

Cátedra Adif - UPM



Seminario técnico

Desafíos del ferrocarril frente a la inteligencia artificial

ETSICCP. Madrid, 26 de mayo de 2026



Sistema de Detector de Obstáculos en Pasos a Nivel mediante Cámaras de Visión Artificial

Roberto Muela Gutiérrez

Subdirector de Pasos a Nivel, Adif

- ¿Cómo funciona un paso a nivel?
- ¿Qué es un detector de obstáculos en un Paso a Nivel?
- ¿Cómo funciona un detector de obstáculos?
- ¿Con que criterio se dota de detectores de obstáculos?
- ¿Se puede mejorar el coste de mantenimiento y la disponibilidad del sistema basado en espiras?
- ¿Como es el sistema del detector de obstáculos en Pasos a Nivel mediante Cámaras de Visión Artificial?
- ¿Cuál es el plan de despliegue?

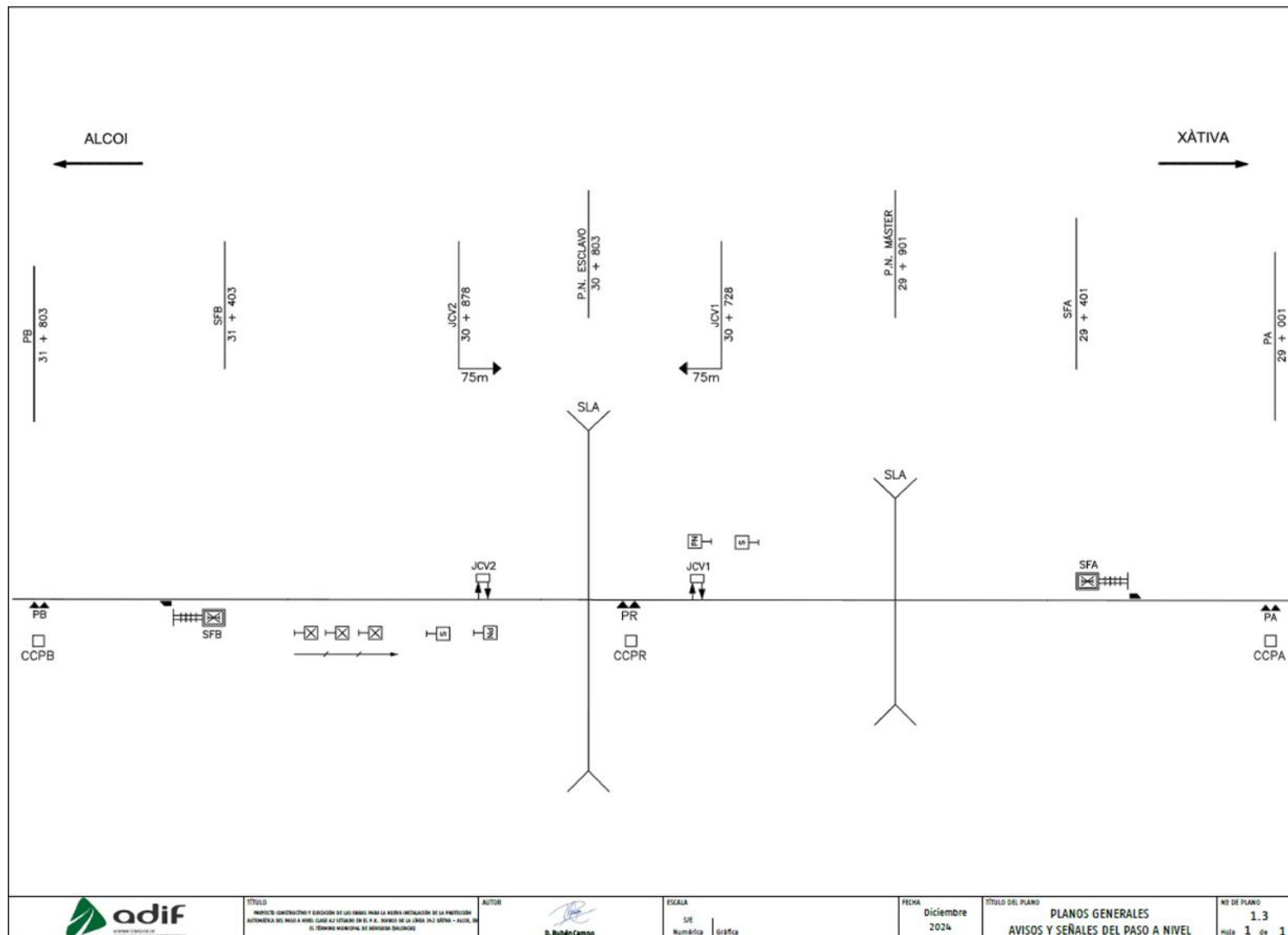
¿Cómo funciona un paso a nivel?

- ❑ Un Paso a Nivel se compone de tres principales elementos en vía:
 - ❑ El propio paso a nivel identificado por el eje del mismo
 - ❑ La señal SPN que indica al maquinista si el paso a nivel está protegido o no
 - ❑ Sistemas de detección de tren:
 - ❑ Los pedales de aviso que activan la protección del paso a nivel
 - ❑ El pedal de rearme y el circuito de vía isla
- ❑ Esos elementos van ubicados siguiendo las siguientes fórmulas para dar cumplimiento a los requerimientos exigidos por el marco legal vigente.
 - ❑ La señal SPN a la distancia de frenado al PN de un tren circulando a la máxima velocidad permitida en el tramo
 - ❑ Los pedales de aviso cumpliendo una doble condición con respecto al PN y a la SPN, tomando la máxima de entre ellas:

¿Cómo funciona un paso a nivel?

- ❑ El PN debe permanecer cerrado 30 segundos antes de que se aproxime el tren (es necesario contemplar el tiempo que tarda en protegerse el paso a nivel), distancia del PN al pedal:
 - ❑ En un paso a nivel automático sin barreras: $= 30,25 \text{ s} \times V_{max}$ (0,25 seg tarda en señalizarse)= 1300 m
 - ❑ En un paso a nivel automático con barreras: $= 48,25 \text{ s} \times V_{max}$ (18,25 seg tarda en señalizarse)= 2077 m
- ❑ El maquinista debe visualizar el estado de la señal SPN 300 metros antes de llegar a la señal SPN, distancia del pedal a la señal SPN:
 - ❑ En un paso a nivel automático sin barreras: $300 + (155 \text{ km/h} \div 3,6 \text{ km} \times \text{s} / \text{h} \times \text{m} \times 2,25 \text{ s} = 96,875 \text{ m} \approx 100 \text{ m}) = 400$
 - ❑ En un paso a nivel automático con barreras: $= 300 \text{ m} + 18 \text{ s} \times V_{max} = 300 + 775 = 1075 \text{ metros}$

¿Cómo funciona un paso a nivel?



Principios de un detector de obstáculos mediante espiras

- ❑ Principios de funcionamiento y elementos
 - ❑ Sistema tradicional basado en lazos de inducción (espiras)
 - ❑ Elemento físico (espiras) que se ubican debajo del firme de la carretera de acceso al paso a nivel
 - ❑ Detección de obstáculos por alteración del campo magnético
 - ❑ Módulo electrónico de control (detector magnético).
- ❑ Mantenibilidad
 - ❑ El tráfico de vehículos pesados daña y afecta a la rodadura y en consecuencia a las espiras
 - ❑ El mantenimiento de las espiras requiere el fresado y levante de la capa de firme, y en la mayoría de los casos cerrar temporalmente al tránsito de vehículos el paso a nivel hasta que se tiende la nueva capa de firme.
- ❑ Disponibilidad
 - ❑ Baja, sobre todo en carreteras con mucho tráfico pesado
- ❑ Coste
 - ❑ Alto de instalación (requiere obra civil)
 - ❑ Alto de mantenimiento
 - ❑ Bajo de adquisición (equipamiento propio de los lazos de inducción)

Principios de un detector de obstáculos mediante cámaras de visión artificial

Su aplicación está especialmente destinada en pasos a nivel que presentan alguna de las características siguientes:

- En pasos a nivel que dispongan de barreras completas o semibarreras dobles.
- En aquellos pasos a nivel que por las características de su entorno Adif determine su instalación.

Para poder conocer el sistema se precisa definir previamente:

- ☐ Obstáculo: cualquier objeto que ocupe más área de un determinado porcentaje de la zona de protección. Esta área será de, al menos, 2 m² y será configurable dependiendo de cada instalación.
- ☐ Zona de cruce o zona de protección: zona definida en la imagen que captura la cámara, dentro de la cual se detectarán obstáculos. Será configurable y dependerá de cada instalación. Este área será, como mínimo, de 25 m².

La función principal del sistema, es detectar la presencia de obstáculos en la zona de cruce del paso a nivel e informar al tren una situación de paso a nivel desprotegido con un tiempo de reacción inferior a 1 segundo, así como, generar un registro jurídico visual de las imágenes recogidas por el sistema de cada ciclo de activación/desactivación del paso a nivel. Este registro quedará almacenado y podrá ser recuperable durante un tiempo de 1 mes.

Principios de un detector de obstáculos mediante cámaras de visión artificial

El sistema detector está basado en la visión por computación artificial y, por tanto, su capacidad de detección es independiente de la base metálica del objeto o vehículo y su altura al suelo. Mediante el procesado de la imagen y clasificación de tipo de objetos, el sistema será capaz de distinguir, clasificar y memorizar los diferentes tipos de objetos, identificando y pudiendo diferenciar entre:

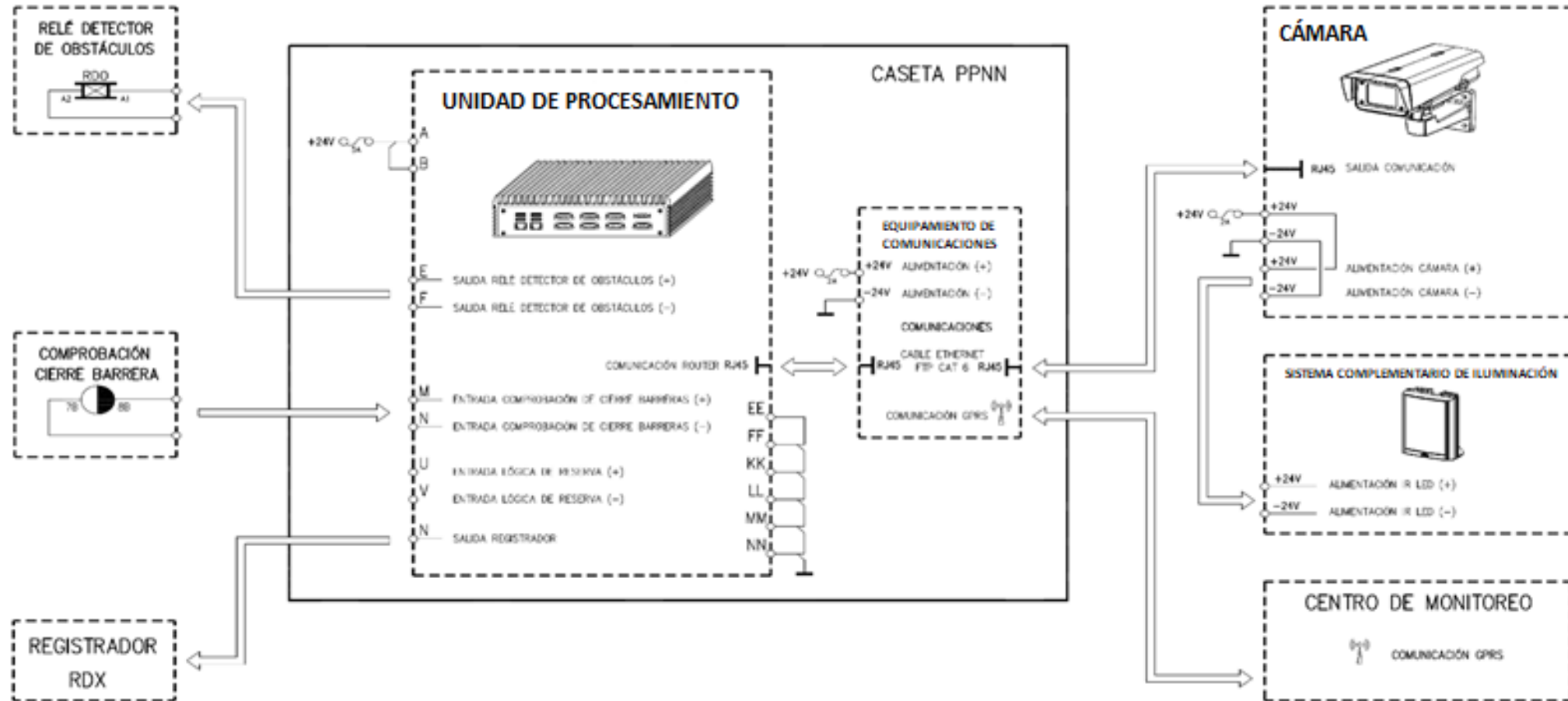
- Peatones y animales
- Vehículos de dos ruedas/ resto de vehículos
- Trenes
- Cuerpos ya presentes en el momento del alta del sistema.

Elementos del detector de obstáculos mediante cámaras de visión artificial

El Sistema Detector de Obstáculos por Cámaras de Visión Artificial (DOCAVA), está formado por los siguientes elementos principales:

- ☐ **Unidad de Procesamiento:** procesa las imágenes captadas por las cámaras instaladas y comprueba el estado de ocupación de la zona de intersección del paso a nivel.
- ☐ **Cámara:** captura en tiempo real las imágenes del paso a nivel y las pone a disposición de la unidad de proceso. Se instala, preferentemente, en un mástil de entre 2,5 y 4 metros en el entorno del paso a nivel.
- ☐ **Equipamiento de Comunicaciones:** sistema al que se conectarán las cámaras y la unidad de proceso para recoger y publicar las imágenes respectivamente.
- ☐ **Sistema complementarios** a situaciones de deficiente Iluminación
- ☐ **Software de soporte y configuración:** software para poder ver la imagen generada por la cámara en tiempo real o configurar el sistema para su puesta en servicio y descargar vídeos de escenas con afectación a la seguridad.

Elementos del detector de obstáculos mediante cámaras de visión artificial



Funcionamiento del detector de obstáculos mediante cámaras de visión artificial

Al activarse las protecciones del paso a nivel (PN), se pueden producir dos situaciones:

- ☐ Que la zona de protección esté libre: salida de seguridad activa o relé excitado.
- ☐ Que el detector informe de la presencia de un obstáculo: salida de seguridad no activa o relé desexcitado.

En el caso a), en que la zona de protección del PN se encuentre libre de obstáculos en el momento en que se han cerrado las barreras, el relé del DO estará excitado autorizando la apertura de la señal al ferrocarril.

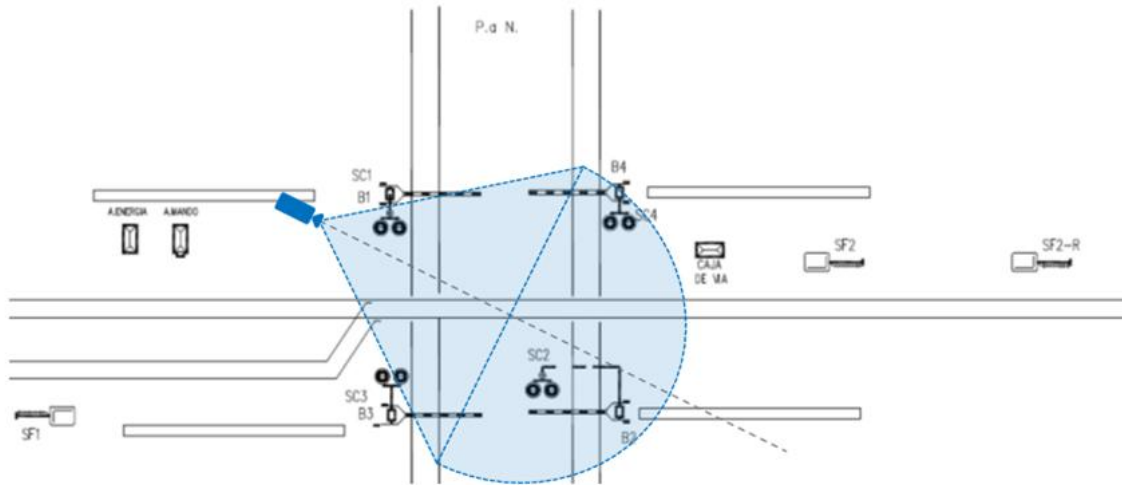
A partir de este instante la salida de seguridad o el relé del DO deberá quedar inhibido, no permitiéndose el cierre de señales al ferrocarril por una ocupación posterior.

En el caso b), en que el detector de obstáculos informe de la presencia de un obstáculo cuando se han cerrado las barreras, la señal al ferrocarril se mantendrá ordenando parada. Ésta situación se prolongará, mientras el sistema esté detectando ocupación en el paso a nivel.

Si durante la aproximación del tren, el obstáculo liberara el paso, la excitación del RDO permitiría la apertura inmediata de señales ferroviarias ya que la liberación no queda inhibida en ningún momento. Tras esta liberación se produce igualmente la inhibición del detector a las ocupaciones posteriores.

Instalación del detector de obstáculos mediante cámaras de visión artificial

Debido que el detector de obstáculos está basado en el análisis de vídeo, la ubicación de las cámaras en el paso a nivel deberá poder abarcar y visualizar mediante una o más cámaras, la totalidad de la zona de intersección del paso a nivel y la zona de rodadura de los vehículos, como muestra la imagen siguiente:



- Las cámaras deberán estar situadas lo más cerca posible del área de interés del paso a nivel entre 6 y 10 metros de distancia del punto central del paso a nivel.
- Las cámaras se instalarán en cualquier caso a una distancia superior a los 1,5 metros de la catenaria y fuera del área de gálibo libre de obstáculos.
- La posición de las cámaras estará entre los 2,5 y los 4 metros de altura.
- Evitar deslumbramiento en la orientación de las cámaras.
- En los pasos con 4 semibarreras, si fuera necesario la instalación de dos cámaras, cada una de ellas deberá enfocar al menos dos de las semibarreras.
- La imagen capturada por las cámaras deberá cubrir al menos una distancia superior a 1 metro fuera de la zona de protección del paso a nivel.

Ventajas del detector de obstáculos mediante cámaras de visión artificial

- ❑ Al ser este nuevo tipo de detección de obstáculos, un elemento de escasa mantenibilidad no sería necesario la utilización de tantos recursos humanos ni tiempos de mantenimiento preventivo ni correctivo necesario.
- ❑ Las revisiones de mantenimiento preventivo serían en intervalos más amplios y más fáciles de realizarse, debido a que no existen casi elementos a mantenerse y están todos fuera de la caja de la vía.
- ❑ La tasa de indisponibilidad del nuevo equipo resultara inferior, mejorándose la fiabilidad de las instalaciones, evitándose la degradación de los elementos y la necesidad constante de ajuste de sensibilidad de las espiras del sistema instalado en la actualidad.
- ❑ La instalación de los nuevos equipos no altera al tráfico rodado de carretera ni al ferroviario, por lo que la afectación a estos elementos es nula. Además de ser una instalación fácil y de extrema rapidez de entrada en funcionamiento.
- ❑ El área de las cámaras abarcar, es modificable, adaptándose a las necesidades específicas de cada paso a nivel.
- ❑ El campo que deja abierto este nuevo sistema de detección es muy amplio, pudiéndose derivar del mismo aplicaciones como, registro de eventos jurídicos, monitorización y visualización de los pasos a nivel en tiempo real, utilización en el mantenimiento, tanto correctivo como preventivo, en un futuro, información directa al maquinista sobre el estado de protección de un paso a nivel en tiempo real.
- ❑ Tasa de fallos, prácticamente igual a cero en las instalaciones probadas.
- ❑ Es una evolución y notable mejoría en el sistema instalado, garantizándose una seguridad y una mantenibilidad totalmente ventajosa sobre el sistema de espiras.

¿Cuál es el plan de despliegue?

CRITERIOS

- ☐ Sustitución de los detectores basados en espiras con baja disponibilidad y alto coste de mantenimiento
- ☐ Sustitución del resto de detectores basados en espiras
- ☐ Instalación de nuevos detectores de obstáculos basados en cámaras de visión artificial en pasos a nivel:
 - ☐ Presenten un elevado Nivel de Riesgo
 - ☐ Otras circunstancias específicas que concurren en un determinado paso a nivel: alta accidentabilidad; zonas

ESTRATEGIA

- ☐ En ejecución primer contrato específico para la sustitución de detectores basados en espiras
- ☐ En ejecución contratos de renovación integral de todas las instalaciones de determinados pasos a nivel que cumpliendo los criterios llevan asociado la sustitución o la instalación de un nuevo detector de obstáculos si fuera el caso
- ☐ En elaboración pliego que comprenda el resto de las actuaciones que, de acuerdo con los criterios, no estén contempladas en las estrategias anteriores

Curiosidades

- ❑ https://adif365.sharepoint.com/:v:/r/sites/SubdirecciondePasosaNivel/Biblioteca%20documental/03_PPN/01.%20GENERAL/16.%20UIC/Conferencias/2019/UIC%20ROMA%2021112019/Imagenes_videos/Videos/caida%20porr%20190521.avi?csf=1&web=1&e=qzg8fu

pancorbo coche encerrado_noches-20190406.avi

pancorbo coche encerrado-20191118.avi

camion-catenaria pancorbo.avi

Cátedra Adif - UPM



adif



Seminario técnico

Desafíos del ferrocarril frente a la inteligencia artificial

ETSICCP. Madrid, 26 de mayo de 2026



GRACIAS
Por su atención

CONTACTO

Roberto Muela Gutiérrez

Administrador de Infraestructuras Ferroviarias

rmuela@adif.es