Requisitos para el desarrollo de un enclavamiento ferroviario didáctico

EFD

Óscar Herrero Gordaliza

# Introducción

## Propósito

Este documento determina las funcionalidades descritas para un sistema de tiempo real que controla los elementos de una estación y establecer movimientos seguros dentro de una estación para impedir accidentes y colisiones, tomando como referencia la normativa ferroviaria de ADIF.

## Alcance

Este proyecto se dividirá entre:

**Enclavamiento ferroviario didáctico:** Sistema de tiempo real que controla los controla el comportamiento de los elementos de vía y asegura rutas para el movimiento de los trenes.

**Controlador de Agujas:** Sistema que lee y modifica los estados de las agujas, asegurándose del correcto funcionamiento de dichos elementos y notificando a la unidad en caso de un error.

**Controlador de secciones de vía:** Sistema que realiza una lectura del estado de una sección de vía usada en la unidad central. En caso de errores o incidentes con la ocupación de una sección de forma intempestiva, este notificará al EFD.

**Controlador de señales:** Sistema que se determina los valores de las señales para establecer un movimiento seguro en la estación.

**Registro de Señales:** Secuencia de 12 registros universales que se usaran para dar valor a las señales.

# Descripción general

## Interfaces

## Funciones del Sistema

# Requisitos específicos

**Encendido del sistema**. Esta sección establece el estado predefinido de todos los elementos al activar el sistema:

**ENC-10**: Todas las secciones de vía deben de estar en un estado no accesible hasta que:

**ENC-10.1**: Todas las agujas estén en posición normal y el sistema haya comprobado su correcto funcionamiento.

**ENC-10.2**: Todas las señales estén en estado de parada, siendo esta solamente la señal lumínica roja. Salvo, las señales de avanzada, denotadas como E’X, que se encontrarán es estado de anuncio de parada; encendiendo solamente la señal lumínica amarilla.

**ENC-20**: Una vez establecidos todos los estados para agujas y señales. Se liberan todas las secciones de vía y se ponen a disposición del sistema.

**ENC-30:** Todos los bloqueos de la estación, tanto el propio como los colaterales, se quedarán bloqueados hasta que se encuentren disponibles todos los elementos de campo.

**Movimientos de estación:** En esta sección se especificarán los requisitos y especificaciones necesarias para establecer movimientos.

**MO-10:** Para establecer un movimiento de entrada una de las secciones de estacionamiento CV1, CV2 y CV3, además la secuencia de secciones que llegan hasta ellas debe de estar libres para su ocupación.

**MO-10.1:** En caso de que estar en un escenario ideal, donde todos los componentes se comportan adecuadamente, se podrá establecer movimientos de itinerario a cualquiera de las vías principales de la estación

**MO-10.2:** En caso de excepcionales donde algún elemento de campo no funcione adecuadamente. Se establecerá un movimiento de rebase autorizado de señal hacia la vía pertinente.

**MO-20:** Para establecer un movimiento de salida desde cualquiera de las secciones CV1, CV2 y CV3 hacia un bloqueo, se deberá asegurar que las secciones hacia la salida están libres y protegidas frente a cualquier colisión o accidente.

**MO-20.1:** En caso de que estar en un escenario ideal, donde todos los componentes se comportan adecuadamente, se podrá establecer movimientos de itinerario a cualquier bloqueo colateral.

**MO-20.2:** En caso de excepcionales donde algún elemento de campo no funcione adecuadamente. Se establecerá un movimiento de rebase autorizado de señal hacia el bloqueo colateral pertinente

**MO-30:** Para establecer movimientos de paso en una estación se deberá especificar que es un movimiento desde una señal de entrada a un bloqueo. En caso de que la vía directa CV1 no esté disponible, se deberá desglosar el movimiento directo en: un movimiento de entrada a una vía de apartado. Y tras una espera de 30 segundos se establecerá un movimiento de salida hacia el bloqueo colateral pertinente.

# Enclavamiento

Un enclavamiento es un sistema de tiempo real que gestiona los componentes y movimientos de una estación para que el tren llegue a su destino de forma segura evitando accidentes y colisiones. Para ello se hace uso de elementos de vía como agujas y señales.

El desarrollo de este enclavamiento se tomará en cuenta los márgenes establecidos por ADIF para su correcto funcionamiento

# Elementos simples

## Elementos físicos

## Elementos de detección

Para detectar la posición por la que transcurre el tren se determinará si una sección de vía está ocupada o no, para ello se usarán los siguientes dispositivos:

* Contadores de Ejes: Dispositivo eléctrico que genera un arco magnético que se perturba cuando la rueda de un tren pasa por encima, haciendo un conteo del número de ejes de ruedas que transcurren por encima de él.
* Circuitos de vía: Circuito eléctrico cerrado que se ve interrumpido cuando un tren ocupa la sección haciendo corto.

A partir de estos dos dispositivos el enclavamiento determina si una sección de vía está ocupada o libre.

## Agujas

Elementos de vía que cambian la dirección por la que transita un tren para llegar a su destino. Las agujas poseen dos estados: normal, Invertido.

* **Normal:** Posición predeterminada que dirige al vehículo afectado a una vía directa, sin desviación.
* **Invertida:** Posición de la aguja que deriva al vehículo a una sección alternativa a la vía predeterminada.

En caso de que el enclavamiento detecte que la posición real de la aguja discrepa por la posición relativa que necesita el enclavamiento, está deberá establecer un mando de normalización de aguja (NA). Para devolverla a la posición normal y poder volver a operar con ella.

## Señales Luminosas

Elemento informativo que expresa al maquinista el estado de circulación que debe de seguir el vehículo, y al operador del centro de control información de campo para poder establecer otras rutas complementarias sin riesgo de accidentes.

Entre las señales luminosas podemos diferenciar dos tipos: señales altas y bajas. Dependiendo del tipo de vía que protejan. Para las vías principales se hará uso de señales altas, mientras que en las vías de apartado (vías secundarias) se harán uso de las señales bajas. Dando pie a que las vías protegidas por señales altas pueden hacer paso directo de una estación colateral a la otra; mientras que en las vías de apartado protegidas por señales bajas tendrán que estacionarse para poder desplazarse hacia la estación colateral.

El conjunto de señales que se van a usar es:

* Avanzada
  + Roja: parada. Indica que el vehículo debe pararse ante la señal
  + Amarilla: anuncio de parada. Indica que el vehículo entra a la estación a una velocidad máxima de 30 km/h
  + Verde: anuncio de vía libre. Indica que el vehículo entra a la estación a una velocidad normal de 50km/h
  + Verde-amarilla: anuncio de precaución. Indica que el vehículo que después de la siguiente señal el tren se va a encontrar una aguja en posición invertida. Por lo que deberá minorar la velocidad a 30 km/h
* Entrada
  + Roja: anuncio de parada. Indica que el vehículo debe pararse ante la señal
  + Verde: anuncio de vía libre. Indica que el vehículo entra a la estación a una velocidad normal de 50 km/h
  + Amarilla: anuncio de precaución. Indica que el vehículo entra a la estación a una velocidad máxima de 30 km/h
  + Roja-Blanca: anuncio de rebase. Indica que el vehículo entra a la estación con precaución por riesgo a una velocidad máxima de 25 km/h
* Retroceso
  + Roja: anuncio de parada. Indica que el vehículo debe pararse ante la señal.
  + Roja-blanca (vertical): anuncio de rebase. Indica que el vehículo entra a la estación con precaución por riesgo a una velocidad máxima de 25 km/h.
  + Blanca: anuncio de retroceso. permite retroceder dentro de la zona controlada hasta liberar las agujas o hasta la señal interior; se considera movimiento de maniobras.
* Salida
  + Roja: anuncio de parada. Indica que el vehículo debe pararse ante la señal.
  + Verde: anuncio de vía libre. Indica que el vehículo entra a la estación a una velocidad normal de 50 km/h
  + Blanca: movimiento autorizado. Indica que un vehículo puede hacer un movimiento de maniobra hasta la siguiente señal a una velocidad normal de 50 km/h
  + Roja-blanca: anuncio de rebase. Indica que el vehículo entra a la estación con precaución por riesgo a una velocidad máxima de 25 km/h

## Elementos lógicos

## Sección de vía

Conjunto de elementos de campo que proporciona al centro de control información sobre:

* Las posiciones de las agujas
* El estado de contadores de ejes o circuitos de vía. Identificando si la sección está ocupada o libre
* Señales luminosas. Dando información del estado de la estación regulando el tráfico que transcurre por la misma.

# Bloqueos

Un bloqueo es un sistema lógico que organiza la circulación de los vehículos en un trayecto entre dos estaciones para evitar colisiones o accidentes. El enclavamiento lo interpreta como una ruta entre una señal de salida y una estación colateral.

## Dirección del tren

Respecto al enclavamiento, este no interactúa con elementos del trayecto, ya que esa es tarea del bloqueo. Sin embargo, el enclavamiento recibe o envía información con respecto a los movimientos que se establecen entre la señal propia y la colateral. Definiendo los movimientos de entrada y salida de una estación de la siguiente manera:

Los movimientos de entrada se definen como rutas que proceden directamente de la estación colateral, representada con su nemónico, hacia una señal de salida perteneciente a un estacionamiento.

Los movimientos de salida se definen como rutas procedentes desde una señal de salida de un estacionamiento a una estación colateral, representándose con el nemónico de la estación.

## Cierres de señal

En el caso de que ocurra un incidente en el enclavamiento o entre las señales de entrada de las estaciones propia y colateral, el enclavamiento implicado podrá enviar un mando de cierre de señal de bloqueo (CSB) para cerrar todas las señales de trayecto de entrada a su estación, y advirtiendo a la segunda estación implicada que no se podrán establecer rutas en esa dirección.

Para abrir de nuevo las señales se ejecutará un mando de normalización de bloqueo (NB) el cual lo devolverá a un estado inicial donde puedan establecerse movimientos de nuevo.

## Escape de material

Si un tren ocupa de forma inesperada una secuencia de secciones de vía hacia un bloqueo sin haberse autorizado dicho movimiento, se considerará que la estación sufre escape de material.

Si habiéndose establecido una ruta de entrada se inicia un movimiento de salida que afecte a la ruta que se preveía con anterioridad. También se considerará escape de material.

Como consecuencia, la estación propietaria de ese evento intempestivo anunciará a la estación colateral que sufre dicho problema. Para así la estación afectada cierre todas las señales de salida hacia ese bloqueo y todos los circuitos de vía afectados se bloquearán para que no puedan ser usados para otros movimientos.

# Rutas

## Ruta

Una ruta es la secuencia de secciones de vía que tiene que seguir un vehículo dentro de la estación para llegar a su destino. Una ruta se rige por un inicio y un final, que son establecidos por las señales y/o bloqueos donde el tren empieza y acaba su movimiento.

Una ruta puede establecerse en tres estados:

* **Marcada**: Se considera marcada a toda ruta compatible con otros movimientos, que no permite el paso de un tren debido a que las agujas necesarias para establecer el movimiento no se encuentran enclavadas en la posición requerida.
* **Formada**: Se considera formada toda ruta establecida que posee las agujas enclavadas en una posición adecuada pero no se cumple:
  + La ruta no tiene circuitos de deslizamiento
  + No se han establecido protección de flanco
* **Supervisada**: Se considera supervisada a toda ruta establecida, compatible con otros movimientos, y que tiene todos los elementos disponibles para poner en marcha su desplazamiento. Estableciendo estas consignas se abrirá la señal de partida para el movimiento.

## Movimiento

Se define movimiento como el tipo de desplazamiento que puede hacer un tren dentro de las señales de entrada de la estación, se establecen los distintos tipos de movimientos:

* **Itinerario**: recorrido de entrada salida o desplazamiento interno que se realiza en condiciones óptimas. Por lo que el tren podrá desplazarse a 60km/h
* **Maniobra**: movimiento en el interior de la estación que requiere una velocidad máxima de 30 km/h para realizar el movimiento.
* **Rebase**: Movimiento supervisado con señal de inicio cerrada y mochila de señal abierta. Indicando al maquinista que puede desplazarse a su destino con precaución a una velocidad no superior a los 20 km/h.

## Disolución

Liberación de elementos de campo utilizados por cualquier tipo de operación. Las disoluciones pueden realizarlas tanto por el operador como por el propio enclavamiento, definiendo así:

* **Disolución manual**: disolución de ruta realizada por el operador encargado de la estación usando instrucciones de usuario.
  + **Artificial**: La disolución artificial es una disolución inesperada no prioritaria donde no existe ninguna emergencia que lo requiera. Las disoluciones se pueden realizar de dos modos:
    - **Inmediata**: En el instante que se ejecuta la orden la ruta se elimina y todos los elementos de campo vuelven a un estado de reposo (DAI).
    - **Diferida**: Tras ejecutar el comando se bloquean todos los elementos utilizados para que no se puedan interactuar con ellos hasta que transcurre un tiempo de 3s (DAD).
  + **Emergencia:** En el caso que el operador requiera de disolver una ruta por causas no esperadas, esa ruta se anulará y se bloqueará su uso durante un tiempo de seguridad de 3s (DE).
* **Disolución automática:**
  + **Estacionamiento:** una ruta se disuelve por estacionamiento cuando está llega a una sección de vía principal donde el vehículo puede estacionar. Esta disolución se realiza con un tiempo de diferímetro de 2’5s.
  + **Liberación:** una ruta se disuelve por liberación cuando se completa el movimiento establecido en el enclavamiento. Liberando todos los circuitos implicados en el mismo.

## Elementos de protección

* **Deslizamientos**: Elemento lógico del enclavamiento utilizado como protección frontal, la cual utiliza la sección de vía siguiente como tramo añadido en caso de que el tren no tenga distancia suficiente de frenado. Para ello se bloquea el uso de esa sección y se dispone todos los elementos que posee a servicio de la ruta establecida
* **Protección de flanco**: Elemento lógico del enclavamiento utilizado como protección lateral, la cual bloquea el uso de agujas que no están protegidas por una señal con el objetivo de no establecer movimientos adyacentes que resulten peligrosos para la ruta principal.
* **Proximidad**: Elemento lógico del enclavamiento como protección trasera en la cual, en caso de hacer un mando de disolución por emergencia el enclavamiento no permita utilizar ningún elemento de esa ruta por un tiempo de diferímetro de 5s para salvaguardar el vehículo que transitaba por esa dirección.