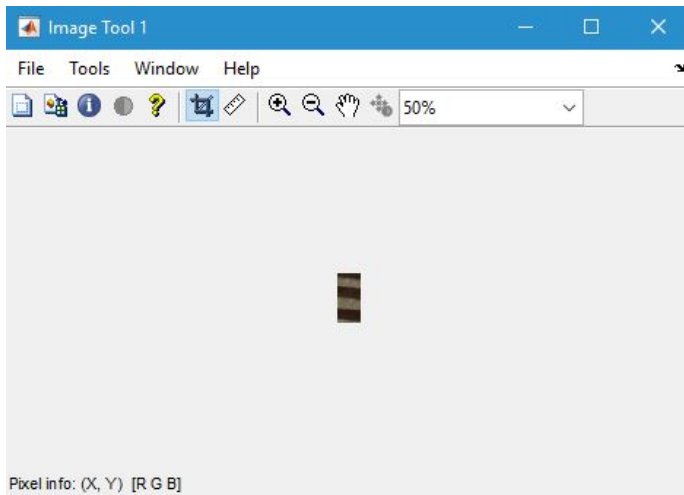
En primer lugar, seleccionamos una determinada zona que queremos analizar, tomada de la imagen utilizada como modelo ideal del estado en el que debe encontrarse la vía en condiciones normales de funcionamiento (imagen etiquetada como “Model”):



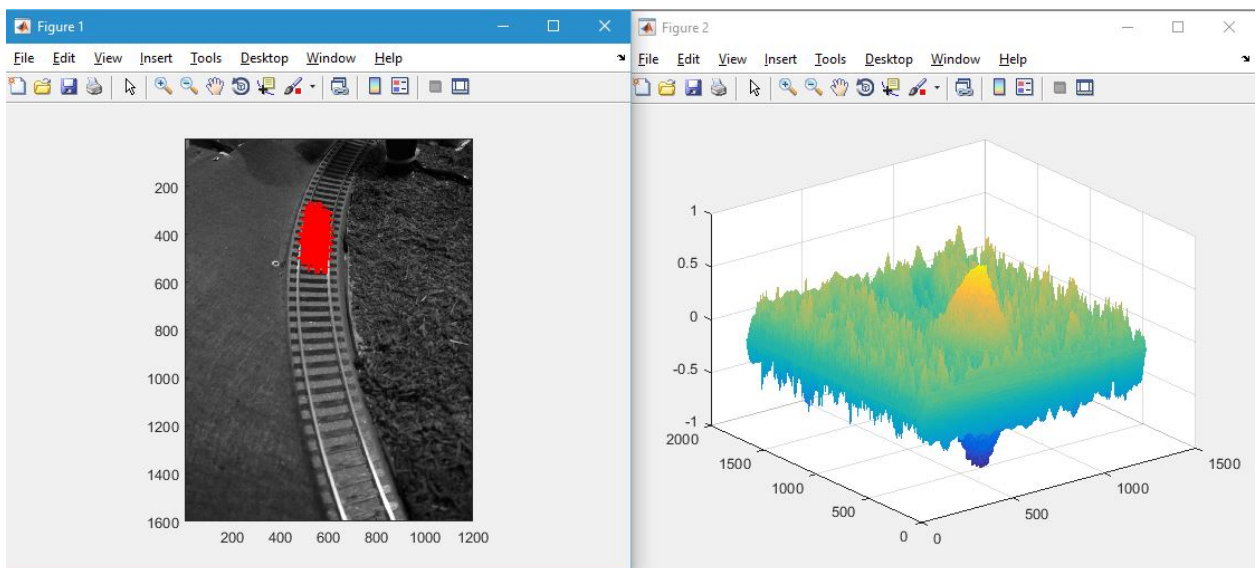
El usuario de la aplicación guarda el patrón seleccionado como una imagen independiente, de forma que este patrón pueda ser utilizado para buscar correspondencias en la imagen instantánea tomada por la cámara (la cual ha sido tomada como consecuencia de una posible caída de obstáculos en la vía). En cualquier momento, el usuario puede volver a seleccionar un nuevo patrón de búsqueda (zona concreta de la imagen), e incluso mostrarla en pantalla para tenerla visible en todo momento.

A continuación, ejecutamos el matching (botón “Search”) para encontrar las coincidencias de lo que estamos buscando (en principio, travesaños y railes de la vía de forma continua a lo largo de la zona estudiada), lo que garantiza que no existen obstáculos de tamaño importante que impidan o pongan en riesgo el paso seguro del convoy.

A continuación, se muestran los resultados de ejecutar el matching sobre la imagen modelo (infraestructura en perfectas condiciones), utilizando para ello el patrón de la siguiente figura:

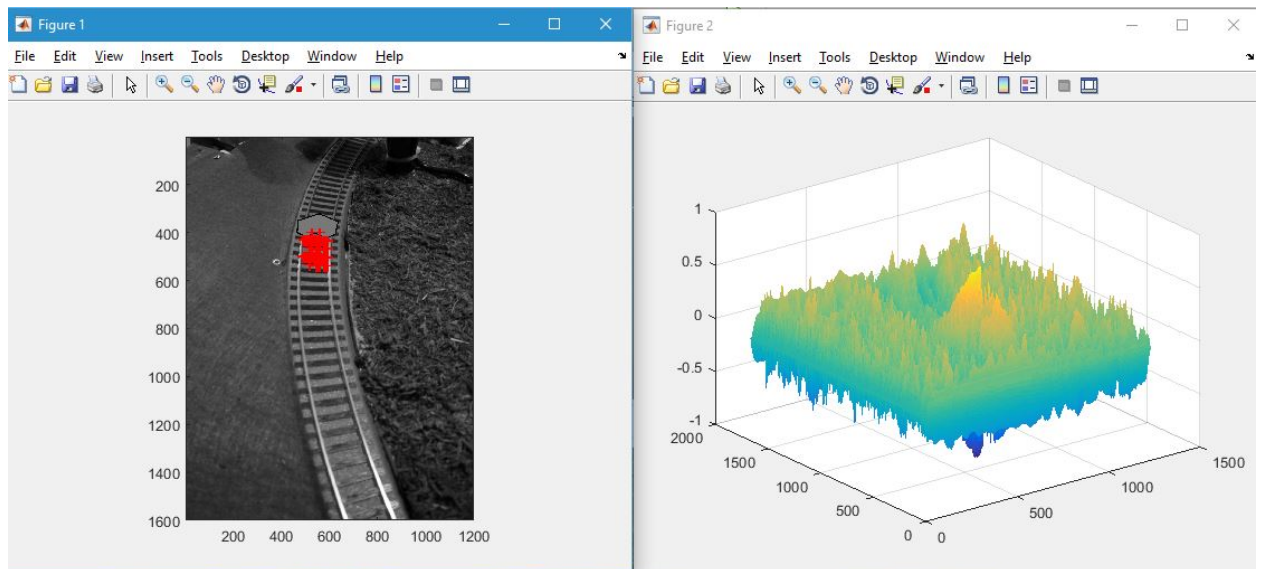


Este es el resultado del matching sobre la imagen modelo:



La zona de color rojo de la imagen, en realidad, es un conjunto de cruces asociadas al intervalo de confianza o fiabilidad de los patrones encontrados en la imagen. La razón de que estén tan concentrados significa que se ha encontrado una coincidencia casi perfecta con el patrón que se estaba buscando (que recordemos pertenece a la imagen tomada como modelo). En la imagen derecha anterior se mapea la matriz de coeficientes de correlación obtenida y se muestra un gráfico en 3D donde se pueden ver la situación de los máximos obtenidos. Las matrices de coeficientes de correlación obtenidas con Matlab (cálculo necesario para obtener las coincidencias), se almacenan en un archivo Excel (CorrCoef.xlsx). Esto ralentiza la operación de búsqueda, pero proporciona información numérica de las correspondencias patrón-imagen.

En la siguiente imagen, se muestra el mismo proceso de búsqueda utilizando exactamente el mismo patrón. La diferencia es que en esta imagen (tomada de forma automática por la cámara de vigilancia), se ha simulado un obstáculo en la zona de búsqueda anterior y que ocupa parcialmente la zona de vía analizada.



En este caso, se puede comprobar cómo las coincidencias son menores (menor acumulación de coincidencias detectadas en la zona analizada). Esto se puede ver a simple vista en la imagen, si la comparamos con la anterior procedente del modelo utilizado, o analizando el gráfico de coeficientes de correlación obtenido. En este gráfico se puede comprobar que las ocurrencias de los máximos obtenidos por el proceso de correlación son menores. Esto debería ser suficiente para sospechar que podemos tener algún obstáculo en la vía.

Los detalles sobre los sistemas de búsqueda de patrones están explicados con detalle en el capítulo 15 del anexo.

4.9. Implementación de la aplicación software para la ayuda al mantenimiento preventivo de los componentes del sistema ferroviario.

El objetivo de esta aplicación consiste en diseñar un sistema de detección de contornos mediante el operador de Sobel y el operador de Canny capaz de detectar posibles desperfectos en las piezas mecánicas y chasis del que se componen los convoys. Además, esta aplicación también se puede utilizar para detectar obstáculos en una región específica de la vía. Se aplicarán los dos métodos a las imágenes obtenidas mediante la cámara de vigilancia, debiendo sintonizar adecuadamente los dos detectores para que los contornos sean lo más fiables posibles.

Los detalles sobre los sistemas de detección de contornos están explicados con detalle en el capítulo 16 del anexo.

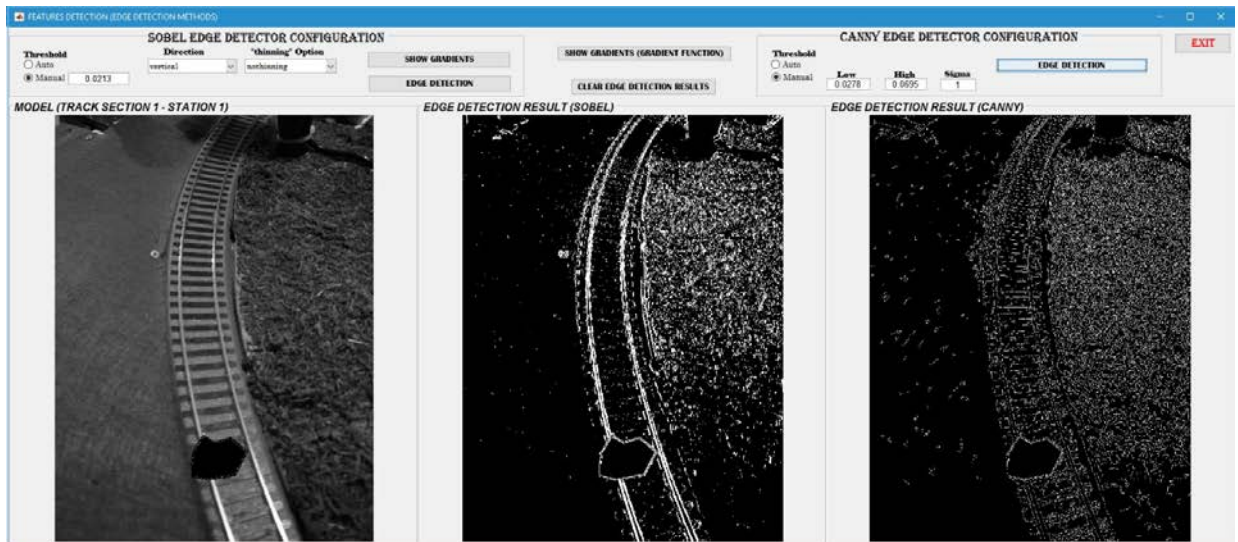
Aplicación implementada (interfaz gráfico)

A continuación, se muestra la aplicación desarrollada en Matlab para la detección de contornos. En este caso, se vigila una determinada zona de la vía (catalogada en el sistema como vía - sección 1 perteneciente a la zona próxima a la estación 1 de la infraestructura). Se han configurado los umbrales de detección de forma que ambos detectores nos suministren información precisa sobre la continuidad del trazado de vía (raíles). Tal y como se aprecia en la imagen inferior, los raíles de la vía son continuos durante el trazado estudiado, de tal forma que

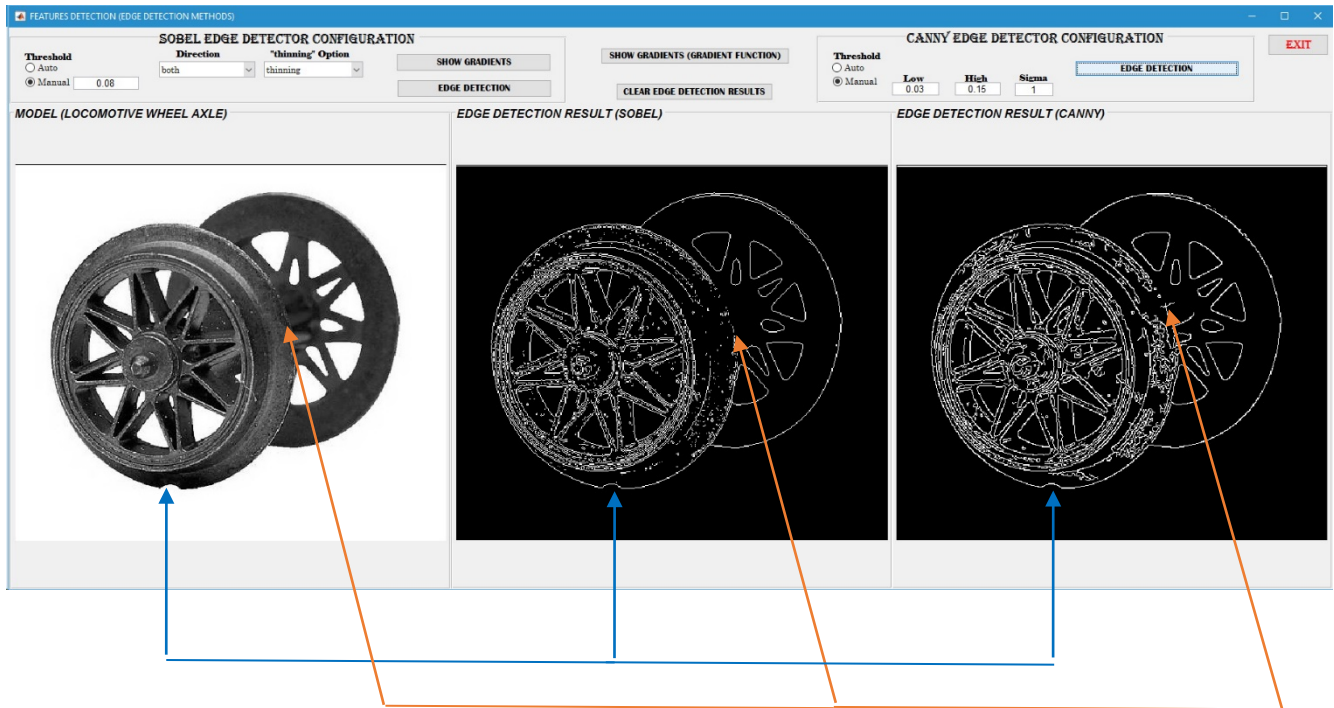
podemos asegurar que no existe ningún obstáculo peligroso en este trazado que impida al tren circular por la vía.



Sin embargo, la siguiente imagen muestra (de forma simulada), un obstáculo en la vía. Sometemos esta imagen a la misma detección de contornos que en el caso anterior. También es posible sintonizar mejor los detectores para obtener más precisión en la detección. Podemos ver como la aplicación es capaz de detectar correctamente el contorno del obstáculo y, por tanto, se muestra una discontinuidad en el trazado de los raíles de la vía. En este caso, se genera una alarma y se activa el protocolo de seguridad del sistema ferroviario, que consiste en suministrar esta información tanto al centro de control de la infraestructura ferroviaria como a los maquinistas de los convoyes para actuar de forma inmediata sobre el problema. Si el peligro es inminente debido a la cercanía de algún convoy, el sistema de control puede, de forma autónoma, activar el frenado de la locomotora y parar el convoy para evitar una situación de riesgo potencial y preservar la seguridad de los pasajeros/mercancías y del propio convoy.



En el siguiente ejemplo se muestra detección de contornos aplicada sobre la imagen de un eje de ruedas de una locomotora. En este caso, ambos detectores nos suministran información sobre los defectos encontrados en las ruedas.



5. Pruebas

5.1. Pruebas de la aplicación web.

Se han realizado varias pruebas sobre cada una de las funcionalidades de la aplicación.

El objetivo de esta fase de pruebas es comprobar que la aplicación cumple las funcionalidades descritas en los objetivos del trabajo. Con las pruebas realizadas se pretende detectar posibles errores producidos durante la fase de implementación.

Sistema	Alta de Estación		
Propósito	Añadir estación a la base de datos		
Tester	Rafael Bello Ferrer		
Nº	Acción a verificar	Acción esperada	Verificar
1	Nueva estación	Creación de una nueva estación en la base de datos	OK
Resultado			
OK	1	Evaluación 100%	
NO OK	0		

Sistema	Alta de Flota		
Propósito	Añadir tren a la flota en la base de datos		
Tester	Rafael Bello Ferrer		
Nº	Acción a verificar	Acción esperada	Verificar
1	Nuevo tren de la flota	Creación de un nuevo tren de la flota en la base de datos	OK
Resultado			
OK	1	Evaluación 100%	
NO OK	0		

Sistema	Alta de Ruta		
Propósito	Añadir ruta a la base de datos		
Tester	Rafael Bello Ferrer		
Nº	Acción a verificar	Acción esperada	Verificar
1	Nueva ruta	Creación de una nueva ruta en la base de datos	OK
Resultado			
OK	1	Evaluación 100%	
NO OK	0		

Sistema	Delete Estación		
Propósito	Eliminar estación de la base de datos		
Tester	Rafael Bello Ferrer		
Nº	Acción a verificar	Acción esperada	Verificar
1	Eliminar estación	Eliminar una estación de la base de datos	OK
Resultado			
OK	1	Evaluación 100%	
NO OK	0		

Sistema	Delete Flota		
Propósito	Eliminar tren de la base de datos		
Tester	Rafael Bello Ferrer		
Nº	Acción a verificar	Acción esperada	Verificar
1	Eliminar tren de la flota	Eliminar un tren de la flota de la base de datos	OK
Resultado			
OK	1	Evaluación 100%	
NO OK	0		

Sistema	Delete Ruta		
Propósito	Eliminar ruta de la base de datos		
Tester	Rafael Bello Ferrer		
Nº	Acción a verificar	Acción esperada	Verificar
1	Eliminar ruta	Eliminar una ruta de la base de datos	OK
Resultado			
OK	1	Evaluación 100%	
NO OK	0		

Sistema	Listado de Estaciones		
Propósito	Mostrar el listado de las estaciones de la base de datos		
Tester	Rafael Bello Ferrer		
Nº	Acción a verificar	Acción esperada	Verificar
1	Ver listado de estaciones	Mostrar listado de estaciones de la base de datos	OK
Resultado			
OK	1	Evaluación 100%	
NO OK	0		

Sistema	Listado de Flota		
Propósito	Mostrar el listado de trenes de la flota de la base de datos		
Tester	Rafael Bello Ferrer		
Nº	Acción a verificar	Acción esperada	Verificar
1	Ver listado de trenes	Mostrar listado de trenes de la flota de la base de datos	OK
Resultado			
OK	1	Evaluación 100%	
NO OK	0		

Sistema	Listado de Rutas		
Propósito	Mostrar el listado de las rutas de la base de datos		
Tester	Rafael Bello Ferrer		
Nº	Acción a verificar	Acción esperada	Verificar
1	Ver listado de rutas	Mostrar listado de rutas de la base de datos	OK
Resultado			
OK	1	Evaluación 100%	
NO OK	0		

Sistema	Listado de Datos Scada		
Propósito	Mostrar el listado de los datos Scada de la base de datos		
Tester	Rafael Bello Ferrer		
Nº	Acción a verificar	Acción esperada	Verificar
1	Ver listado de datos Scada	Mostrar listado de datos Scada de la base de datos	OK
Resultado			
OK	1	Evaluación 100%	
NO OK	0		

Sistema	Login		
Propósito	Validarse para acceder al sistema como administrador		
Tester	Rafael Bello Ferrer		
Nº	Acción a verificar	Acción esperada	Verificar
1	Login con datos correctos	Redirige a la pantalla con el acceso permitido para el administrador. Permite añadir y eliminar registros.	OK
2	Login con datos incorrectos	No se permite	OK
3	Login con datos incompletos	No se permite	OK
Resultado			
OK	3	Evaluación 100%	
NO OK	0		

6. Valoración económica

En base a las estimaciones de tiempo y esfuerzo de la planificación, así como las necesidades tanto software como hardware detalladas para el proyecto, se han obtenido los costes estimados siguientes:

Concepto	Unidades	Precio	Total
Instalación de Hardware y desarrollo software	350 horas	55 €	19.250 €
Software			11.809,42 €
PC control			1.253,50 €
Hardware y cableado			7.870,66 €
Total (Sin IVA)			40.183,58 €
21% IVA			8.438,55 €
TOTAL:			48.622,13 €

7. Conclusiones

Este ha sido un proyecto completo en cuanto a requisitos y funcionalidades solicitadas, tanto a nivel informático (hardware-software) como a nivel electrónico, por lo que se pueden obtener varias conclusiones al respecto.

El proyecto consta de varias partes diferenciadas. Entre éstas se encuentran la investigación, la documentación, el diseño, el desarrollo, la implementación y por último las pruebas del proyecto realizadas. El proceso de investigación y documentación ha supuesto bastante esfuerzo, puesto que este tipo de proyecto combina varias tecnologías en los campos de la ingeniería informática y la electrónica. La investigación se ha llevado a cabo no solo en el mundo de la ingeniería académica, sino también en entornos ferroviarios reales, donde se ha visto la necesidad de investigar sobre diversos temas ferroviarios, tales como las normativas de seguridad y señalización, las normativas de circulación, las estructuras de control ferroviarias actuales, etc. Ha sido bastante gratificante el hecho de investigar y aprender sobre tecnologías punteras en un entorno tan interesante como el mundo ferroviario, en plena actualización tecnológica en estos momentos. Por otra parte, y como estudiante, ha resultado interesante el tener la oportunidad de aplicar y combinar lo aprendido durante los semestres en las asignaturas, con tecnologías de automatización no propias del área del grado, ampliando los conocimientos en distintas áreas.

Si bien es cierto que, a nivel de modelismo ferroviario, existen hoy en día soluciones más viables económicamente para realizar lo visto en el proyecto, en un escenario real de automatización de líneas ferroviarias se utilizan las tecnologías que se han realizado. Por tanto, y esto ha sido uno de los motivos más importantes en la realización del proyecto, he obtenido conocimientos y experiencia en entornos reales de trabajo, lo cual es importante hoy en día para incorporarse al mercado laboral existente. La combinación informática/electrónica ha dado como resultado la construcción de un prototipo real a escala, bastante completo, tanto en funcionamiento como en datos de análisis de la aplicación obtenidos. Se ha trasladado a la maqueta la idea fundamental del control ferroviario actual, construyendo un verdadero centro de control desde el cual monitorizar y controlar la línea ferroviaria completa. Todo esto, unido a las aplicaciones software de detección de objetos en la vía y de ayuda al mantenimiento preventivo además de la página web de información, hacen que el sistema de control sea seguro y eficiente.

El prototipo implementado permite poner a prueba algunas estrategias de control y seguridad aplicables en un contexto ferroviario real, además de constituir una oportunidad única de aprendizaje por el alcance hardware y software propuesto.

Conclusiones personales

El desarrollo de este trabajo final de grado me ha servido para formarme como ingeniero y aplicar los conocimientos adquiridos en las asignaturas durante los semestres, además de realizar investigación y documentación sobre los temas necesarios para realizar el proyecto.

El TFG me ha servido para aprender a planificar y estructurar un proyecto, plantear los objetivos e intentar conseguirlos y redactar una memoria. Son fundamentales estos conocimientos ya que pueden ser habituales en el mundo laboral.

El haber desarrollado este proyecto de automatización, me ha servido para ampliar y mejorar mis conocimientos a nivel software y hardware, además de la parte electrónica y de automatización que ha sido necesaria para el proyecto.

Por otra parte, el haber desarrollado la aplicación Web con tecnología JavaEE, me ha ayudado a asimilar en profundidad y a ampliar los conocimientos adquiridos en las asignaturas. Esta tecnología es bastante interesante de cara a mejorar los conocimientos para el mercado laboral.

Análisis del seguimiento

Se ha desarrollado el proyecto siguiendo la planificación temporal detallada en el apartado 1.4 de este documento.

En general la realización de las tareas se ha hecho en la fase que se había indicado, aunque la fecha límite para la terminación del hito, no se ha cumplido con exactitud, se ha necesitado algún día más para poder concluir la tarea a realizar, aunque la tarea finalmente ha quedado terminada.

7.1. Trabajos futuros y mejoras

Debido fundamentalmente a una planificación muy ajustada para los objetivos y alcance del presente proyecto, se proponen nuevos objetivos y mejoras en casi todas las áreas del mismo.

Desde el punto de vista funcional, el prototipo construido responde a las expectativas de diseño planificadas en el desarrollo del proyecto, aunque se podrían realizar varios cambios para mejorar el impacto visual y las posibilidades de utilización. Fundamentalmente:

- Sustituyendo los sensores inductivos por sensores capacitivos se puede mejorar el impacto visual de las locomotoras de tren. Debemos tener en cuenta que los modelos a escala de los trenes de modelismo ferroviario están contruidos, en su mayoría, en plástico. En este proyecto se han utilizado sensores inductivos, ya que se ha tenido en cuenta, entre otros parámetros, el coste relativamente asequible de los mismos. Sin embargo, los sensores capacitivos detectan sin problemas el plástico utilizado en la construcción del chasis de las locomotoras, por lo que harían innecesario cualquier material conductor en el chasis de los trenes para la correcta detección por el sensor. El inconveniente de esta medida es que los sensores capacitivos tienen un coste superior al de los inductivos, y esto puede tener un impacto importante en el coste económico del proyecto.
- El prototipo ofrece gran cantidad de posibilidades para su utilización, tanto para simular situaciones de regulación de tráfico ferroviario cercanas a la realidad, como para desarrollar aplicaciones de control automatizado y también de seguridad en las instalaciones. Es recomendable implementar aplicaciones software de este estilo, pudiendo incluso desarrollar aplicaciones de control que permitan el aprendizaje automático del sistema. Integrar aplicaciones que utilicen técnicas de inteligencia artificial como base aumentaría el potencial de utilización del prototipo desarrollado para revisar y testear aplicaciones de seguridad y control trasladables a un entorno real ferroviario. Es decir, dotar al prototipo de las capacidades necesarias para convertirlo en un simulador de campo utilizable por ingenieros y personal ferroviario para una primera fase de pruebas y aprendizaje.
- Es necesaria una fase de pruebas intensiva de la aplicación HMI. Se pueden aplicar técnicas para incrementar la efectividad gráfica de la aplicación desde el punto de vista de la interactividad. Profundizando en la aplicación de los estándares y guías de buenas prácticas comentadas anteriormente, es posible mejorar la eficiencia del sistema automatizado y también ayudar de mejor forma al usuario en el reconocimiento de

señales en pantalla, toma de decisiones, reconocimiento y actuación en situaciones de funcionamiento degradado del sistema, etc.

- La página web desarrollada en este proyecto representa una primera oportunidad para extraer información del sistema automatizado y ofrecerla a través de la web a varios clientes. En este proyecto se pretendía demostrar que se pueden extraer datos de un sistema automatizado a una página web desarrollada de forma independiente, aunque es posible utilizar las herramientas de los fabricantes de automatización (en este caso Siemens), para servir esta información vía web. Sería necesario, en el caso de la aplicación web desarrollada, mejorar el formato general de las páginas y la presentación global. Este trabajo ha quedado fuera del alcance de este proyecto y para que la página sea realmente utilizable es necesario mejorar su aspecto, además de incluir funcionalidades nuevas para los clientes.
- Las aplicaciones de procesado de imágenes desarrolladas se pueden complementar con otras aplicaciones de análisis de histograma, reducción de ruido y métodos de reconocimiento de figuras concretas. En el caso del análisis de histograma y de reducción de ruido, estas aplicaciones mejorarían la imagen en temas como luminosidad, reducción de falsos positivos en detección de contornos, etc.
- En cuanto a la parte hardware, también sería necesaria una mejora en la canalización de cableado, ya que mejoraría en gran parte el impacto visual de la infraestructura construida.

8. Glosario

- **Aguja.**
Cada uno de los dos carriles móviles que en los ferrocarriles y tranvías sirven para que los vehículos vayan por una de dos o más vías que concurren en un punto.
- **DCC (Digital Command control).**
Sistema utilizado en el control digital de las maquetas ferroviarias
- **Estación.**
Instalación de vías y agujas, protegida por señales que tiene por objeto coordinar los procesos de la circulación. Los apartaderos y Puestos de bloqueo se consideran estación, así como los Puestos de circulación cuando intervengan en el bloqueo. Puntos de observación y medida con aparato topográfico.
- **HMI**
HMI significa Human Machine Interface, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona (operador) y la máquina (proceso).
- **MVC.**
El modelo–vista–controlador (MVC) es un patrón de arquitectura de software que separa los datos y la lógica de negocio de una aplicación de la interfaz de usuario y el módulo encargado de gestionar los eventos y las comunicaciones.
- **PLC (Programmable Logic Controller)**
Controlador lógico programable o autómatas programables.
- **Tren.**
Serie de vehículos acoplados unos con otros que, remolcados por uno o varios vehículos motores (locomotora, automotor, etc), conducen viajeros o mercancías de un punto a otro por una vía férrea circulando de acuerdo con una marcha o en régimen especial.

9. Bibliografía

[1] Riley Edwards, J., M. Hart, John, Todorovic, Sinisa et al., “Development of Machine Vision Technology for Railcar Safety Appliance Inspection”, In Proceedings of the International Heavy Haul Conference Specialist Technical Session-High Tech in Heavy Haul, Kiruna, Sweden (pp. 745-752)

- Railwaymania magazine (modelismo ferroviario), “Normas NEM de modelismo ferroviario”, nº 13, Marzo 2007. <http://www.railwaymania.com/>
- Rodríguez, José Ramón; García Mínguez, Jordi; Lamarca Orozco, Ignacio; “Gestión de proyectos informáticos: métodos, herramientas y casos”, ISBN: 978-84-9788-568-3, Editorial UOC, 2000
- José Manuel Díez Aznar, Iniciación Al WinCC. Visualización, Monitorización Y Control De Procesos Industriales. Universidad Politécnica de Valencia, 2003.
- Ramón Piedrafita Moreno, Ingeniería De La Automatización Industrial. 2ª Edición Ampliada Y Actualizada. Ra-ma, 2004.
- Christian Diedrich, Thomas Bangemann, Profibus PA: Instrumentation Technology for the Process Industry. Oldenbourg Industrieverla.
- AQUILINO RODRIGUEZ PENIN, Comunicaciones Industriales. MARCOMBO, 2008.
- Mandado Pérez, Enrique/Marcos Acevedo, Jorge Fernandez Silva, Celoso/Armesto J, Automatas Programables Y Sistemas De Automatización. MARCOMBO, 2009.
- Documentación oficial de cursos de Siemens en programación de autómatas y hardware.
- Documentación oficial del software de programación SIMATIC STEP 7 y Micro/WIN
- Documentación de normativa ferroviaria actualizada y sistemas de control ferroviario.
- Documentación oficial del software Scada WinCC v7.0
- Información recogida de numerosas fuentes en Internet, ya sean de fuentes oficiales de los fabricantes de los productos utilizados como de fuentes diversas.
- Irueste Lobo, José; “Mantenimiento de material rodante ferroviario”. ISBN 9788496437326, CIE INVERSIONES EDITORIALES DOSSAT-2000, 2008
- “Nociones básicas ferroviarias 2ª ED” ISBN: 9788426714626, S.A. MARCOMBO, 2007
- Arques Patón, José Luis; “Ingeniería y gestión del mantenimiento en el sector ferroviario” ISBN: 9788479789169, DIAZ DE SANTOS, 2009
- González Fernández, Francisco Javier; Fuentes Losa, Julio; “Ingeniería Ferroviaria 2ª ED” UNED
- González Fernández, Francisco Javier; “Señalización y seguridad ferroviaria” Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos, ED Garceta, 2016.
- Montes Ponce de León, Fernando; “Los sistemas de control de tráfico y señalización en el ferrocarril”; Universidad de Comillas, 2011
- Villaronte Fernández-Villa, Juan Antonio; “Tecnología e ingeniería Ferroviaria. Tecnología de la vía 4ª ED”, DELTA publicaciones, 2012
- Información técnica del material ferroviario utilizado de la compañía Roco

- Stan Ames, Rutger Friberg, Ed Loizeaux. Digital Commando Control –the comprehensive guide to DCC-, NMRA 1998
- IRIDA DA CUNHA;“El trabajo de fin de grado y de master, redacción, defensa y publicación”, ISBN: 9788490643907, Editorial UOC, 2016
- Jiménez de Parga, Carlos; UML Aplicaciones en Java y C++; Ed RAMA, 2015
- Ttevens, Perdita; Pooley, Rob; UTILIZACION DE UML en ingeniería del software con objetos y componentes, 2ª Ed, Addison Wesley, 2010
- Sznajdleder, Pablo Augusto; Java a Fondo, 2ª Ed, Marcombo, 2013
- Pérez Martínez, Eugenia; Hibernate Persistencia de objetos en JEE, Ra-Ma, 2015
- Ceballos, Fco. Javier; Java, Interfaces gráficas y aplicaciones para internet 4ª ED, Ra-Ma, 2015
- Rodríguez Penin, Aquilino; Sistemas SCADA Guía Practica, Marcombo
- Orbegozo Arana, Borja; Curso práctico avanzado de PostgreSQL La base de datos más potente, Altaria, 2014
- “Human Machine Interface (HMI) Design: The Good, The Bad, and The Ugly (and what makes them so)”, 66th Annual Instrumentation Symposium for the Process Industries January 27-29, 2011
- ISA_101_HMI_Workshop.pdf
- “ISA_101_HMI_standard_nears_completion”, Publication of the International Society of Automation, July-August 2014.
- “High Performance Graphics to Maximize Operator Effectiveness”, PAS 2012

10. Anexos

- Anexo TFG
- Multimaus
- Relés_Características
- Relés_Info
- S7 200
- SIMATIC
- High_Performance_HMI_Overview_v2
- HMI_Design_TheGood_TheBad_TheUgly
- ISA_101_HMI_standard_nears_completion
- ISA_101_HMI_Workshop