



**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

**E11. ESPECIFICACIONES, DISEÑOS Y TOMA DE REQUISITOS**  
**RESUMEN EJECUTIVO**

**Consortio:**



**Financia:**



**Financiado por  
la Unión Europea**  
NextGenerationEU

**Cofinancia:**



## Tabla de contenido

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS PRINCIPALES.....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b>PRINCIPALES CONCLUSIONES.....</b>	<b>4</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

Este entregable pertenece al Paquete de Trabajo 2 “Infraestructuras 5G” y recoge la especificación del sistema, fuentes de datos, utilidades tanto para la funcionalidad con la plataforma TupIOS, como para el apoyo en la gestión de la infraestructura y el soporte a los casos de uso.

La especificación del sistema como la arquitectura de las fuentes de datos servirán de base al resto de tareas del proyecto, teniendo en cuenta que el procesamiento de datos para su posterior explotación, además de la presentación de los mismos en distintas plataformas digitales, está recogido dentro de los alcances del proyecto.

## 2. OBJETIVOS PRINCIPALES

Los objetivos principales del entregable E11 del Proyecto 5GVEC son los siguientes:

- Gestionar, procesar y presentar datos procedentes de red 5G, cargadores, cámaras y vehículo conectado, recibidos a través de APIs externas.
- Diseñar un modelo de datos común y conectores de software que garanticen la interoperabilidad con cada sistema fuente de información.
- Estructurar la plataforma en tres fases (ingestión, procesamiento, visualización) para asegurar integridad de la información, análisis avanzado y acceso fácil para el usuario final.
- Contar con una infraestructura robusta y escalable (Kubernetes + cloud) capaz de operar en tiempo real y crecer con nuevos casos de uso.
- Ofrecer una interfaz de usuario intuitiva con *dashboards* y gráficos interactivos que faciliten la toma de decisiones ágil basada en datos.

### 3. RESUMEN EJECUTIVO

El entregable E11 describe la plataforma de datos del Proyecto 5GVEC, una solución cloud-nativa que recoge información de múltiples dominios de movilidad y la transforma en conocimiento de utilidad para los usuarios del sistema y los operadores de red.

En la ilustración 1 se muestra la arquitectura del Proyecto 5GVEC y se resalta con un cuadrado rojo el sistema que es objeto de análisis en este entregable.

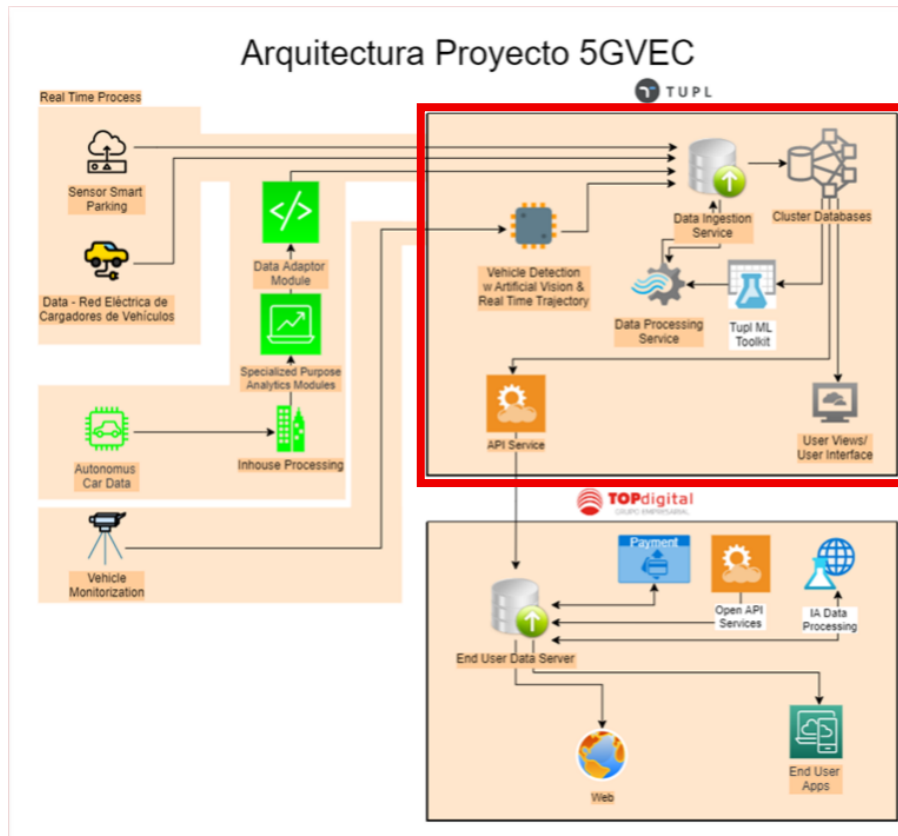


Figura 1. Arquitectura del Proyecto 5GVEC

La arquitectura de este sistema se divide en tres bloques funcionales:

1. **Ingestión de datos:** adaptadores específicos capturan flujos de tráfico, ocupación de parkings, telemetría de vehículos y eventos MQTT, validando su calidad y normalizándolos al modelo común.
2. **Procesamiento analítico:** algoritmos y pipelines sin-código en TuplOS enriquecen los datos con KPIs, características Machine Learning y predicciones, explotando la elasticidad de la infraestructura Kubernetes.
3. **Visualización y servicios al usuario:** dashboards web y aplicaciones móviles muestran en tiempo real mapas, tableros y alertas personalizadas; su diseño configurable permite extender rápidamente nuevos casos de uso.



Este diseño de la arquitectura permite la orquestación de los datos, independientemente de su fuente, para su procesamiento: los datos se reciben a través de eventos y se transforman para alimentar a los modelos analíticos o de aprendizaje máquina. Estos modelos predicen la disponibilidad de aparcamiento, demanda de carga o alertas de tráfico, que son compartidos a través de dashboards y APIs.

Se destacan las siguientes capacidades para el sistema TupIOS:

Funcionalidad	Estrategia Aplicada	Beneficio clave
Escalabilidad	Contenedores orquestados, almacenamiento distribuido	Manejo de grandes volúmenes y alta disponibilidad
Integración	End-points HTTPS, SFTP, Kafka y MQTT	Conexión fluida con cualquier fuente presente o futura
Gobernanza de datos	Modelo unificado + reglas de validación JSON	Datos coherentes y listos para analítica avanzada
Experiencia de usuario	Dashboards interactivos y filtros dinámicos	Decisiones ágiles basadas en información contextual

**Tabla 1.** Estrategias definidas para alcanzar las capacidades principales requeridas al sistema

## 4. PRINCIPALES CONCLUSIONES

En este entregable se ha definido el diseño y puesta en marcha de una plataforma integral que:

- Consolida datos de múltiples fuentes y garantiza su integridad desde la entrada hasta la visualización.
- Aprovecha una infraestructura cloud escalable que soporta procesamiento en tiempo real y crecimiento futuro.
- Facilita la analítica y la predicción mediante componentes Machine Learning integrados, habilitando nuevos servicios de movilidad inteligente.
- Ofrece una interfaz avanzada y configurable que convierte datos complejos en información de interés para operadores y usuarios.

Estas características cumplen los objetivos del Proyecto 5GVEC, y establecen un referente de gestión de datos para vehículos eléctricos conectados, posicionando la solución como base para la evolución de ecosistemas V2X y smart-city.



**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

**E12. PLATAFORMA DE INTEGRACIÓN  
RESUMEN EJECUTIVO**

**Consortio:**



**Financia:**



**Financiado por  
la Unión Europea**  
NextGenerationEU

**Cofinancia:**



## Tabla de contenido

<b>1.</b>	<b><i>INTRODUCCIÓN</i></b> .....	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b><i>OBJETIVOS PRINCIPALES</i></b> .....	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b><i>RESUMEN EJECUTIVO</i></b> .....	<b>2</b>
<b>4.</b>	<b><i>PRINCIPALES CONCLUSIONES</i></b> .....	<b>4</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

Este entregable pertenece al Paquete de Trabajo 2 “Infraestructuras 5G” y recoge un estudio de las utilidades de ML (Machine Learning) para complementar la funcionalidad del sistema TupIOS.

A partir de este estudio, se desplegarán en la plataforma TupIOS los componentes necesarios para asegurar que correcta recepción y procesamiento de los datos del Proyecto 5GVEC en tiempo real.

## 2. OBJETIVOS PRINCIPALES

Los objetivos principales del entregable E12 del Proyecto 5GVEC son los siguientes:

- **Añadir capacidades avanzadas de Machine Learning (ML) al sistema TupIOS** para que la plataforma pueda crear, entrenar y validar modelos de visión artificial sobre los datos del Proyecto 5GVEC.
- **Desplegar un conjunto de herramientas de visión artificial “todo-en-uno”** que cubra desde la carga y etiquetado masivo de imágenes hasta la evaluación con verdad fundamental (o *ground truth*) y matrices de confusión.
- **Habilitar la integración de modelos externos mediante APIs HTTP** a través de flujos de extracción-transformación-carga (ETL) no-code en TuplStreams, ampliando la analítica con algoritmos de terceros sin escribir código.
- **Consolidar a TupIOS como sistema central** que recibe, procesa y expone datos 5GVEC en tiempo real, conectado a bases de datos, servicios cloud y paneles de visualización.

## 3. RESUMEN EJECUTIVO

El entregable E12 detalla cómo el sistema TupIOS evoluciona para sostener los servicios de vehículo conectado del Proyecto 5GVEC. Se abordan dos líneas de trabajo complementarias: herramientas de visión artificial y la integración de modelos externos.

### 3.1. Herramientas de visión artificial (AI Vision Toolkit)

AI Vision Toolkit es una plataforma web que gestiona todo el ciclo de vida de modelos de detección de objetos: gestión de proyectos, datasets y etiquetas; aprendizaje activo para agilizar el etiquetado; entrenamiento concurrente con hiperparámetros pre-optimizados; y validación con ground truth y visualizaciones comparativas.

Esta plataforma ofrece herramientas interactivas que permiten al usuario entender el rendimiento (matrices de confusión, comparación caja-a-caja) y mejorar la calidad iterativamente.

Mediante el uso de AI Vision Toolkit se obtienen modelos con precisión estado-del-arte listos para alimentar otros módulos de 5GVEC.

### 3.2. Integración de modelos externos

La plataforma TuplOS integra el módulo configurable en Tupl Streams que llama a cualquier servicio de Machine Learning expuesto por HTTP (local, cloud o API pública).

El diseñador construye flujos visuales para extraer datos, transformar formatos, invocar el endpoint y almacenar/servir resultados a MongoDB, QuestDB o nuevas APIs.

Esta capacidad hace de TuplOS un motor de orquestación que combina modelos internos y externos sin fricción.

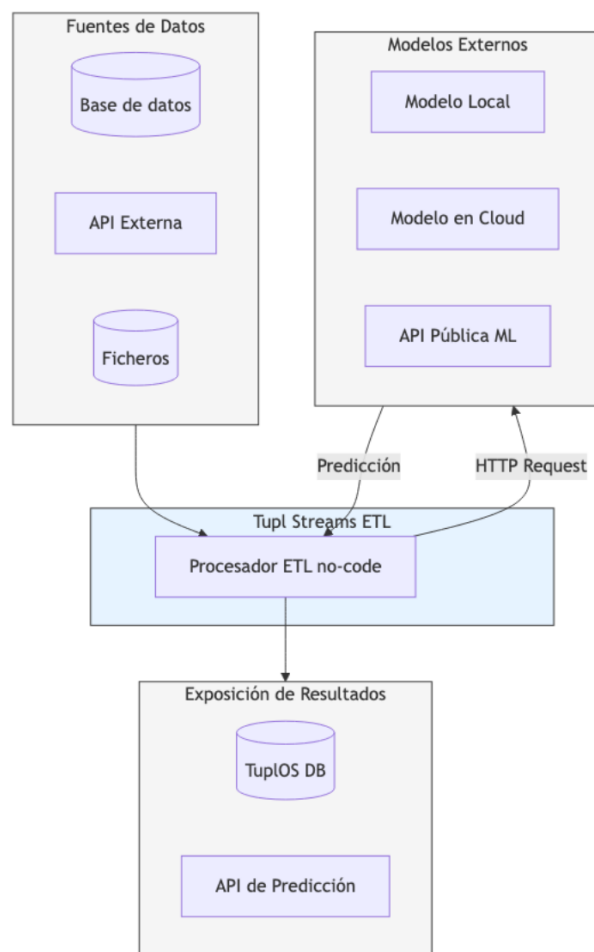


Figura 1. Esquema global de la plataforma TuplOS

En conjunto, estas dos líneas de trabajo permiten a la plataforma reducir el *time-to-insight* ofreciendo un entorno unificado para ingerir, procesar, predecir y visualizar datos de movilidad. Mediante este diseño, el sistema TuplOS incrementa las capacidades que ofrece al Proyecto 5GVEC como se muestra en la tabla 1.



Funcionalidad	Estrategia Aplicada	Beneficio clave
Escalabilidad	Flujos no-code y contenedores	Despliegue rápido de nuevos casos de uso
Interoperabilidad	Estándar JSON + HTTP	Conecta modelos de cualquier proveedor
Calidad de datos	Ground truth y métricas nativas	Mejora continua del desempeño Machine Learning
Agilidad	Interfaz gráfica de usuario intuitiva + aprendizaje activo	Ciclos de entrenamiento más cortos

**Tabla 1.** Valor añadido para el Proyecto 5GVEC

## 4. PRINCIPALES CONCLUSIONES

Este entregable materializa dos contribuciones significativas a la plataforma TuplOS que fortalecen sus capacidades en el procesamiento y análisis de datos.

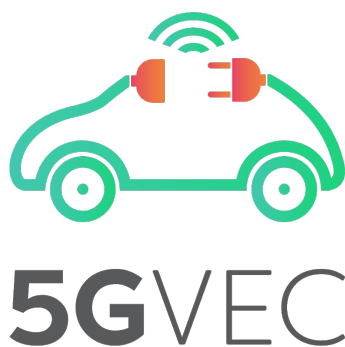
Por un lado, el AI Vision Toolkit proporciona una solución integral para el desarrollo de modelos de detección de objetos, cubriendo todo el ciclo de vida desde el etiquetado hasta la validación.

La herramienta destaca por su enfoque práctico, incorporando funcionalidades como el aprendizaje activo para optimizar el proceso de etiquetado, y un sistema robusto de validación basado en datasets de *ground truth* que permite evaluar objetivamente el rendimiento de los modelos.

Por otro lado, el sistema de integración de modelos externos mediante interfaces HTTP amplía significativamente las capacidades de la plataforma. La implementación a través de Tupl Streams permite incorporar modelos y servicios de análisis de terceros sin necesidad de desarrollo adicional, posicionando a TuplOS como un hub central para:

- El almacenamiento y gestión de datos de diversa naturaleza
- La orquestación de predicciones mediante modelos tanto internos como externos
- La exposición de resultados a través de interfaces estandarizadas

Estas nuevas capacidades servirán como base para el desarrollo de los módulos adicionales planificados en las siguientes actividades, proporcionando las herramientas necesarias para el procesamiento avanzado de datos en el contexto de la movilidad autónoma basada en 5G.



**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

**E13. PLATAFORMA DE APOYO: UTILIDADES INFRAESTRUCTURA Y  
ADICIONALES  
RESUMEN EJECUTIVO**

**Consortio:**



**Financia:**



**Financiado por  
la Unión Europea**  
NextGenerationEU

**Cofinancia:**



## Tabla de contenido

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS PRINCIPALES.....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>2</b>
<b>4.</b>	<b>PRINCIPALES CONCLUSIONES.....</b>	<b>4</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

Este entregable pertenece al Paquete de Trabajo 2 “Infraestructuras 5G” y recoge un estudio sobre las utilidades de apoyo a la gestión de la infraestructura en la plataforma TupIOS y las utilidades adicionales para el soporte de casos de uso específicos del proyecto.

El entregable E13 detalla cómo estas piezas complementan la infraestructura existente y habilitan los próximos casos de uso de movilidad inteligente dentro de 5GVEC.

## 2. OBJETIVOS PRINCIPALES

Los objetivos principales de este entregable son:

- Garantizar un acceso seguro y escalable a la plataforma mediante un esquema multi-tenant con aislamiento total de datos y autenticación unificada.
- Ampliar las capacidades de modelado de TupIOS incorporando grafos para representar y analizar relaciones no jerárquicas presentes en escenarios V2X.
- Proveer detección y seguimiento de vehículos en tiempo real con un servicio de visión artificial integrado en la plataforma y accesible vía API.

## 3. RESUMEN EJECUTIVO

A continuación, se muestran las utilidades que refuerzan el rol del sistema TupIOS como hub convergente que ingiere, procesa, predice y muestra datos en el Proyecto 5GVEC con gobierno corporativo y analítica avanzada.

### 3.1. Modelo multi-tenant

El nuevo mecanismo segmenta la información por tenant creando bases de datos separadas bajo control de Keycloak, que inyecta de forma automática la cabecera tenant\_id en cada petición. Esto ofrece:

Ventaja	Cómo se logra	Impacto
Seguridad centralizada	Proxy Keycloak y cabeceras inmutables	Evita accesos no autorizados
Aislamiento de datos	Base de datos por tenant creada on-demand	Cumple requisitos GDPR y clientes

Escalabilidad	Creación dinámica + infraestructura compartida	Crece al ritmo de nuevos operadores
---------------	--	-------------------------------------

Tabla 1. Ventajas del modelo multi-tenant

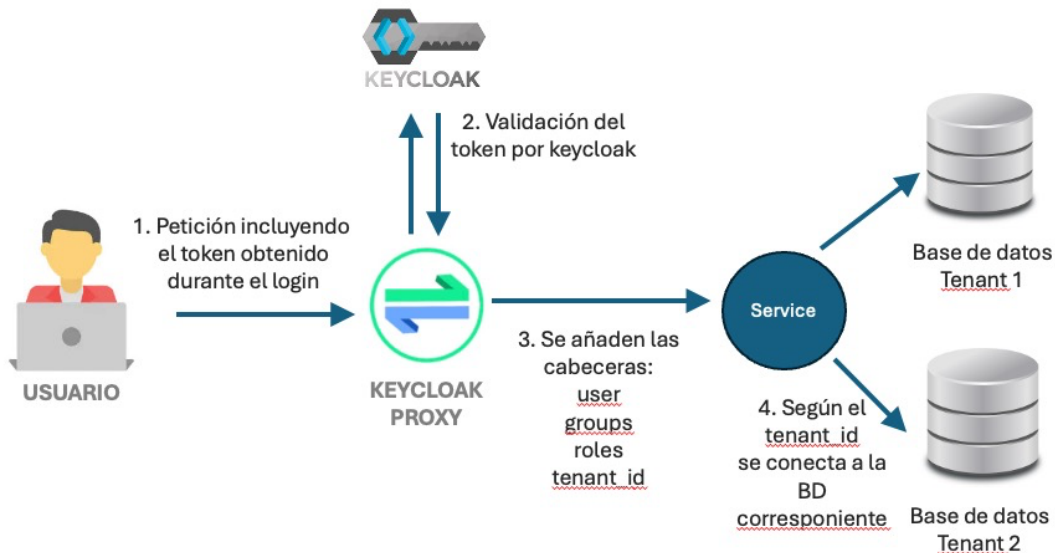


Figura 1: Esquema del modelo multi-tenant

### 3.2. Extensión a grafos

La plataforma deja atrás la limitación de árboles jerárquicos y añade un motor de grafos que:

- Representa relaciones flexibles (nodos, aristas, KPIs por ambos lados).
- Mantiene compatibilidad con consultas jerárquicas existentes.
- Escala mediante particionado y replicación de la base de grafos.

Ello abre la puerta a cálculos como rutas óptimas, caminos críticos o agregaciones dinámicas sobre redes vehiculares y de infraestructura.

### 3.3. Módulo de localización de objetos

Un contenedor Docker con YOLOX recibe flujos RTSP de cámaras IP, detecta vehículos y exporta su posición 3D casi en tiempo real. El sistema se validó con simulaciones Blender y pruebas de campo, alcanzando precisiones > 98 % y tiempos de inferencia de 10 ms por cuadro.

Los beneficios son:

- Tiempo-to-insight reducido para tráfico y seguridad.
- API REST estándar que se encadena con Tupl Streams y dashboards.



- Arquitectura preparada para escalar hasta 4 cámaras @ 20 fps sin degradación apreciable.

## 4. PRINCIPALES CONCLUSIONES

El entregable E13 tiene la intención de explicar diferentes aspectos y funcionalidades del sistema TupIOS.

Se integra la estructura multi-tenant que permite gestionar de forma segura el acceso que los usuarios hacen a la plataforma y a los datos.

Se ha mostrado la versatilidad de TupIOS para resolver problemas tanto con estructuras jerárquicas como más complejas, para las cuales se usa una estructura de grafos.

Por último, el módulo de detección de objetos ofrece la posibilidad de ver visualmente qué objetos hay presentes en las imágenes y llevar un rastreo de la posición GPS, a la vez que todo esto se visualiza en una interfaz de usuario.



**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

**E14. INFORME DE PRUEBAS DEL SISTEMA  
RESUMEN EJECUTIVO**

**Consortio:**



**Financia:**



**Financiado por  
la Unión Europea**  
NextGenerationEU

**Cofinancia:**



## Tabla de contenido

<b>1.</b>	<b><i>INTRODUCCIÓN</i></b> .....	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b><i>OBJETIVOS PRINCIPALES</i></b> .....	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b><i>RESUMEN EJECUTIVO</i></b> .....	<b>2</b>
<b>4.</b>	<b><i>PRINCIPALES CONCLUSIONES</i></b> .....	<b>3</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

Este entregable pertenece al Paquete de Trabajo 2 “Infraestructuras 5G” y recoge el análisis de los resultados de las pruebas realizadas al sistema TuplOS.

## 2. OBJETIVOS PRINCIPALES

El propósito del entregable E14 es verificar que el funcionamiento del sistema TuplOS cubre las necesidades del Proyecto 5GVEC. Los objetivos principales del entregable son:

- Verificar la correcta ingestión de datos multi-fuente (formularios, APIs y flujos MQTT) garantizando integridad y consistencia de los mismo.
- Validar el procesamiento analítico y los modelos predictivos mediante escenarios que comprueban exactitud, gestión de valores extremos y tiempos de respuesta aceptables.
- Corroborar la experiencia de usuario comprobando que los dashboards y formularios muestran información actualizada y se actualizan en tiempo real.
- Evaluar la seguridad e integración mediante ensayos de autenticación y pruebas end-to-end que encadenan los distintos componentes de la plataforma.

## 3. RESUMEN EJECUTIVO

La estrategia de validación se basa en la realización de las pruebas tabulares que definen para cada caso: tipo de prueba, datos de entrada, resultado esperado y criterio de aceptación. Las pruebas realizadas cubren:

Fase del sistema	Casos evaluados	Evidencia clave
Inserción de datos	Carga vía formularios, consultas periódicas a APIs, recepción continua de mensajes MQTT	Flujos Tupl Stream con logs de éxito y captura de mensajes
Procesamiento & ML	Predicción de demanda de carga con datos simulados y extremos	El entregable E14 muestra los resultados de precisión y latencia
Visualización	Dashboards de tráfico, parking y mensajes en tiempo real	El entregable E14 contiene pantallazos de la interfaz del usuario



Integración end-to-end	Se han evaluado cinco flujos combinados (formulario → modelo → API → DB → widget)	El entregable E14 recoge los resultados de las pruebas
------------------------	---	--

*Tabla 1. Resumen de pruebas realizadas*

Los resultados de la validación demuestran:

- Exactitud predictiva: el modelo de demanda mantuvo coherencia incluso con cargas masivas (< 1 segundos de latencia).
- Robustez de ingestión: los flujos de APIs manejaron tokens expirados con respuestas controladas; el cliente MQTT se reconectó automáticamente tras desconexiones.
- Interfaz de usuario reactiva: los widgets actualizaron información en intervalos configurables sin pérdida de datos.
- Integración sin fallos: los cinco escenarios integrados se completaron satisfactoriamente, sin pérdidas ni inconsistencias.

Con los resultados obtenidos se verifica el valor del sistema TuplOS para el Proyecto 5GVEC:

- Confianza operativa: las pruebas confirman que la plataforma puede absorber, procesar y exponer datos de movilidad en tiempo real.
- Base para despliegue: los resultados habilitan la transición a pilotos en campo y alimentan los KPIs de servicio.
- Escalabilidad demostrada: los casos de carga intensiva y mensajería continua evidencian capacidad para crecer con nuevos sensores y flujos.

## 4. PRINCIPALES CONCLUSIONES

El entregable E14 evalúa de manera integral el desempeño y la precisión de los recursos implementados, así como la funcionalidad de las interfaces desarrolladas.

El entregable incluye capturas de los distintos flujos configurados en Tupl Stream y de las vistas de usuario, acompañadas de ejemplos representativos de los datos procesados. Asimismo, se describió detalladamente el proceso de inserción y visualización de la información. Las pruebas diseñadas para cada fase y funcionalidad se presentaron en formato tabular, incluyendo los resultados obtenidos. Además, recoge los logs generados por cada componente mediante capturas de pantalla, evidenciando el comportamiento del sistema TuplOS durante la ejecución de las pruebas.