



**Desarrollo de soluciones tecnológicas necesarias
basadas en 5G para el despliegue del vehículo conectado y
validación de casos de uso (5GVEC)**

Expediente: TSI-065100-2022-001

E30. CASO DE USO: INTEGRACIÓN DE CÁMARAS
RESUMEN EJECUTIVO

Consortio:



Financia:



**Financiado por
la Unión Europea**
NextGenerationEU

Cofinancia:





Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	OBJETIVOS PRINCIPALES.....	2
3.	RESUMEN EJECUTIVO	2
4.	PRINCIPALES CONCLUSIONES.....	4



1. INTRODUCCIÓN

Este entregable pertenece al Paquete de Trabajo 3 “Casos de uso y aplicaciones” y describe cómo se conecta el sistema de cámaras del circuito de pruebas de DEKRA con la plataforma TupLOS para disponer del vídeo en tiempo real a todos los módulos de análisis de 5GVEC.

2. OBJETIVOS PRINCIPALES

Los objetivos principales del entregable E30 del Proyecto 5GVEC:

- Integrar las cámaras IP del circuito en TupLOS y permitir la visualización en directo desde la plataforma, sin retrasos perceptibles.
- Garantizar un flujo estable (20 FPS) y resiliente, con reconexión automática ante caídas y sin pérdida de frames apreciable.
- Diseñar un modelo de visión artificial que combine YOLOX para detección y ByteTrack/Deep SORT para seguimiento, optimizado para procesar sólo cada N frames y reducir el coste computacional.
- Facilitar la integración para módulos de predicción de trayectoria y análisis de tráfico, aportando datos enriquecidos a los KPIs de movilidad inteligente de 5GVEC.

3. RESUMEN EJECUTIVO

El entregable E30 describe cómo se conecta el sistema de cámaras del circuito de pruebas de DEKRA con el sistema TupLOS para que el vídeo en tiempo real esté disponible a todos los módulos de análisis del Proyecto 5GVEC. La integración se apoya en un dispositivo Jetson, una VPN privada (Tailscale) y un servidor RTSP, de modo que las imágenes fluyen de forma segura y continua hacia la nube de TupLOS.

El documento introduce un prototipo de modelo Deep Learning basado en YOLOX + ByteTrack/Deep SORT para detectar y seguir vehículos en los fotogramas, sentando así las bases de los futuros servicios de percepción avanzada solicitados en entregables previos (E13-E14). Con ello, el entregable E30 complementa la arquitectura de datos ya validada y extiende el alcance global de 5GVEC hacia la analítica de vídeo sobre red 5G.

El caso de uso queda configurado:

Sub-sistema	Componentes utilizados	Resultado
Conectividad hardware	Jetson + router 5G en pista	Cámaras enlazadas por Ethernet y 5G



Transmisión segura	VPN (Tailscale) + RTSP	Vídeo cifrado de extremo a extremo
Ingesta en TupIOS	Streams sin código	Vídeo disponible como recurso lógico
Analítica Deep Learning	YOLOX (+ tracking) cada N frames	Detección fluida con baja latencia
Visualización	Dashboards con mapa GPS	Operador ve posición y escena a la vez

Tabla 1. Configuración del caso de uso

Tras la instalación y la configuración de los distintos componentes, los resultados son:

- Las tres cámaras aparecen en TupIOS con su localización GPS y se monitorizan en tiempo real (Figs. 1-3 del documento).
- El sistema mantuvo 20 FPS constantes durante 24 h sin pérdidas; ante desconexión, la reconexión es automática.
- El prototipo Deep Learning demuestra detección fluida de vehículos y servirá como punto de partida para incorporar seguimiento y predicción de trayectorias.

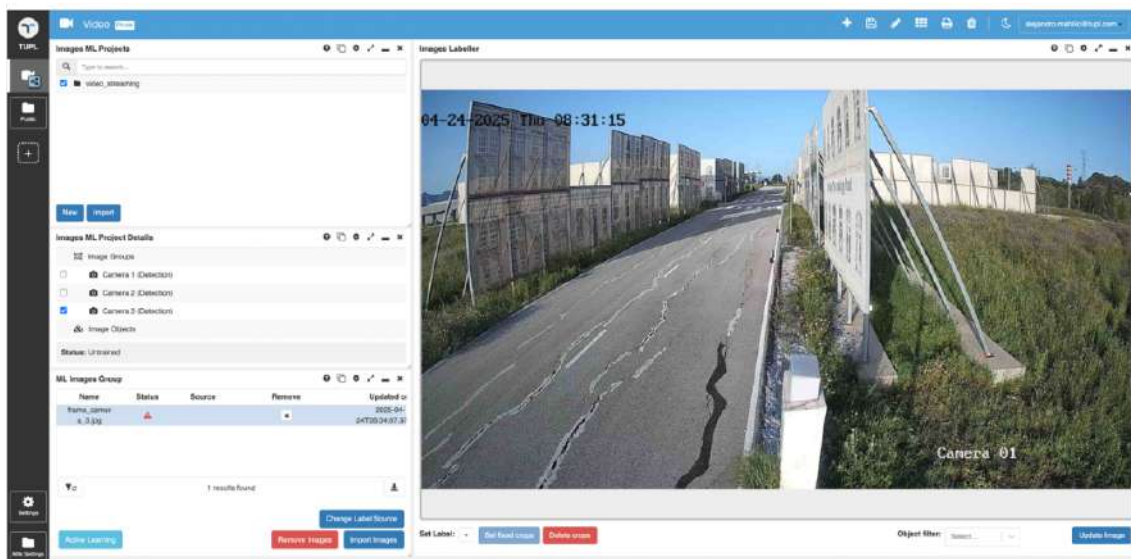


Figura 1: Interfaz de usuario donde se muestra el vídeo en tiempo real



4. PRINCIPALES CONCLUSIONES

El entregable E30 proporciona una base sólida sobre la que se desarrolla el resto del Proyecto mediante el análisis del estado del arte sobre la segmentación de red, la optimización de la latencia y la estandarización aplicada a las comunicaciones vehiculares.

Se ha demostrado cómo algunas técnicas como la configuración de la numerología 5G, el uso de mini-slots o la preasignación de recursos permiten reducir significativamente la latencia, fundamental para satisfacer los estrictos requisitos de los casos de uso de las aplicaciones vehiculares. Además, se establece la segmentación de red y el uso de la inteligencia artificial como herramientas fundamentales para permitir la coexistencia de servicios vehiculares de manera eficiente. Por lo tanto, una planificación cuidadosa de los recursos de la red y la optimización de la latencia y la segmentación son esenciales para el éxito de las comunicaciones vehiculares.

Mediante el análisis de la estandarización se ha establecido un marco técnico robusto sobre el que apoyarse para el desarrollo de soluciones V2X. Se han identificado los 5QI específicos de las comunicaciones vehiculares y los modelos de tráfico contemplados en la estandarización, así como los casos de uso de comunicaciones vehiculares y sus requisitos técnicos.

Por último, en el análisis de los trabajos enfocados en latencia y segmentación se ha observado cómo, para optimizar la latencia y lograr una gestión eficiente de los segmentos de red, los algoritmos basados en inteligencia artificial son una herramienta poderosa para mejorar la eficiencia en la gestión de la red. Su capacidad para adaptarse dinámicamente a las condiciones cambiantes de la red los convierte en una solución prometedora en escenarios de alta movilidad.

Dado que en este proyecto se contempla el desarrollo de estos algoritmos, el estudio de las capacidades de las herramientas disponibles de simulación y prueba en entornos reales ha permitido identificar el potencial de cada uno de ellos y las limitaciones con las que cuentan en el ámbito de las comunicaciones V2X y el Network Slicing.



Desarrollo de soluciones tecnológicas necesarias basadas en 5G para el despliegue del vehículo conectado y validación de casos de uso (5GVEC)

Expediente: TSI-065100-2022-001

E31. CASO DE USO: DETECCIÓN DE TRAYECTORIA DE VEHÍCULO CON CÁMARA CONECTADA RESUMEN EJECUTIVO

Consortio:



Financia:



Cofinancia:





Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	OBJETIVOS PRINCIPALES	2
3.	RESUMEN EJECUTIVO	3
4.	PRINCIPALES CONCLUSIONES	4



1. INTRODUCCIÓN

Este entregable pertenece al Paquete de Trabajo 3 “Casos de uso y aplicaciones” y describe la validación del algoritmo de detección y seguimiento de un vehículo en entorno real, a partir de la transmisión de vídeo en tiempo real procedente de cámaras conectadas sobre 5G y recibida por la plataforma TupIOS.

El documento se apoya en el trabajo previo de integración de cámaras (entregable E30) y en la evolución de plataforma e infraestructura (entregables del E11 al E14). El entregable E31 recoge los resultados y muestra las evidencias de que el sistema funciona de extremo a extremo (captura → conectividad 5G → procesamiento → visualización) y que es robusto frente a condiciones operativas reales (cambios de red, iluminación, etc.).

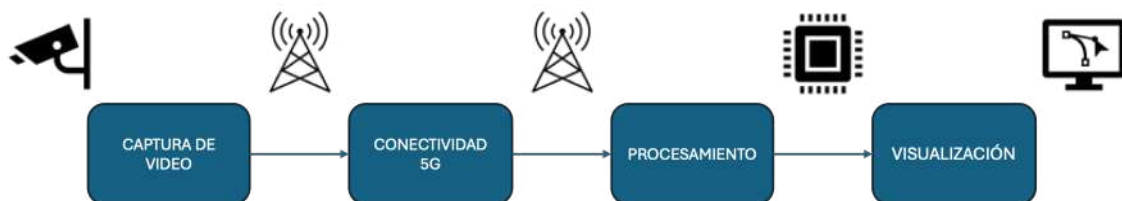


Ilustración 1: Sistema extremo a extremos del caso de uso.

2. OBJETIVOS PRINCIPALES

Los objetivos principales del entregable E31 del Proyecto 5GVEC:

- Demostrar la viabilidad del caso de uso para detectar un vehículo y seguir su trayectoria en tiempo real usando cámaras conectadas, como servicios V2X y de movilidad inteligente en 5GVEC.
- Validar la operación extremo a extremo del servicio integrado en la plataforma TupIOS (no solo el análisis, también el servicio completo y su visualización para el usuario).
- Evaluar la resiliencia ante incidencias típicas de despliegues reales: desconexiones intermitentes, recuperaciones automáticas y continuidad del servicio.
- Comprobar el rendimiento y la experiencia de uso bajo condiciones de red exigentes (carga/saturación) manteniendo estabilidad, latencia y calidad de visualización.
- Identificar limitaciones y lecciones aprendidas (iluminación, geometría de cámara, conectividad y operación continuada) para orientar la siguiente iteración del proyecto.



3. RESUMEN EJECUTIVO

El entregable E31 presenta un caso de uso centrado en percepción basada en vídeo para movilidad conectada: a partir de cámaras IP ubicadas en un circuito de ensayos (DEKRA) y conectadas mediante 5G, el sistema genera dos resultados principales para el usuario:

- Visualización del vídeo con indicadores que permiten ubicar el vehículo.
- Representación del recorrido del vehículo en un mapa, ofreciendo una lectura clara de la trayectoria en el entorno de pruebas.

La validación del caso de uso se ha realizado a través de un conjunto de pruebas diseñado para entornos de ensayo, combinando evidencias cualitativas (operación real, continuidad del servicio) con una componente cuantitativa (comparación con referencia).

El entregable describe el trabajo en cuatro pruebas que cubren el ciclo completo de riesgos típicos en despliegues reales:

- Prueba 1 – Detección y seguimiento de trayectoria: verificación de que el sistema identifica el vehículo y mantiene el seguimiento durante recorridos repetitivos, mostrando resultados de forma operativa en plataforma. Incluye contraste con referencia (GPS) para acotar el error y objetivar el desempeño.
- Prueba 2 – Resiliencia ante desconexiones: evaluación del comportamiento ante cortes temporales en conectividad/streaming y la capacidad de recuperación automática con mínima intervención.
- Prueba 3 – Rendimiento con red saturada: análisis de estabilidad y degradación controlada cuando el enlace 5G experimenta carga elevada, verificando que el servicio sigue siendo utilizable para el operador.
- Prueba 4 – Robustez en condiciones variables: comprobación del funcionamiento ante cambios de iluminación, sombras, distancia y geometría de cámara, identificando límites actuales y acciones de mejora.

Los principales resultados obtenidos son:

- Operación end-to-end confirmada: el sistema se desplegó y operó en un entorno real con cámaras conectadas, conectividad 5G y visualización integrada en TupIOS, lo que refuerza la validez de la arquitectura de 5GVEC para casos de uso basados en vídeo.
- Precisión y trazabilidad del resultado: se incorpora una validación cuantitativa basada en comparación con GPS bajo un criterio objetivo, aportando una referencia verificable y repetible en sesiones de prueba.
- Resiliencia del funcionamiento del caso de uso: se describen incidencias reales (por ejemplo, cortes periódicos asociados a elementos de seguridad/pasarelas, necesidades de dimensionamiento de conectividad) y sus mitigaciones, lo que fortalece la preparación para despliegue y explotación.

- Mejora de experiencia en tiempo real: se identificó un retardo por acumulación (“buffering”) en la entrega de vídeo a la interfaz y se aplicó una corrección orientada a priorizar la información más reciente, alineando la visualización con el tiempo real operativo.

4. PRINCIPALES CONCLUSIONES

El entregable E31 demuestra la viabilidad técnica del algoritmo desarrollado para la detección y seguimiento de la trayectoria de un vehículo, usando el vídeo en tiempo real recibido de cámaras conectadas por 5G y la integración completa en la plataforma TupIOS, y validando el caso de uso en un entorno real.

Las pruebas realizadas confirman que, además del algoritmo, la operación continuada depende de una conectividad adecuada, un dimensionamiento correcto del servicio 5G y componentes de seguridad e infraestructura. El documento aporta mitigaciones y lecciones aprendidas de los resultados, que son directamente aplicables al despliegue del caso de uso.

Las pruebas han permitido identificar limitaciones del algoritmo (iluminación/sombras, distancia, geometría) y se propone una hoja de ruta de mejoras para el algoritmo (adaptación al entorno, calibración/proyección a mapa, mejora de la transmisión streaming), alineada con el avance de madurez del sistema dentro de 5GVEC.

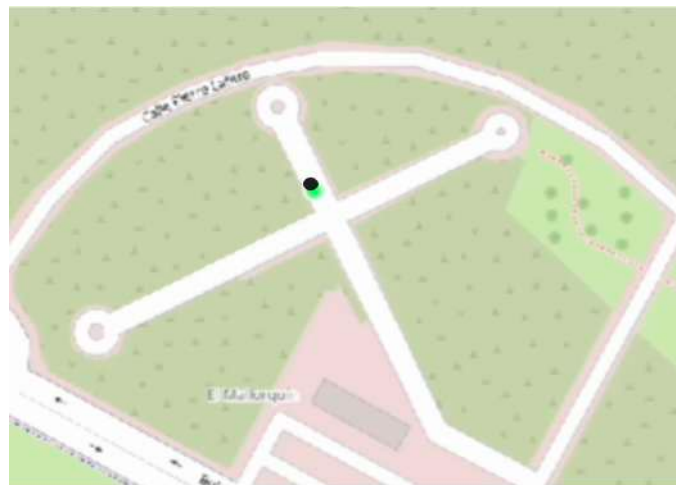


Ilustración 2: Comparación de la posición predicha (en verde) y la posición GPS del vehículo (en negro)