



Cofinançat per
la Unió Europea



PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS
del contrato de servicios, en colaboración con el
Departamento de Territorio, Vivienda y Transición
Ecológica, el Servicio Catalán de Tráfico y el Centro de
Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información de la
Generalitat de Catalunya, para desarrollar un gemelo digital
de la red viaria interurbana del entorno metropolitano de
Barcelona, en el marco de la segunda edición del Programa
de compra pública de innovación de la RIS3CAT 2030

Índice de contenidos

1.	Marco del contrato	4
1.1.	Descripción y contexto del reto	5
1.2.	Unidades promotoras del reto	5
1.3.	Situación actual	6
1.4.	Objetivos del gemelo digital que desarrollará e implementará	7
1.4.1.	A nivel estratégico:	7
1.4.2.	A nivel táctico:	8
1.4.3.	A nivel operativo:	8
1.5.	Impacto esperado como resultado del contrato	10
1.5.1.	Impacto ambiental	10
1.5.2.	Impacto económico	11
2.	Objeto del contrato.....	11
3.	Alcance del gemelo digital	12
3.1.	Ámbito espacial	12
3.2.	Alcance del conjunto de datos	13
3.2.1.	Fuentes de datos de proveedores de internos	13
3.2.2.	Fuentes de datos externos	15
3.2.3.	Integración de nuevas fuentes de datos	15
4.	Funcionalidades	16
4.1.	Bloques funcionales mínimos requeridos en el gemelo digital	16
4.1.1.	Bloque de usuarios	16
4.1.2.	Bloque de datos	17
4.1.3.	Bloque de servicios	17
4.1.4.	Bloque de clientes	18
4.2.	Módulos funcionales mínimos requeridos en el gemelo digital	19
4.2.1.	Módulo de configuración	20
4.2.2.	Módulo de gestión de usuarios	20
4.2.3.	Módulo de ingesta de datos	21
4.2.4.	Módulo de gestión y actualización del inventario y estado de la carretera ..	22
4.2.5.	Módulos de simulación/predicción de situaciones. Autocalibración.	23
4.2.6.	Módulo de IA de aprendizaje de situaciones históricas	24
4.2.7.	Módulo de IA prescriptivo de optimización	24
4.2.8.	Módulo de operación	25
4.2.9.	Módulo de exportación y presentación de resultados	25
5.	Plan de trabajo.....	25
5.1.	Visión general del plan de trabajo	25
5.2.	Descripción de las fases	27
5.2.1.	Fase 0: Planificación y conceptualización	27
5.2.2.	Fase 1: Recogida, estandarización, integración y fusión de datos	30
5.2.3.	Fase 2: Diseño de las funcionalidades predictivas del gemelo digital	36
5.2.4.	Fase 3: Gemelo digital prescriptivo y de operación	41
5.2.5.	Fase 4: Exportación y presentación de resultados	44
5.2.6.	Fase 5: Cierre y transferencia	48

5.3. Hitos del proyecto.....	49
5.4. Calendario global	49
6. Requisitos tecnológicos del gemelo digital	51
6.1. Contexto tecnológico.....	51
6.2. Requisitos de arquitectura	54
6.2.1. Frameworks y herramientas de arquitectura corporativa	55
6.2.2. Diseño de arquitectura	56
6.3. Requisitos de servicio	56
6.4. Requisitos de calidad	60
6.5. Requisitos de seguridad.....	60
6.5.1. Requisitos y modelo de seguridad en actividades de desarrollo	63
6.5.2. Descripción del modelo de seguridad en el desarrollo de aplicaciones	67
6.5.3. Clasificación de seguridad de la información	69
6.6. Requisitos de procesos de comunicación.....	70
6.7. Requisitos de accesibilidad de los sitios web	70
6.7.1. Cumplimiento de la accesibilidad	71
6.7.2. Adaptación multi-dispositivo	72
6.8. Uso de la Plataforma Transversal de Datos (PTD).....	73
7. Propiedad intelectual	73
8. Plazo máximo de ejecución.....	74
9. Uso del catalán y condiciones lingüísticas de ejecución	74
10. Modelo de relación y gobernanza del gemelo digital	75
10.1. Requisitos mínimos del modelo de gobernanza	76
10.2. Órganos de gobernanza	76
10.2.1. Nivel estratégico: el Comité de dirección	77
10.2.2. Nivel táctico: el Comité ejecutivo.....	77
10.2.3. Nivel operativo: el Comité operativo y los Grupos de Trabajo.....	78
10.3. Resumen	80
11. Equipo mínimo de trabajo	81
Anexos.....	84
Anexo 1: Ámbito inicial del gemelo digital	85
Anexo 2: Conjuntos de datos iniciales	92
Anexo 3: Casos de uso de la simulación/predicción de situaciones y a la IA de aprendizaje de situaciones históricas	106
Anexo 4: Tareas y entregables del gemelo digital.....	118
Anexo 5: Relación usuarios y clientes iniciales del gemelo digital.....	137
Anexo 6: Acrónimos	139

1. Marco del contrato

En el marco de la Estrategia para la especialización inteligente de Catalunya (de ahora en adelante, RIS3CAT), el Departamento de Economía y Finanzas impulsa el Programa de compra pública de innovación de la RIS3CAT 2030 (de ahora en adelante, el Programa).

Este contrato se enmarca en este Programa, que promueve la compra pública de innovación como instrumento de transformación de la Administración pública y de apoyo a empresas innovadoras de base tecnológica. El Programa tiene siete grandes objetivos:

- Promover la compra pública como herramienta estratégica de transformación de la Administración pública.
- Introducir innovaciones a la Administración para mejorar la eficacia y la eficiencia de los servicios públicos.
- Impulsar la innovación tecnológica orientada a retos a partir de la demanda pública.
- Promover la innovación colaborativa entre administraciones públicas y empresas innovadoras de base tecnológica.
- Dar apoyo y abrir nuevos mercados a empresas innovadoras de base tecnológica (empresas emergentes).
- Capacitar la Administración en compra pública de innovación.
- Capacitar la Administración en evaluación de impacto.

En la segunda edición del Programa de CPI, la Generalitat de Catalunya comprará, con cofinanciación del Programa FEDER de Catalunya 2021-2027, soluciones tecnológicas innovadoras para acelerar la transición hacia un modelo de movilidad más sostenible tanto para el sector público como para la ciudadanía.

El objeto de los contratos es desarrollar soluciones tecnológicas, que no están disponibles en el mercado, y adaptarlas a las necesidades de la Generalitat de Catalunya. Los retos de la segunda edición del Programa se han presentado públicamente y las empresas han podido participar en la consulta pública del mercado y explicar sus propuestas a las unidades promotoras de los retos.

En la segunda edición del Programa de CPI, el Departamento de Economía y Finanzas, el Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica, el Servicio Catalán de Tráfico, y el Centro de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información de la Generalitat de Catalunya impulsan conjuntamente el reto siguiente:

Optimizar la planificación y la gestión de las infraestructuras de transporte y del tráfico en la red viaria interurbana

con esta finalidad firmaron el correspondiente Convenio de colaboración entre los departamentos de Economía y Finanzas, y de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica; el Servicio Catalán de Tráfico y el Centro de Telecomunicaciones y Tecnologías de la

Información para la contratación conjunta del reto “*Optimizar la planificación y la gestión de las infraestructuras de transporte y del tráfico en la red viaria interurbana*”, impulsado conjuntamente por el Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica y el Servicio Catalán de Tráfico en el marco de la segunda edición del Programa de compra pública de innovación de la RIS3CAT 2030, de acuerdo con lo que establece el régimen jurídico del procedimiento de contratación conjunta (regulada en los artículos 31 y 323.5 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, de ahora en adelante, la LCSP, y de la disposición adicional segunda de la Ley 2/2014, de 27 de enero, de medidas fiscales, administrativas, financieras y del sector público).

1.1. Descripción y contexto del reto

Este reto tiene como objetivo el desarrollo e implementación de un **gemelo digital de la red viaria y del tráfico** (en adelante, el gemelo digital), una solución tecnológica para la Generalitat de Catalunya que, de manera integral e integrada, facilite optimizar la gestión proactiva de las infraestructuras viales y del tráfico de la red de carreteras de Catalunya y que facilite el estudio de las vías, la predicción y evaluación para la toma de decisiones a todos los niveles (estratégico, táctico y operativo).

Así, el gemelo digital será una representación virtual de la red viaria de acceso al entorno metropolitano donde estarán caracterizados todos los equipamientos disponibles, es decir:

- los elementos ITS (cámaras, paneles de mensaje variable, estaciones de transmisión de conteo de vehículos, sistemas de visión artificial, radares, sistemas de velocidad variable y otros) del Servicio Catalán de Tráfico y de los titulares de carreteras,
- los elementos funcionales y los sistemas de gestión de la Dirección General de Infraestructuras de Movilidad y del resto de titulares de las carreteras,
- el sistema de movilidad del Área Metropolitana de Barcelona, la Red de Vigilancia y Previsión de la Contaminación Atmosférica y
- los diferentes operadores de mercado que disponen de información de movilidad y del estado de las infraestructuras.

El gemelo digital también se alimentará con los datos en tiempo real de tráfico, los datos históricos de gestión del tráfico, los datos de incidencias y los datos de siniestralidad del Servicio Catalán de Tráfico y de los titulares de las carreteras. Esta información se concentrará en tiempo real en este gemelo digital.

1.2. Unidades promotoras del reto

Las unidades promotoras del reto son:

- la Dirección General de Infraestructuras de Movilidad (de ahora en adelante, la DGIM), adscrita al Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica
- el Servicio Catalán de Tráfico (de ahora en adelante, el SCT)

En este documento, la referencia conjunta a estas dos unidades aparece como “**unidades promotoras del reto**”.

1.3. Situación actual

El Área Metropolitana de Barcelona (AMB) representa el punto de atracción y generación de viajes más importante de Catalunya con unos 7.000 millones de vehículos-kilómetro anuales recorridos, lo que representa el 22% del total de movilidad anual de Catalunya. En el AMB un 7% de estos vehículos-kilómetro son realizados por vehículos pesados. Hay que tener en cuenta que, con el parque actual, el tráfico rodado representa el 48% del total de las inmisiones generadas por todos los modos de transporte.

En la zona estudiada viven aproximadamente 3 millones personas, eso es, un 40% de la población catalana. Diariamente, entran y salen por estas vías más de 800.000 vehículos de los cuales unos 90.000 son vehículos pesados (11%), con datos del 2023.

Tabla 1. Datos del 2023 de movilidad de los vehículos a la AMB

MOVILIDAD DE LOS VEHÍCULOS				
	Días	Número de vehículos ligeros	Número de vehículos pesados	Movilidad Total (vehículos ligeros + pesados)
SALIDAS	Lunes – Jueves	380.000	54.000	434.000
	Viernes	420.000	54.000	474.000
	Sábado	340.000	27.000	367.000
	Domingo	270.000	18.000	288.000
ENTRADAS	Lunes – Jueves	370.000	53.000	423.000
	Viernes	370.000	51.000	421.000
	Sábado	310.000	25.000	335.000
	Domingo	300.000	21.000	321.000

Fuente: elaboración propia

Este sistema vial presenta grandes retenciones en días laborables, sobre todo por la mañana, pero también por la tarde, ya que no es capaz de absorber de manera eficiente y segura la concentración de vehículos en estas franjas horarias, propagando así estos problemas a la red de acceso a la ciudad de Barcelona (principalmente Rondas, nudos de Trinitat y Llobregat). De manera análoga, en los movimientos masivos relacionados con festivos, se reproducen estos problemas.

Se añaden dos efectos más debido a la concentración del tráfico:

- una sobreproducción de accidentes principalmente de baja victimización, pero con consecuencias muy graves para la movilidad.

- un volumen considerable y sobreproducción de emisiones debida a la circulación de vehículos a velocidades por debajo del óptimo de combustión (80-90 Km/h).

La gestión del tráfico y de las infraestructuras asociadas incorpora un vasto conjunto de disciplinas de los ámbitos científico, socioeconómico, computacional, de ingenierías (infraestructuras, de tráfico, comunicaciones e industriales) que tradicionalmente han convivido coordinadas pero separadas (utilizando herramientas y soluciones tecnológicas independientes) con las que los gestores han tomado decisiones para la mejora del funcionamiento.

En este contexto, se pone de manifiesto, pues, la necesidad de integración de los sistemas clásicos tanto con respecto a la recogida de datos (contadores de vehículos y cámaras, por ejemplo) como la toma de decisiones (modelos de simulación) con los nuevos avances tecnológicos en estos campos como son las tecnologías de *big data* (aparatos móviles de telefonía, vehículos conectados y otros) o la *inteligencia artificial*.

1.4. Objetivos del gemelo digital que se desarrollará e implementará

Este gemelo digital dará apoyo a la toma de decisiones en las tareas de gestión del tráfico y de la infraestructura. Ha de permitir hacer, un salto cualitativo a la hora de dirigir flujos de tráfico, operar las vías de la manera más óptima y sostenible, y prever las externalidades que se derivan del uso de la red viaria metropolitana interurbana (incidencias, accidentes, congestiones y emisiones). También ha de facilitar la optimización de la gestión de las carreteras a partir de la información integrada de los sistemas de gestión existentes (como los de estructuras, de firmes, de activos geotécnicos ...) para pasar a un sistema que sea predictivo.

La implementación del gemelo digital se realizará de forma progresiva e incremental, por fases, que van desde la ingesta y preparación de la información disponible, la visualización de ésta, la creación de los módulos específicos (de laboratorio, explotación...) hasta el desarrollo de aquellos casos de uso que no se hayan ejecutado antes debido a su complejidad o porque necesitan disponer de funcionalidades validadas e implementadas en fases anteriores del gemelo digital. Estas fases se detallan en el [Apartado 5. Plan de trabajo](#), de este documento. Se pretende que en cada una de las fases se obtengan resultados plenamente funcionales y que, además, se vayan implementando de forma progresiva los diferentes casos de uso.

Este gemelo digital tendrá que ser agnóstico con respecto al volumen y fuentes de datos adquiridos, así como respeto al alcance geográfico con el fin de garantizar la escalabilidad.

Así pues, los objetivos del proyecto son los siguientes:

1.4.1. A nivel estratégico:

- Optimización de recursos de gestión y mantenimiento (infraestructura de movilidad y transporte, elementos ITS y sus sistemas asociados tanto humanos como tecnológicos).

- Optimización de la eficacia y eficiencia del sistema (maximización del número de viajeros transportados y minimización del tiempo de viaje).
- Reducción de las externalidades asociadas al tráfico como son los accidentes, incidencias, congestiones y emisiones generadas.

1.4.2. A nivel táctico:

- Integración de datos de gestión de la red viaria del ámbito y de los sistemas de gestión de la DGIM.
- Integración de datos adicionales (proveniente de fuentes externas, a través de la compra o cesión, o bien de la instalación de nuevos sensores) y supresión de datos redundantes, si ocurre.
- Disponer de un sistema integrado que facilite la predicción y evaluación global del estado del sistema.
- Apoyo a la toma de decisiones en relación con:
 - Modificaciones de infraestructura.
 - Modificaciones del reparto modal.
 - Modificaciones en el funcionamiento de los actuadores¹ (señalética PMV, Sistemas de Velocidades Variables, barreras, Apps y otros) y en la algorítmica que los gobierna.
 - Mantenimiento predictivo.
- Definición de protocolos de actuación específicos.
- Asignación de recursos de restablecimiento inmediato del sistema en caso de fallo.
- Determinación y asignación de futuros recursos para el mantenimiento del sistema.
- Mejora de la gestión de la red viaria y mantenimiento de tipo predictivo.

1.4.3. A nivel operativo:

- Gestión de incidencias en tiempo real.
- Gestión del tráfico en tiempo real y en el futuro inmediato (15 minutos o próximas horas).

¹ Se entiende por **actuadores** los elementos funcionales de la infraestructura vial que permiten aplicar cambios en su funcionamiento de la red como, por ejemplo, transfers, semáforos, barreras, etc.

- Definición de la planificación de la gestión del tráfico para días o acontecimientos más allá del día actual.
- Gestión de la conservación o de las incidencias por fallos de los elementos funcionales de la carretera.
- Gestión del inventario de los elementos en carretera.

Es por eso por lo que el gemelo digital tendrá que ser capaz de:

- **Representar** el estado del tráfico, los niveles de emisiones y el comportamiento del conjunto de la red viaria interurbana metropolitana, así como del estado de su conservación o explotación (carriles adicionales o modificaciones temporales de la red).
- **Representar** la infraestructura objeto del pliego con todos los elementos funcionales inventariados asociados a cada punto, integrando el inventario de imágenes 360 y la nube de puntos.
- **Representar** la calidad y fiabilidad de las fuentes de datos de alimentación del propio gemelo digital.
- **Mantener actualizado** el inventario de elementos funcionales en carretera.
- **Simular** escenarios definidos ad hoc.
- **Predecir** el estado y las necesidades de mejora de la infraestructura.
- **Predecir** las incidencias y el estado del tráfico y la movilidad y la gestión de la red viaria interurbana.
- **Predecir** las congestiones y los niveles de emisiones de esta red viaria interurbana.
- **Proponer** modificaciones temporales del estado de la infraestructura y de los elementos ITS para optimizar los flujos de tráfico en la red viaria interurbana del entorno metropolitano.
- **Proponer** mejoras en relación con la cobertura de comunicaciones, actuadores o sensórica.
- **Proponer** mejoras en relación a la gestión de la red viaria para optimizar las operaciones de mantenimiento, construcción y explotación.
- **Evaluuar** los protocolos y algoritmos existentes de tratamiento de las situaciones de conflicto, así como, propuesta de mejora o cambio de éstos.
- **Evaluuar** el impacto de cambios socioeconómicos que puedan alterar el comportamiento de la movilidad.
 - **Autoevaluarse y ajustarse**, si procede, periódicamente en cuanto a su propia representatividad respecto de la realidad física.

- **Comunicar y distribuir** toda aquella información relevante, fruto de lo mencionado anteriormente, a cada uno de los clientes a los cuales se defina, en los formatos adecuados.

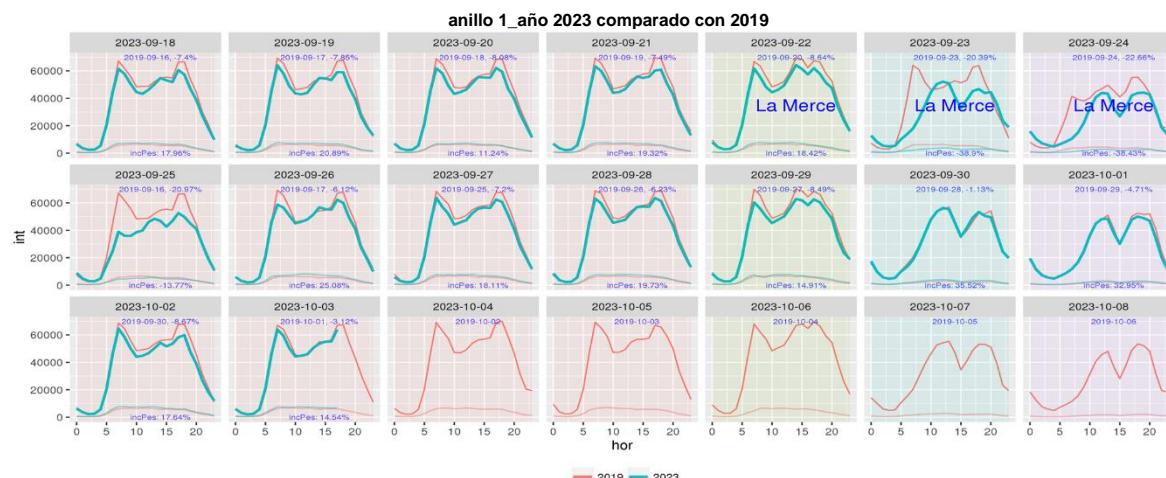
1.5. Impacto esperado como resultado del contrato

Como resultado de la implementación del gemelo digital se espera una mejora y optimización de la gestión del tráfico, y que esta genere impacto tanto a nivel ambiental como económico.

1.5.1. Impacto ambiental

Si bien el tráfico global de vehículos del Área Metropolitana de Barcelona se ha reducido en un 7% de media desde el final de la pandemia, el tráfico de vehículos pesados se ha incrementado en un 20% de media después de la pandemia. Estas cifras se mantienen constantes y se pueden observar diariamente en las diferentes estaciones de recuento de vehículos situadas en el anillo metropolitano de la ciudad de Barcelona.

Imagen 1. Comparativa entre 2019 y 2023 del volumen de tráfico en el anillo de la ciudad de Barcelona.



Fuente: elaboración propia (SCT)

De la observación diaria de los flujos de tráfico se desprende que la implantación del teletrabajo “tiene un efecto considerable en este 7% de reducción del tráfico”.

Ahora bien, a pesar de esta disminución del tráfico global, se ha producido un incremento de emisiones debido al incremento del tráfico de vehículos pesados añadido al tráfico habitual ya consolidado. Por otra parte, el transporte es responsable de más del 30% de las emisiones de CO₂ en la Unión Europea. Como parte de su trabajo para reducir las emisiones de CO₂, la UE se ha comprometido a disminuir las emisiones que provienen del transporte un 60% por debajo de los niveles de 1990 en el 2050. Para aumentar el ritmo de reducción, la UE se ha propuesto nuevos objetivos de emisiones de CO₂ y aprobado propuestas para

reducir las emisiones de CO₂. En particular, la reducción de las emisiones de CO₂ de los camiones nuevos en un 30% en el 2030 (por debajo de los niveles de 2019).

Las congestiones constantes de las vías interurbanas del perímetro metropolitano provocan un efecto contaminante que se suma a la inefficiencia de estar parado en la propia congestión.

Considerando que es indispensable una aplicación inmediata de soluciones a la gestión de los flujos de tráfico y la disminución de las congestiones, el gemelo digital es una alternativa inteligente que daría respuesta a los problemas mencionados.

1.5.2. Impacto económico

Las afectaciones en la red viaria tienen un fuerte impacto económico que, con el gemelo digital, se tienen que poder reducir.

Como ejemplo: En uno de los accidentes de camión de la primavera del 2023, una de las vías de gran capacidad quedó completamente cortada provocando una congestión y retención de hasta 15 km de longitud. Debido a la complejidad del accidente, la resolución completa del siniestro duró 20 horas.

En los 15 km de retención que se provocaron, quedaron atrapados unos 4.500 vehículos, de los cuales 1.400 eran camiones. Estos episodios, que se repiten con frecuencia casi diaria, perjudican enormemente la seguridad vial de los usuarios, la calidad de servicio de la vía y la economía del país.

Igualmente, el gemelo digital se plantea como una herramienta que permita mejorar y optimizar la gestión y la conservación de los 326 kilómetros de autopistas y carreteras donde se implementará. Teniendo en cuenta que los costes anuales de mantenimiento de estas vías son de 36 millones euros, se estima que se podrán optimizar entre 3,6 y 5,4 millones de euros de los gastos de conservación ordinaria anuales de estas infraestructuras.

2. Objeto del contrato

El objeto es la contratación de un servicio para desarrollar e implementar una solución tecnológica avanzada para mejorar la gestión de las infraestructuras viales y del tráfico de la red viaria interurbana de entrada y salida de la ciudad de Barcelona.

Esta solución aprovechará los datos de varios sistemas y subsistemas disponibles, tanto de fuentes propias como de fuentes externas que a partir de procesos de análisis y de inteligencia artificial tienen que permitir desarrollar modelos predictivos que faciliten mejorar la gestión del tráfico y de las infraestructuras viales.

El objetivo es el desarrollo e implementación de una solución tecnológica para la Generalitat de Catalunya que, de manera integral e integrada, facilite optimizar la gestión proactiva de las infraestructuras viales y del tráfico de la red de carreteras de Catalunya con el fin de disponer de un sistema de apoyo a la toma de decisiones a todos los niveles (estratégico, táctico y operativo).

El [Apartado 5](#) detalla el plan de trabajo previsto.

De acuerdo con lo que dispone el artículo 99.3 de la LCSP, este expediente de contratación no contempla división en lotes, dado que las tareas a realizar están estrechamente vinculadas entre ellas y forman parte de un proyecto coordinado. Por lo tanto, la no división en lotes facilita el seguimiento técnico del trabajo por parte del Departamento de Economía y Finanzas, proporciona una coherencia global al proyecto y asegura una mejor coordinación de las tareas previstas.

La división en lotes y, por lo tanto, la ejecución del contrato por parte de diferentes empresas licitadoras imposibilitaría el correcto seguimiento y ejecución de las tareas previstas en el contrato. La realización independiente de las tareas descritas dificultaría la correcta ejecución técnica de los trabajos escritos.

3. Alcance del gemelo digital

El alcance de este gemelo digital comprende la red de carreteras de acceso a Barcelona y las fuentes y bases de datos que lo alimentarán y con las que se desarrollarán los cálculos y las predicciones.

3.1. Ámbito espacial

El ámbito inicial serán aproximadamente 326 km de la red de carreteras de Catalunya que da acceso a Barcelona incluida la Ronda de Dalt, es decir las carreteras ubicadas principalmente en el área metropolitana de Barcelona, además en el caso de las carreteras C-31 y C-32 el ámbito se alargará hasta más allá de esta área metropolitana. En el futuro, fuera del alcance del presente contrato, se prevé ampliar el gemelo digital a toda la red viaria de Catalunya. La tabla siguiente muestra el detalle de los tramos de carreteras de este ámbito inicial del gemelo digital, y esta información está más detallada en el [Anexo 1](#).

Tabla 2. Alcance territorial inicial del gemelo digital

Ámbito inicial del gemelo digital			
Carretera	PK inicio	PK final	Longitud del tramo (km)
A-2	596	610,69	14,7
B-10	0	20,19	20,2
B-20	0	26,86	25,81
B-22	0	6,8	4,6
B-23	0	15,49	15,49
C-16	1,88	13,375	11,495
C-17	0	15	14,999
C-31	135,255	218,03	66,087
C-31LD	135,5	215,528	7,603
C-31LE	135,58	215,6	4,425
C-31C	0	2,998	2

Ámbito inicial del gemelo digital			
C-32	1,31	134,865	108,545
C-32B	0	1,03	1
C-32LD	46,53	49,395	2,865
C-32LE	46,52	49,45	2,93
C-33	76,725	90,9	14,175
C-58	0	9	9
TOTAL			325,924

Fuente: elaboración propia

3.2. Alcance del conjunto de datos

Los datos que servirán para alimentar al gemelo digital inicialmente serán los que se detallan a continuación, que se han clasificado en función de su origen y proveedor.

El [Anexo 2](#) incluye una descripción de las diferentes bases de datos iniciales donde se define el periodo temporal, la cobertura territorial, las variables más significativas de cada una de ellas, una estimación del volumen de los datos, el proveedor y el formato en el que se presentan.

3.2.1. Fuentes de datos de proveedores internos

Son datos de las unidades promotoras del reto y de otras unidades de la Generalitat de Catalunya. Como mínimo abarcan lo siguiente:

a) Datos de la infraestructura vial

- Grafo de carreteras asociado.
- Datos del estado de la infraestructura tanto fija como variable.
- Imágenes 360 de la red viaria del ámbito.
- Inventarios fijos de elementos funcionales de la infraestructura (inventario digital de la red de carreteras, elementos ITS, estaciones de aforos, acometidas, puentes, etc.).
- Datos del inventario y el estado de los elementos funcionales extraídos de los sistemas de gestión de la DGIM (como los de firmes, de estructuras, de activos geotécnicos, flotas, instalaciones eléctricas, etc.).
- Datos de las operaciones, las actuaciones y los trabajos de conservación (comunicados de trabajo, incidencias de conservación extraordinarias...).
- Calendarios sobre las actuaciones previstas con posible afectación vial (obras, acontecimientos sociales...).
- Nube de puntos georeferenciada de la red viaria del ámbito.

- Datos de las cámaras integradas en los vehículos de conservación y vigilancia y quitanieves de la DGIM.
- Datos de estado de funcionamiento de los elementos ITS y de la sensórica instalada en la red viaria.
- Datos de las autorizaciones de obras a terceros en la carretera.
- Datos de las autorizaciones de transportes especiales.
- Datos de las autorizaciones de acontecimientos como carreras.
- Datos de los expedientes de reclamaciones patrimoniales.
- Datos de las zonas de protección y la línea de edificación.
- Proyectos de obras ejecutadas del ámbito.
- Otros datos como catastro, autorizaciones de dominio público.

b) Datos de movilidad (en tiempo real o histórico)

- Datos de recuento de vehículos (agregados de minuto, cuarto de hora, hora o periodo horario) provenientes de los puntos de medida (espiras o cámaras).
- Velocidades medias.
- Porcentaje de vehículos pesados y otros tipos de vehículos.
- Accidentalidad.
- Datos de velocidad media por tramos, adquiridos por el SCT a partir de proveedores externos.
- Información de los PMV.
- Sistema de gestión de la velocidad variable.
- Restricciones, habilitaciones y/o límites de velocidades temporales.
- Estado de los carriles BUS-VAO.
- Datos de incidencias (afectaciones y accidentes) de tráfico.
- Datos de la gestión de flotas de los vehículos públicos de la Generalitat de Catalunya.
- Datos de vehículos conectados con la infraestructura.
- Matrices origen/destino.

- Modelos de simulación vial de Catalunya.

c) Otros datos

- Datos meteorológicos.
- Datos de emisiones (extraídos de sensores de captación de emisiones instalados próximos al ámbito del gemelo digital).
- Datos de ruido.
- Datos de movimiento del terreno del Instituto Cartográfico de la Generalitat de Catalunya (ICGC): Ortoimágenes Sentinel-2 de Catalunya.

3.2.2. Fuentes de datos externos

Las fuentes de datos externos son de proveedores externos a las unidades promotoras del reto y a otras unidades de la Generalitat de Catalunya. Entre otros, incluyen:

- Datos de operadores de movilidad públicos como ATM, AMB y Cercanías
- Datos de operadores de movilidad privados
- Datos de incidencias y de estado de la red viaria de operadores tipos waze y similares
- Datos de vehículos conectados a partir de la red de telefonía móvil

Estos son los datos iniciales que se analizarán para integrar al gemelo digital, pero el sistema tiene que permitir la incorporación de nuevos datos de interés que aparezcan en un futuro.

Por otra parte, los datos –que alimentarán al gemelo digital en algunos casos– serán datos históricos, aunque algunos serán datos que se obtendrán en tiempo real o en una combinación de las dos.

3.2.3. Integración de nuevas fuentes de datos

Con el fin de garantizar la actualización de las fuentes de datos del gemelo digital se harán estudios periódicos de las fuentes de datos disponibles susceptibles de ser utilizadas por el gemelo digital y se tomarán decisiones de integración en los casos que se consideren adecuados.

Durante la ejecución del contrato objeto de la presente licitación se realizarán tres procesos de *benchmarking* y análisis de los datos de operadores de movilidad públicos y privados para valorar su integración y tratamiento en el gemelo digital: al inicio, a la mitad y al final de la ejecución del contrato.

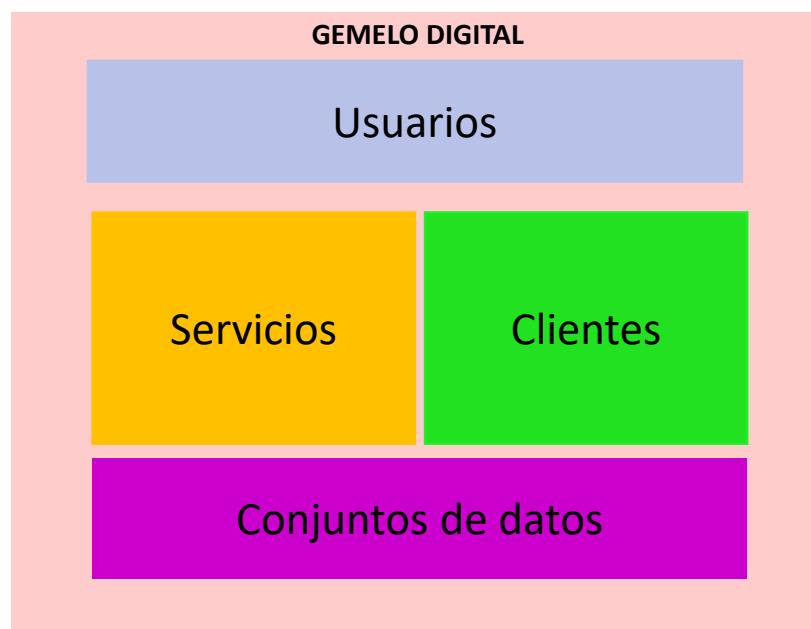
4. Funcionalidades

4.1. Bloques funcionales mínimos requeridos en el gemelo digital

El gemelo digital dispondrá, como mínimo de 4 bloques funcionales, que interactuarán entre ellos para dar respuesta a las necesidades de los diferentes casos de uso que se detallan en el [Anexo 3](#).

A continuación, se detallan las características funcionales de estos bloques.

Imagen 2: Bloques funcionales del gemelo digital



Fuente: elaboración propia

4.1.1. Bloque de usuarios

Los operadores que, dependiendo de la jerarquía de privilegios que se establezca al correspondiente módulo de gestión de usuarios², interaccionarán con las funcionalidades del gemelo digital a través de las interfaces que se desarrollarán a tal efecto, tienen que poder, entre otros:

- entrenar modelos,
- añadir o suprimir conjuntos de datos,

² Se entiende por **usuario** aquella persona o máquina que, en función de sus privilegios, controla y mantiene la estructura y los procesos del gemelo digital.

- evaluar el funcionamiento de los servicios,
- añadir/desarrollar o suprimir servicios,
- modificar la política de ingesta de datos y,
- en general, mantener la estructura del gemelo digital y explotar las capacidades *ad hoc* más allá de lo que se ha definido en proyecto este pliego y sus casos de uso.

Un caso particular de usuario será el administrador (superusuario) que podrá gestionar al resto de usuarios (altas, bajas y permisos) de acuerdo con las políticas que se establezcan.

Los diferentes tipos de usuarios se describen en el [Anexo 5](#).

4.1.2. Bloque de datos

El gemelo digital agregará diferentes conjuntos de datos de diferentes procedencias, granularidades, frecuencias de refresco y formatos. Estos datos residen actualmente en los entornos de explotación (*back office*) de cada uno de los proveedores. A través de las funcionalidades de ingesta de datos se creará la fusión/agregación adecuada de estos datos, necesaria para el funcionamiento del gemelo digital (*data-lake*).

Este gemelo digital se desarrollará en torno a la Plataforma Transversal de Datos de la Generalitat. En este enlace se puede acceder a toda la documentación técnica de esta plataforma: <https://canigo.ctti.gencat.cat/plataformes/ptd/>

El hecho de que el gemelo digital, y todos los datos necesarios para hacerlo, residan en esta plataforma, garantizará la portabilidad futura de todo el sistema en el entorno de mantenimiento de la Generalitat de las diferentes versiones aprobadas una vez validadas hasta la finalización del proyecto.

Con el fin de optimizar los costes de alquiler de almacenaje de datos en la nube, se espera que la empresa adjudicataria analice y distribuya cuáles son estrictamente necesarias para el funcionamiento del gemelo digital y, por lo tanto, tendrán que ser replicadas en la nube, y cuáles pueden residir en sus lugares de origen garantizando el acceso del gemelo digital por lectura o escritura según ocurra.

Un ejemplo de este último caso serían las bases cartográficas o las bases de datos de imágenes o vídeos.

4.1.3. Bloque de servicios

Los servicios son todas aquellas funcionalidades finalistas que se describen a lo largo de este pliego que tendrá que ofrecer el gemelo digital a sus clientes y que empezará por la implementación de los casos de uso. Este conjunto inicial podrá ser ampliado por los usuarios en función de la demanda o de la aparición de nuevas necesidades.

Ejemplos de servicios son la provisión de la información del estado del gemelo digital en tiempo real e histórico a nivel general o en un ámbito específico, la predicción del estado futuro por evolución natural o a partir de unas condiciones impuestas, la propuesta de acciones de optimización, entre otros.

4.1.4. Bloque de clientes

Los clientes³ del gemelo digital comprenden el conjunto de personas y máquinas que hacen uso de los servicios que ofrece al gemelo digital sin ningún control de la estructura ni de los procesos que conforman al gemelo digital. Para cada uno de los perfiles de cliente habrá que diseñar la interfaz adecuada. Los perfiles mínimos de clientes que se necesitan se detallan a continuación.

Tabla 3: Perfiles mínimos de clientes del gemelo digital

Perfil de cliente	Descripción	¿Quién?
1.Perfiles humanos de consulta genérica	A través de una interfaz tipo <i>Xatbot</i> podrán efectuar consultas al gemelo digital sobre su estado actual o sobre predicciones. Se propone la creación de los agentes/bots correspondientes por interacción a través de redes sociales principales de mensajería (X u otros).	Público en general.
2.Perfiles humanos de consulta de gestión	Tendrán acceso a información ad hoc diseñada específicamente por su rol en la gestión a través de informes, <i>dashboards</i> o agentes dedicados.	Este perfil está dirigido a todos aquellos que participan en la toma de decisiones de gestión de infraestructuras y de tráfico a lo largo de toda la cadena de decisión.
3.Perfiles humanos de explotación	Los que haciendo uso de los servicios del gemelo digital provocan, con sus decisiones, modificaciones en las bases de datos que lo alimentan, ya que su rol en la cadena de decisión es precisamente el mantenimiento/actualización de estas bases de datos.	Típicamente, operadores de los centros de control, encargados del mantenimiento del inventario de elementos en carretera.
4.Perfiles de consulta no humanos	Formado por todas aquellas bases de datos que los servicios del gemelo digital tengan que alimentar con un set de datos fijo, como por ejemplo centros de control, sistema DATEX, servidores de información de tráfico propios o externos.	Sistemas de información
5.Perfil de actuador	Se prevé que en un futuro el gemelo digital pueda actuar sobre elementos instalados en carretera (paneles de mensajería variable, barreras automatizadas, semáforos, etc.) que actualmente son operados por los centros de control. Se tiene que prever esta posibilidad, en una primera fase, como propuesta en los centros de control y más adelante como actuación directa sobre los elementos de forma asistida.	Centros de control

Fuente: elaboración propia

³ Se entiende por **cliente** aquella persona o máquina que realiza consultas mediante los servicios que proporciona el gemelo digital.

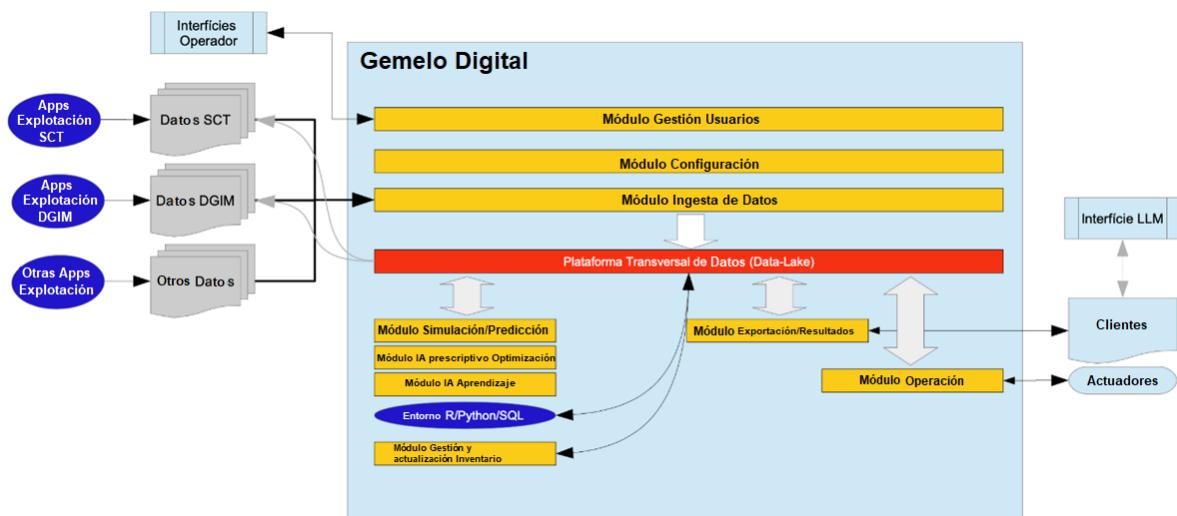
4.2. Módulos funcionales mínimos requeridos en el gemelo digital

Para el desarrollo de las funcionalidades del gemelo digital se necesitará como mínimo los módulos siguientes:

- **Módulo de configuración.**
- **Módulo de gestión de usuarios.**
- **Módulo de ingesta de datos.**
- **Módulo de gestión y actualización del inventario** y estado de la carretera.
- **Módulo de simulación/predicción** de situaciones. Autocalibración.
- **Módulo de IA de aprendizaje** de situaciones históricas.
- **Módulo de IA prescriptivo de optimización.**
- **Módulo de operación.**
- **Módulo de exportación** y presentación de resultados.

El esquema siguiente muestra el mapa conceptual de estos módulos:

Imagen 3: Mapa conceptual de los módulos funcionales mínimos del gemelo digital



Fuente: elaboración propia

Por otra parte, el modelo tendrá que ser capaz de admitir modificaciones de cualquiera de las condiciones de entrada con el fin de modelizar diferentes escenarios y situaciones.

En concreto, en este pliego se plantean una serie de casos de uso, que se detallan en el [Anexo 3](#) y que utilizan las funcionalidades anteriores sin prejuicio que, durante la ejecución del contrato, estas funcionalidades se puedan modificar y evolucionar a propuesta de las unidades promotoras del reto o de la empresa adjudicataria, según las necesidades de la Generalitat y, previo acuerdo en el marco del Comité de seguimiento previsto en el contrato.

El Centro de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CTTI) de la Generalitat de Catalunya, en el ejercicio de sus competencias, proporcionará un espacio de plataforma para el desarrollo de la solución (PTD) que incorpora la instalación previa de los servicios de gestión y analítica de datos que podrá ser gestionado de forma autónoma de acuerdo con los cánones tecnológicos establecidos por el CTTI.

En su propuesta técnica el licitador detallará cómo da respuesta a estas funcionalidades acatando los aspectos y requisitos tecnológicos de las soluciones para cumplir con los cánones tecnológicos establecidos por el CTTI.

A continuación, se describen y detallan los requisitos mínimos de los diferentes módulos funcionales:

4.2.1. Módulo de configuración

El módulo de configuración ha de permitir establecer y modificar todos los parámetros de funcionamiento del sistema, en particular, los datos y condiciones de entrada al mismo. Así, este módulo, será el encargado de gestionar, entre otros, la escalabilidad del sistema (en cuanto a volúmenes y tipo de datos, alcance espacial...), gestionar el cronograma de tareas automatizadas y frecuencias de actualización, gestionar los grupos y permisos de usuarios, la disponibilidad de recursos, etc.

Este módulo tendrá que proveer de un informe actualizado del estado del sistema en forma de bitácora sobre todos aquellos acontecimientos que puedan suponer una amenaza para el correcto funcionamiento del sistema.

La interfaz de usuario tendrá que ser *user-friendly* y el acceso a este módulo será restringido a un grupo específico de usuarios, aunque no necesariamente todos ellos a todas las funciones, si así se considera. Se tendrá que definir una política de administración y de usuarios.

4.2.2. Módulo de gestión de usuarios

Este módulo tiene que permitir la gestión de los diferentes usuarios, incluyendo el alta, baja o modificación de los usuarios y de sus privilegios de acuerdo con la política de administración que se establezca. Se podrá definir a qué funciones del gemelo digital y a qué módulos podrá acceder cada usuario y se podrán predefinir vistas del gemelo digital adaptadas a cada uno de ellos.

Superusuario: este perfil es el único que tiene acceso a este módulo. Debe disponer de herramientas para el seguimiento evolutivo del uso del resto de usuarios con posibilidad de restringir o limitar el acceso de estos a recursos que generan gasto variable como pueden ser el almacenaje en la nube, la disponibilidad de recursos de computación (CPU y GPU) o el uso de eventuales servicios asociados a la propia nube.

También administrará los permisos de lectura/escritura sobre cada una de las bases de datos implicadas tanto internas como externas del gemelo digital.

Dado que es un proyecto compartido entre la DGIM y el SCT hará falta determinar de común acuerdo la gobernanza de estos perfiles, al inicio de la ejecución del contrato.

Respecto al resto de usuarios, dada la propia naturaleza del gemelo digital, se partirá de un perfil común con acceso a todos los servicios y paulatinamente se irán definiendo las restricciones en función de las necesidades.

4.2.3. Módulo de ingesta de datos

La función de este módulo es la de incorporar los datos de diferentes fuentes y ubicaciones de acuerdo con las especificaciones y métodos que determine el CTTI y según el cronograma establecido por el módulo de configuración. Los datos tendrán que pasar, como mínimo, por los siguientes procesados:

- Normalización
- Detección de errores
- Restitución de errores
- Fusión

Después de cada uno de estos procesos se generará el *log* correspondiente.

La detección, restitución de errores y generación de indicadores y datos calculados combinaran metodologías estadísticas clásicas y de inteligencia artificial (IA). Estos procesos podrán requerir de asistencia humana la cual se incorporará a la experiencia del sistema de IA asociado. Para las tareas de asistencia hará falta el desarrollo de una interfaz adecuada por la toma de decisiones humana.

El modelo de IA tendrá que ser entrenado con los errores típicos antes de ponerse en funcionamiento.

En general, todos los datos tratados deberán tener en común un *time-stamp*, ubicación espacial, un periodo de agregación, fuente de procedencia, y si el dato ha sido restituído o no, además de los campos de indicadores descriptivos específicos del tipo de dato en concreto.

Todos los datos tienen que ser representables sobre el grafo desarrollado en el marco de este contrato.

Estos datos se depositarán en un *data-lake* en la nube accesible para su explotación manual por parte del grupo de usuarios correspondientes. Se habilitarán los entornos de explotación estadística y generación y exportación de informes RStudio y Python (además de aquellos que justificadamente quiera añadir la empresa adjudicataria previa aceptación de los responsables de contrato) con permisos de lectura y escritura.

Será necesario estimar la fiabilidad de las fuentes de datos de alimentación del propio gemelo.

Por otra parte, con el fin de optimizar costes de gasto de nube, se tendrá que realizar el análisis correspondiente para determinar:

- qué datos tendrán que residir permanentemente en el *data-lake*
- cuáles lo harán temporalmente mientras duren los eventuales procesos de tratamiento (entrenamientos, normalización, corrección, restitución)
- qué datos tratados serán devueltos a las bases de datos de explotación como datos consolidados de acuerdo con los parámetros de seguridad que establezca el CTTI al respecto.

4.2.4. Módulo de gestión y actualización del inventario y estado de la carretera

El sistema tendrá que disponer, en todo momento, del estado del inventario y activar las alarmas correspondientes de forma jerarquizada en función de la criticidad del elemento funcional afectado por la avería respecto de la continuidad del funcionamiento del propio gemelo digital. Por lo tanto, este módulo tendrá que:

- Establecer la criticidad de cada elemento funcional para la integridad del gemelo digital.
- Detectar y alertar de fallos de elementos funcionales en función de su criticidad, gestionando la mensajería a los diferentes actores responsables.
- Registrar el tiempo de respuesta y vuelta a la normalidad.
- En función de los problemas planteados en los módulos anteriores tendrá que detectar necesidades:
 - o nuevo elemento funcional
 - o elemento funcional redundante
 - o elemento funcional poco fiable
- Realizar la actualización del inventario del gemelo digital, actualización de la representación gráfica y de cada elemento funcional y sus atributos. Esta actualización se tendrá que automatizar a partir del grafo, la nube de puntos y las imágenes. Esta actualización deberá tener asociado un protocolo de validación, que deberá definir el licitador con la validación de la DGIM y el SCT.
- Realizar una modificación puntual. Por ejemplo, en aquellos casos que el gemelo digital detecte que hay alguna discrepancia entre la realidad y el gemelo digital. Esta modificación puede ser provisional en casos como, por ejemplo, en tramos en obras donde la circulación puede cambiar por desvíos de obra o la propia infraestructura o sus elementos funcionales.

Este módulo también tendrá que permitir el filtraje de elementos en función del propietario, por la empresa encargada del mantenimiento (si procede) así como la actualización de las bases de datos de origen (*backoffice*) si así se decide.

En cuanto al estado de la red, también tendrá que permitir la gestión del estado de la red vial, relacionando los diferentes indicadores de estado que deriven de los actuales sistemas de gestión de la DGIM, de los diferentes indicadores de estado que se definan en el marco de este contrato y las incidencias de conservación.

4.2.5. Módulos de simulación/predicción de situaciones. Autocalibración.

Este módulo ha de permitir hacer predicciones y simulaciones ya sea al momento (*on time*) o bien a futuro que permita a la DGIM y el SCT analizar, planificar y evaluar. Este módulo, así como los dos siguientes (los de IA de aprendizaje y el de IA prescriptivo de optimización) se tiene que nutrir de todos los datos disponibles en cada momento (estado del tráfico, estado de la infraestructura, estado del inventario de elementos funcionales, estado de la regulación y de la ordenación, sistemas de gestión de la DGIM, meteorología, nivel de emisiones y otros que se puedan incorporar).

Se espera que el sistema provea de un entorno de prueba donde poder experimentar con diferentes situaciones del estado del tráfico y de la infraestructura permitiendo así la elaboración de planes y protocolos para situaciones:

- De operaciones de conservación
- De emergencia, tanto si han pasado como si se prevé que puedan pasar.
- De mal funcionamiento recurrente (en cuanto a eficacia y/o eficiencia del sistema de tráfico), para las cuales se quiere experimentar con soluciones innovadoras (como *ramp-metering*, restricción/inversión de carriles, *by-pass*, modificación de los límites de velocidad u otros).
- Impuestas por los usuarios del gemelo digital (tanto del SCT como de la DGIM).

Todo ello tendrá que repercutir en la elaboración de una batería de protocolos –que se comentarán en el módulo de IA siguiente– y planes de gestión de tráfico y de la infraestructura para ser ejecutados por el Centro de Control de Tráfico de Catalunya (CIVICAT), los equipos en carretera del SCT, el Centro de Control Vial (CCV), los equipos de la DGIM u otros titulares de carreteras y las policías de tráfico.

Por otra parte, el gemelo digital dispondrá, de una manera sencilla, de la incorporación de los protocolos existentes para ser simulados por este módulo, permitiendo así la optimización o su adaptación. Esta descripción tendrá que ser ordenada en el tiempo en cuanto a las acciones aplicadas incluyendo la posibilidad de implementar diferentes acciones en paralelo, así como, el establecimiento de dependencias de unas respecto de otras.

Complementariamente se podrá mejorar el sistema de información de tráfico y de estado de la infraestructura disponible con nuevos indicadores automatizados que permitan y optimicen la toma de decisiones en caso de contingencia.

Este módulo permitirá al usuario escoger el modelo de simulación más adecuado en cada caso: micro, meso o macro. El modelo ha de ser capaz de autocalibrarse e ir actualizando la calibración con la incorporación de los sucesivos datos diarios.

Se dispondrá de un modelo LLM para la definición de los escenarios a simular. Los resultados tendrán que ser presentados en formatos no propietarios (datos, gráficos o vídeos).

En relación con la infraestructura, este módulo permitirá hacer predicciones de su estado a partir de los datos de los sistemas de gestión de la DGIM. Los resultados servirán para la toma de decisiones sobre la gestión de la explotación de la red viaria. Un ejemplo concreto en este ámbito sería la predicción de las incidencias de conservación en un ámbito espacial y temporal específico del gemelo digital y la predicción de la mejora de los firmes de un ámbito espacial y temporal específico del gemelo digital a partir de diferentes estrategias de intervención, diferentes modelos de evolución, de su impacto económico y del análisis del ciclo de vida del activo.

4.2.6. Módulo de IA de aprendizaje de situaciones históricas

Se entrenará un modelo con todos los datos históricos disponibles de forma que se pueda establecer una correlación entre las variables de tráfico, gestión de la infraestructura y las externalidades. Este modelo incorporará sistemáticamente y, como mínimo, con una periodicidad diaria la nueva experiencia real o simulada.

La interacción con este modelo se hará a través de un agente LLM.

Este módulo será la base de la calibración del módulo de simulación/predicción de situaciones y del módulo de IA prescriptivo de optimización.

4.2.7. Módulo de IA prescriptivo de optimización

Este módulo será capaz de optimizar el indicador o conjunto de indicadores solicitados en cada caso mediante la intervención sobre los elementos de carretera disponibles o que se hayan puesto a disposición para el caso concreto. Por ejemplo: si se quiere reducir la accidentalidad en un tramo concreto de la vía, el sistema tendrá que proponer una o varias recomendaciones, como podrían ser: reducir la velocidad máxima o añadir un radar, o si se quiere optimizar los recorridos de los equipos de vialidad un día concreto, el sistema tendrá que proponer un itinerario óptimo de una o varias programaciones de resolución de incidencias programadas teniendo en cuenta una simulación de incidencias no programadas según las previsiones del tráfico y previsiones meteorológicas del día y ámbito concreto. En el presente proyecto, las prescripciones no se aplicarán directamente, sino que se hará de forma asistida, en aquellos casos que se desee. En cualquier caso, el módulo ha de evaluar la adecuación de la actuación realizada hacia la bondad de la eventual prescripción (o prescripciones) generada por el propio módulo y contra el escenario inicial (no hacer nada).

En particular este módulo tendrá que proveer de protocolos de actuación para la resolución de problemas de tráfico o de gestión de la infraestructura planteados por los usuarios, tanto problemas hipotéticos como basados en la historia y proponer mejoras en los protocolos existentes que optimicen el tráfico y la gestión de la infraestructura.

4.2.8. Módulo de operación

El módulo ha de permitir la explotación y la operación de la red viaria, en aquellos sistemas actuales y futuros que estén instalados.

La solución debe incluir la definición de una interfase que relacione el conjunto de sistemas con la red vial para permitir la operación de la sensórica de manera asistida y remota.

La configuración de este módulo será de gran relevancia en aquellos casos de uso que gestionen el tráfico como, por ejemplo, la optimización de los sistemas ITS, la reserva de carriles o la restricción de la circulación de vehículos.

Inicialmente, las pruebas necesarias se llevarán a cabo en un entorno de laboratorio con el fin de determinar si se pueden incorporar dentro del módulo de simulación/predicción de situaciones.

4.2.9. Módulo de exportación y presentación de resultados

El módulo ha de permitir que los diferentes tipos de clientes realicen la exportación de datos, así como visualizar la presentación de los resultados.

Para ello, se tendrán que crear *bots* que informen y comuniquen tanto el estado del tráfico de la infraestructura en tiempo real como las alertas y recomendaciones que sean de utilidad para diferentes agentes; como centros de control, ciudadanía, etc.

Igualmente, dispondrá de canales de comunicación y publicación mediante Web APIs abiertas para la exportación e integración de datos a sistemas del SCT, DGIM y externos.

La información de salida se presentará en todos aquellos formatos que sean necesarios (en particular en las salidas detalladas en la fase 4 del Plan de trabajo) y en función del cliente que realice las consultas, con un alcance que incluye tanto personal del SCT y la DGIM, como del CIVICAT y del CCV, otras administraciones y ciudadanía.

Se deberá garantizar que el gemelo digital disponga de la interfaz adecuada y documentada con el fin de que en el futuro se puedan desarrollar otros módulos funcionales a demanda.

Cada uno de los módulos descritos estará compuesto por una interfaz de entrada, un grupo de procesos automáticos y/o asistidos y una interfaz de salida. La empresa adjudicataria podrá sugerir otros módulos que considere o la reorganización de los actuales siempre que justifique adecuadamente la necesidad para cumplir las funcionalidades pedidas.

5. Plan de trabajo

5.1. Visión general del plan de trabajo

La imagen 4 muestra una visión general del plan de trabajo previsto, que consta de cinco fases previstas inicialmente para la ejecución del contrato.

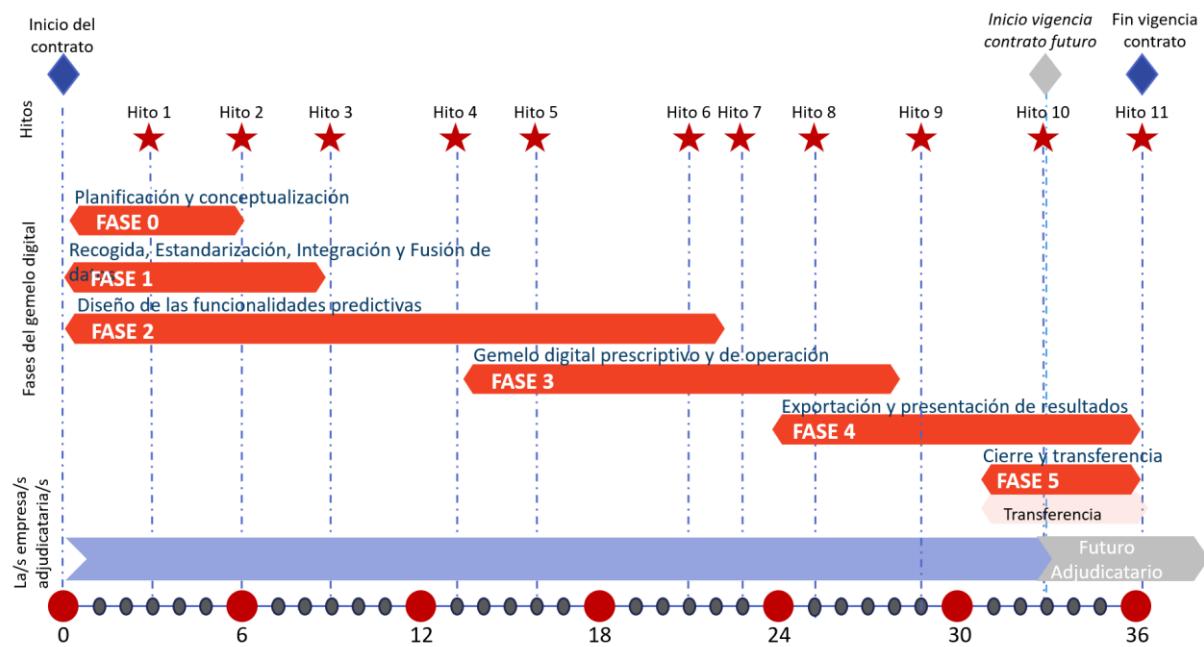
Este calendario es aproximado y parte de un periodo de ejecución de 36 meses, que será ajustado al inicio del contrato según el plan de trabajo aprobado.

A continuación, se hace una descripción de las fases y tareas previstas para implementar el gemelo digital:

- Fase 0: Planificación y conceptualización
- Fase 1: Recogida, estandarización, integración y fusión de datos
- Fase 2: Diseño de las funcionalidades predictivas del gemelo digital
- Fase 3: Gemelo digital prescriptivo y de operación
- Fase 4: Exportación y presentación de resultados
- Fase 5: Cierre y transferencia

Las tareas, subtareas y entregables, quedan definidos en el [Anexo 4: Tareas y entregables del gemelo digital](#).

Imagen 4: Visión general del plan de trabajo previsto



Fuente: elaboración propia

5.2. Descripción de las fases

5.2.1. Fase 0: Planificación y conceptualización

Objetivo: Planificación detallada y conceptualización del gemelo digital.

En esta fase se llevará a cabo la revisión y concreción del plan de trabajo, el diseño teórico y la planificación de los desarrollos, plan de pruebas y de implementación de la solución, así como la concreción de la metodología, plan de calidad, modelo de evaluación de los resultados del proyecto y recogida de los datos basales para los indicadores clave.

Con carácter general, el desarrollo e implementación del gemelo digital se hará mediante la metodología AGILE que facilitará la participación de la DGIM y el SCT, unidades promotoras del reto, en la definición de la solución, una implementación progresiva de las funcionalidades a lo largo de las diferentes fases y la puesta en producción progresiva de diferentes funcionalidades en cada una de las fases previstas en este contrato.

Para la fase de Planificación y conceptualización se han identificado siete tareas, que se detallan a continuación.

Tarea 0.1. Planificación del proyecto

Al inicio de la ejecución del contrato, la empresa adjudicataria y las unidades promotoras del reto, acordarán con ellas el plan de trabajo para el desarrollo de las tareas previstas para dar cumplimiento al objeto de la contratación.

El plan de trabajo se podrá revisar y actualizar durante la ejecución por acuerdo del Comité de seguimiento como prevé el pliego de cláusulas administrativas particulares (PCAP).

Tarea 0.2. Análisis funcional de la solución

Al inicio del contrato se realizará el análisis funcional exhaustivo de la solución, y se identificarán las necesidades de recopilación de información, se documentarán los procesos actuales y futuros, y se hará una descripción detallada de las funcionalidades que tiene que contemplar el gemelo digital. Se elaborarán, cuando aplique, diagramas de flujo, esquemas de interacción, maquetas o prototipos que faciliten la validación de los requisitos por parte de los responsables del contrato de las unidades promotoras.

El análisis funcional tiene que servir como base para asegurar la correcta adecuación de la solución a las necesidades reales de los usuarios y de la organización. Asimismo, garantizará la trazabilidad de los requisitos a lo largo de todas las fases del proyecto. Esta tarea deberá contemplar posibles mejoras de procesos, detectar inconsistencias o vacíos funcionales, y velar por la alineación del gemelo digital con los objetivos estratégicos, normativos y técnicos de las unidades promotoras del reto.

Al final de la tarea se entregará un documento de análisis funcional que incluirá, como mínimo:

- Alcance funcional detallado del gemelo digital

- Necesidades operativas para la ejecución: entrevistas, información y datos necesarios, etc.
- Cumplimiento de los requerimientos funcionales, operativos y técnicos
- Riesgos y fondos de incertidumbre detectados y dependencias de terceros
- Principales resultados esperados/obtenidos, incluyendo facilitadores y barreras para la consecución de estos resultados

Tarea 0.3. Diseño teórico y plan de pruebas para cada fase de implementación

La empresa adjudicataria llevará a cabo el diseño teórico del gemelo digital y un plan de pruebas detallado para cada fase de la implementación, documentando de manera estructurada la arquitectura funcional, el esquema de integraciones, los flujos de datos y las interacciones entre módulos y usuarios, entre otros. Este diseño deberá ser coherente con los requisitos identificados durante el análisis funcional, y tendrá que reflejar los criterios de seguridad, escalabilidad, interoperabilidad y accesibilidad exigidos. El documento de diseño se presentará a los órganos de gobernanza del contrato para su validación previa antes de proceder a la implementación efectiva de cada módulo o funcionalidad.

Para cada fase de implementación, la empresa adjudicataria elaborará y ejecutará un plan de pruebas específico, que incluirá pruebas funcionales, de rendimiento, de usuario final y de validación de integraciones con otros sistemas, si procede. Este plan tendrá que contemplar criterios de aceptación claros, escenarios de prueba detallados y mecanismos de trazabilidad de los resultados. Además, se entregará un informe final de pruebas por fase, con la relación de incidencias detectadas, soluciones aplicadas y evidencias documentales, como condición previa para considerar la fase como finalizada y validada.

Tarea 0.4. Plan de despliegue e implementación de la solución

Al inicio de la ejecución del contrato se revisará la planificación prevista e incluida en la propuesta de la empresa adjudicataria y se validará un plan de despliegue detallado, que establecerá la secuencia y calendario de implementación del gemelo digital, incluyendo pilotos si se considera necesario, migración de datos, configuración de entornos (pruebas y producción), así como la puesta en marcha progresiva de los módulos o funcionalidades. El plan deberá contemplar tanto las acciones técnicas como las medidas de apoyo a usuarios, garantizando la mínima afectación a los servicios existentes y la adaptación progresiva de los usuarios del gemelo digital a la nueva herramienta.

La empresa adjudicataria deberá coordinarse con las unidades promotoras del reto para asegurar la alineación con los cánones tecnológicos del CTTI y la compatibilidad con las infraestructuras, garantizar el correcto despliegue y habilitar mecanismos de supervisión del rendimiento y disponibilidad de la solución desde el primer momento de puesta en producción.

Durante esta tarea se entregará un documento de Plan de despliegue e implementación de la solución que incluirá:

- Modelo lógico teórico.

- Relación de indicadores clave (KPIs) y métodos de cálculo, con sus valores antes del inicio.
- Procedimientos teóricos para la validación.
- Documentación funcional y técnica.
- Evidencia de cumplimiento de los requisitos de los cánones tecnológicos del CTTI.
- Plan de pruebas y validación de los resultados.
- Detalle de los procedimientos de validación y aprobación de resultados.
- Plan de despliegue e implementación detallado para las diferentes fases de despliegue.

Tarea 0.5. Metodología y plan de calidad

Al inicio de la ejecución del proyecto se revisarán la metodología y el plan de trabajo y se ajustarán para el plan de trabajo aprobado. La metodología debe detallar los procesos y procedimientos de trabajo incluyendo la comunicación, validación de los resultados y recogida del *feedback* de los responsables y de los usuarios del gemelo digital. La metodología tendrá que prever fases de diseño, desarrollo, validación y despliegue del gemelo digital. Debe contemplar la adaptabilidad a los datos disponibles, el uso de modelos predictivos y el incremental refinamiento de los algoritmos y visualizaciones.

La empresa adjudicataria deberá elaborar y aplicar un plan de calidad que cubra todas las fases del proyecto y defina indicadores de calidad técnica, funcional y de usabilidad de la solución. Este plan incluirá protocolos de validación de datos, pruebas sobre la fiabilidad de los modelos de simulación, controles de coherencia entre escenarios reales y virtuales, y verificación de la interoperabilidad con fuentes externas (como sensores, cámaras, sistemas de gestión del tráfico u otros). Además, se tendrá que incluir un plan de mejora continua, con la identificación de desviaciones y acciones correctoras para garantizar que la solución se adapta de forma progresiva a las necesidades del SCT y de la DGIM.

Al final de esta tarea se entregará el marco metodológico y plano de calidad que incluirá:

- Marco metodológico.
- Plan de calidad para garantizar la consecución de los objetivos del proyecto en plazo y con los recursos asignados.
- Detalle de normativas a cumplir y como se garantiza su cumplimiento en particular los cánones tecnológicos del CTTI.

Tarea 0.6. Modelo de evaluación de resultados

Al inicio de la ejecución del contrato se revisará el modelo de evaluación de resultados del contrato, con el objetivo de garantizar el cumplimiento de los objetivos y la calidad de los resultados. Este modelo tendrá que contemplar indicadores cuantitativos (precisión de las predicciones, tasa de acierto en escenarios simulados, coherencia entre datos en tiempo

real y proyecciones, etc.) e indicadores cualitativos (adecuación a los requerimientos funcionales, satisfacción de los usuarios clave, facilidad de interpretación de los resultados). Los indicadores tendrán que estar alineados con los objetivos del proyecto y documentados de manera verificable.

Además, se tendrán que establecer mecanismos de monitorización continua y revisión periódica de la calidad de los resultados, incluyendo protocolos de comparación con datos reales recogidos *in situ* (tráfico observado, densidad, velocidad media, etc.) y validación de los modelos predictivos en diferentes escenarios. El modelo de evaluación tendrá que ser flexible y escalable, para adaptarse a nuevos conjuntos de datos, cambios en la infraestructura o ampliación de funcionalidades del gemelo digital. Los responsables del contrato podrán requerir informes específicos de calidad en puntos críticos del proyecto o ante decisiones estratégicas basadas en los datos simulados.

Tarea 0.7. Recogida de datos basales para los indicadores clave

Una vez definidos los indicadores clave, se iniciará el proceso de recogida de los datos basales de los indicadores clave del gemelo digital. Una vez aprobados los datos base se determinarán los objetivos a alcanzar para cada uno de los indicadores clave.

Al final de esta tarea se entregará el manual de gestión y evaluación que especificará, como mínimo:

- Modelo de seguimiento
- Herramientas de seguimiento y recogida de indicadores

Lista de tareas de la Fase 0:

Tarea 0.1. Planificación del proyecto

Tarea 0.2: Análisis funcional de la solución

Tarea 0.3: Diseño teórico y plan de pruebas para cada fase de implementación

Tarea 0.4: Plan de despliegue e implementación de la solución

Tarea 0.5: Metodología y Plan de calidad

Tarea 0.6: Modelo de evaluación de resultados

Tarea 0.7: Recogida de datos basales para los indicadores clave

5.2.2. Fase 1: Recogida, estandarización, integración y fusión de datos

Objetivo: Desarrollar las funciones necesarias para la configuración inicial del gemelo digital.

La primera fase del gemelo digital incluye todas aquellas funciones necesarias para su configuración inicial y se organiza mediante cinco tareas:

Tarea 1.1. Proceso de extracción, limpieza, transformación, normalización (estandarización), integración y fusión del dato

Al inicio del proyecto se realizará el análisis y gestión de los datos provenientes de las fuentes internas y externas.

En el [Anexo 4](#) se detallan las subtareas iniciales de esta tarea que abarcan la recopilación y análisis preliminar de la extracción, la limpieza, la normalización, la integración, la restitución y fusión de toda la información que se concentrará en el gemelo digital. En esta tarea también se establecerá la planificación de la incorporación de estos datos al gemelo digital.

Estos datos provendrán de los elementos ITS (cámaras, paneles de mensaje variable, estaciones de transmisión de conteo de vehículos, sistemas de visión artificial, radares, sistemas de velocidad variable y otros) del SCT y de los titulares de las carreteras (DGIM, etc.), del resto de elementos funcionales de la carretera de los titulares de carreteras, de los sistemas de gestión de los titulares de carreteras y de otros datos de proveedores externos.

Además, se incorporarán los datos del estado del funcionamiento de todos los elementos anteriores.

Al inicio de la ejecución, durante la Fase 1, se integrarán los datos disponibles en el momento (los datos históricos) que constituirán el conjunto de datos iniciales del gemelo digital. Durante toda la ejecución del contrato se irán incorporando nuevos datos entre los que se encontrarán la actualización de los datos diarios y en tiempo real, así como nuevos datos provenientes de nuevas fuentes de información interna o de la actualización de fuentes externas que se hayan aprobado por los responsables del proyecto del SCT y de la DGIM. Antes de su incorporación en el gemelo digital, se hará un análisis estimatorio de la fiabilidad de cada una de las fuentes de datos que alimentarán el propio gemelo digital, de acuerdo con las unidades promotoras del reto.

En el [Anexo 2](#) se incluye una relación del conjunto de datos iniciales a incorporar.

Se deberán dimensionar los recursos necesarios para el funcionamiento del gemelo digital y determinar de manera justificada los datos mínimos indispensables que tendrán que residir obligatoriamente en la nube.

Las bases de datos se mantendrán actualizadas durante toda la ejecución del contrato y se establecerán procedimientos, para la incorporación de nuevas fuentes de datos que puedan aportar valor al gemelo digital una vez aprobadas por las unidades promotoras del reto. Por este motivo es un requisito del proyecto la realización de, como mínimo tres procesos de *benchmarking* y análisis de aplicación de datos de fuentes internas y externas para su actualización.

Durante el proceso de *benchmarking*, se realizará un análisis de las posibilidades que ofrece el mercado con respecto a datos que puedan ser, en algunos de los aspectos, objeto del gemelo digital, detallando: la utilidad, el precio de adquisición y mantenimiento, la disponibilidad incluyendo la frecuencia de actualización, los formatos y dimensión unitaria, así como el coste estimado de incorporación al gemelo digital.

Este *benchmarking* y análisis de aplicación se hará al inicio, a la mitad de la ejecución del contrato para detectar e identificar nuevas necesidades de incorporación de datos de proveedores externos en el marco de la última parte de este contrato y al finalizar la ejecución del contrato para detectar e identificar nuevas necesidades de incorporación de datos de proveedores externos para futuros desarrollos del gemelo digital.

Los datos serán sometidos a procesos que, entre otros, permitirán identificar errores típicos que tendrán que ser solucionados. En este sentido, se tendrán que desarrollar modelos y entrenarlos para que detecten de manera automática los posibles errores y los restituyan, mediante diferentes metodologías estadísticas e inteligencia artificial.

El gemelo digital tiene que permitir la gestión de los proyectos de construcción previstos sobre tramos de la red viaria, y ha de permitir específicamente la lectura/integración de los archivos IFC y de la información del BIM de estas actuaciones en fase de diseño, ejecución y explotación.

En paralelo a esta fase se tendrá que definir y desarrollar el primer caso de uso incluido en la fase 2 (v. [anexo 3, apartado 1, Casos de uso obligatorios](#)) consistente en el grafo y la representación gráfica del gemelo digital que permita la visualización de datos del inventario digital y su actualización.

Tarea 1.2. Almacenaje de la información

Se elaborará, de acuerdo con la Generalitat de Catalunya, una política de almacenaje de los datos resultantes del proceso anterior en la que se definirán los períodos de agregación y granularidad espacial, así como el destino final de cada uno de los resultados y el intervalo de tiempo de almacenaje para cada caso.

Esta política deberá estar alineada con los cánones tecnológicos del CTTI, y se tendrá que definir bajo el criterio de minimización de costes de almacenaje y comunicaciones, sin perjudicar el funcionamiento del propio gemelo digital, usuarios e interfaz general de entrada.

Tarea 1.3. Usuarios e interfaz general de entrada

Se definirán los usuarios del gemelo digital y se asociará a cada tipo de usuario una “pantalla inicial” de visualización del gemelo digital y los módulos a los que tendrá acceso, además se configurarán los permisos de cada uno de estos usuarios. Toda esta definición quedará recogida en un documento que será validado por las unidades promotoras del reto, de manera previa al desarrollo.

En esta fase se implementarán los entornos de consulta y explotación de los datos ingeridos del gemelo digital, estos entornos serán como mínimo Rstudio, con soporte de RMarkdown y Python con el editor Visual Studio Code con las implementaciones necesarias de gestión de lagos de datos (como por ej. Databricks) y SQL que procedan. La empresa adjudicataria deberá proponer arquitecturas adecuadas para dar servicio a los entornos finalistas de R y Python.

Se garantizará el acceso a internet de estos entornos, por parte de los usuarios autorizados de forma que puedan ser instaladas/actualizadas las librerías o *packages* de los mismos.

También se implementará la representación gráfica de todos los elementos ingeridos (de todos y cada uno de los datos que se describen en el [Anexo 2](#)).

Esta representación trabajará con el grafo que se describe en el [caso de uso 1 del Anexo 3](#). Tendrá que ser capaz de representar tanto datos puntuales como lineales, datos geoposicionados 2D y 3D, representaciones superficiales y volumétricas, datos referenciados a partir de ejes de carretera y punto kilométrico, datos estables en el tiempo y datos en tiempo real.

Tarea 1.4. Escalabilidad

El módulo de configuración tiene que permitir la escalabilidad tanto espacial, en el sentido de ampliar los quilómetros de red vial interurbana, como en la tipología, para permitir la inclusión de la red urbana; como podría ser la de la red metropolitana de Barcelona. También tiene que permitir la escalabilidad a la incorporación de nuevos datos, ya sea de nuevas fuentes o nuevos sensores instalados en la red viaria. Esta escalabilidad tiene que ser aplicable al posible desarrollo de nuevos módulos.

Tarea 1.5. Módulos mínimos para desarrollar en la Fase 1

En esta fase, básicamente se desarrollarán: el módulo de ingesta de datos, el módulo de gestión y actualización del inventario y estado de la carretera, y la parte correspondiente de los módulos de configuración de usuarios asociados con la interfaz de entrada de los usuarios.

En esta fase, con respecto al módulo de gestión y actualización del inventario y estado de la carretera, se desarrollará todo lo que se describe en el [Apartado 4.2 Módulos funcionales](#) que principalmente es la integración de los datos históricos del inventario digital de la red vial, la detección y alerta de fallos de elementos funcionales, la actualización del inventario del gemelo digital (de la representación gráfica y de cada elemento funcional y sus atributos), la realización de modificaciones puntuales (provisional o definitiva).

El gemelo digital tiene que ser consultable remotamente, con *tablet* o dispositivo móvil, cuando los usuarios quieran hacer consultas en campo, a pie de carretera. Por lo tanto, en esta fase será necesario que el módulo de gestión y actualización del inventario y estado de la carretera contemple en su configuración estos dispositivos.

En cada desarrollo de un módulo o de una parte de un módulo, se deberá hacer una formación y una prueba con unos usuarios referentes que puedan testear y validar la solución.

La información será accesible para todos los usuarios para consulta, se definirá un perfil específico de edición que podrá hacer modificaciones e interfaces de trabajo adaptadas a estas tareas.

Lista de tareas y subtareas a realizar en la Fase 1

Tarea 1.1. Proceso de extracción, limpieza, transformación, normalización (estandarización), integración y fusión del dato

- 1.1.1. Definición de los procesos de extracción, limpieza, transformación, normalización (estandarización), integración y fusión de los datos
- 1.1.2. Elaboración de un informe de todos los datos a incorporar en función de su facilidad para ser integrados en el gemelo digital, su fiabilidad y la calendarización de su integración en la Fase 1 o en Fases posteriores
- 1.1.3. Incorporación de datos históricos:
 - fuentes propias del SCT,
 - fuentes propias de la DGIM,
 - de otras unidades de la Generalitat y de fuentes externas (Transición Ecológica, ATM, AMB, Ministerio, otros).
- 1.1.4. Ejecución de los procesos de extracción, limpieza, transformación, normalización (estandarización) e integración y fusión de los datos:
 - fuentes propias del SCT,
 - fuentes propias de la DGIM,
 - de otras unidades de la Generalitat y de fuentes externas (Transición Ecológica, ATM, AMB, Ministerio, otros).
- 1.1.5. Detección y restitución de errores:
 - entrenar modelos para detectar y restituir errores utilizando datos con errores típicos, integrando metodologías estadísticas e inteligencia artificial,
 - crear una interfaz de asistencia con IA que permita la toma de decisiones humanas durante el proceso de detección y restitución de errores.
- 1.1.6. Definición e implementación del proceso de incorporación automatizada y recurrente de los datos de los diferentes agentes (protocolo de frecuencia, horario de actualización, etc.). Informes y bases de datos.
- 1.1.7. Incorporación de nuevos datos:
 - actualización datos diarios/tiempo real fuentes propias del SCT,
 - actualización datos diarios/tiempo real fuentes propias de la DGIM,
 - actualización datos diarios/tiempo real de otras unidades de la Generalitat y de fuentes externas (Transición Ecológica, ATM, AMB, Ministerio, otros),
 - nuevos datos de fuentes propios del SCT, de la DGIM y de otras unidades de la Generalitat y de fuentes externas.

- *benchmarking* y aplicación de nuevos datos (inicio del proyecto, mitad y final)
- 1.1.8. Ejecución de los procesos de extracción, limpieza, transformación, normalización (estandarización) e integración y fusión de los nuevos datos:
- actualización datos diarios/tiempo real fuentes propias del SCT
 - actualización datos diarios/tiempo real fuentes propias de la DGIM
 - actualización datos diarios/tiempo real de otras unidades de la Generalitat y de fuentes externas (Transición Ecológica, ATM, AMB, Ministerio, otros)
 - nuevos datos de fuentes propios del SCT, de la DGIM y de otras unidades de la Generalitat y de fuentes externas
- 1.1.9. Detección y restitución de errores:
- entrenar modelos para detectar y restituir errores utilizando datos con errores típicos, integrando metodologías estadísticas e inteligencia artificial
- 1.1.10. Elaboración de informe periódico del estado de las bases de datos con los *logs* correspondientes
- 1.1.11. Elaboración de informe con el dimensionado de los recursos necesarios para el funcionamiento del gemelo digital y la determinación justificada de los datos mínimos indispensables que tendrán que residir obligatoriamente en la nube y de los que tendrá que disponer el gemelo digital

Tarea 1.2. Almacenaje de la información

- 1.2.1. *Data lake* para el almacenaje de datos agregados de los diferentes entornos de explotación
- 1.2.2. Elaboración de un informe periódico y automatizado del estado del sistema con las modificaciones y acontecimientos (bitácora del módulo de configuración)

Tarea 1.3. Usuarios e interfaz general de entrada

- 1.3.1. Crear una política de administración y gestión de usuarios:
- definición de los usuarios
 - configuración de permisos y roles/privilegios asignados a cada usuario (a qué funciones del gemelo digital y a qué módulos pueden acceder)
 - vistas del gemelo digital adaptadas a cada usuario
 - alta, baja y modificación
 - interfaz de entrada de los usuarios

- 1.3.2. Entornos adecuados para el tratamiento de datos (R, Python y otros)
- 1.3.3. Desarrollo del visualizador de los datos del inventario digital, de las imágenes 360 cada 10 metros y todos los elementos funcionales de la carretera en base al GRAFO y a la representación gráfica del gemelo digital y desarrollo de la actualización de estos elementos
- 1.3.4. Elaboración de informes periódicos del estado de los usuarios

Tarea 1.4. Escalabilidad

- 1.4.1. Definición del protocolo de escalabilidad de la base gráfica a los 6.000 km de la red de carreteras de la Generalitat de Catalunya y de la integración de los datos del inventario digital (imágenes 360, nube de puntos y elementos funcionales)
- 1.4.2. Definición del protocolo de escalabilidad de los datos de movilidad a los 12.000 km de la red de carreteras de Catalunya

Tarea 1.5. Módulos mínimos para desarrollar en la Fase 1

- 1.5.1. Formación de los módulos o parte de módulos entregados
- 1.5.2. Ejecución de varias pruebas de funcionamiento de los módulos o parte de módulos entregados

5.2.3. Fase 2: Diseño de las funcionalidades predictivas del gemelo digital

Objetivo: Diseño de las funcionalidades predictivas, representación inicial del gemelo digital a nivel del estado de la infraestructura y de comportamiento del tráfico, y desarrollo de los casos de uso priorizados.

En esta fase se llevará a cabo el diseño del gemelo digital y se obtendrá una primera representación del estado de la infraestructura y del comportamiento del tráfico en la red interurbana metropolitana en cuanto a volúmenes, velocidades, accidentes, retenciones y emisiones.

En esta fase se desarrollarán diferentes casos de uso en base a la simulación y a la IA de aprendizaje de situaciones históricas. Las predicciones y simulaciones tienen que poder ser al momento (*en tiempo real o casi real*) o bien a futuro, de manera que permitan a la DGIM y al SCT analizar, planificar y evaluar.

Tarea 2.1. Aprovisionamiento de un laboratorio para la simulación/predicción

Se desarrollará un espacio de pruebas formado por un simulador de tráfico y de gestión de la infraestructura (micro, meso y macro) autocalibrable que permita realizar simulaciones de situaciones que se quieran estudiar con el objetivo de poder comparar diferentes casos de uso mediante una batería de indicadores.

Los resultados de las simulaciones se mostrarán gráficamente mediante la visualización de los datos que se considere idóneos en cada caso.

Los casos de uso a implementar durante la ejecución del contrato, que se definen en los anexos de este documento, serán validados previamente en un entorno de laboratorio para garantizar su adecuación.

Tarea 2.2. Modelo IA aprendizaje

Se requiere disponer de un modelo de IA que realice un análisis cuidadoso y correlacione los datos históricos de tráfico y de gestión de la infraestructura con las externalidades del sistema de transporte y la optimización de la operación de la infraestructura.

Se creará un agente tipo *xatbot* que permita a los usuarios interactuar con el modelo: realizar consultas y obtener conclusiones sobre las situaciones históricas y futuras.

Este modelo se irá alimentando periódicamente con los nuevos datos, tanto reales como simulados, para finalmente poder extraer conclusiones sobre las situaciones futuras.

Tarea 2.3. Casos de uso obligatorios

El gemelo digital tiene que ser una herramienta de ayuda a la toma de decisiones en la gestión de las carreteras de manera que se consiga una optimización de la explotación y la conservación de las carreteras y una mejora de la seguridad vial.

Los casos de uso obligatorios a desarrollar se centrarán, entre otros, en la definición del grafo y la representación gráfica de la red de carreteras, la predicción del volumen de vehículos, la velocidad media y la tipología, la predicción de emisiones, la predicción del estado y las necesidades de mejora de la infraestructura, la predicción de varias casuísticas de accidentalidad, las simulaciones de afectaciones al tráfico, las predicciones de las retenciones, la gestión del tráfico mediante balanceo, la optimización de los sistemas ITS y la reserva de carriles preferentes (la relación completa y descripción de los [casos de uso obligatorios queda recogida en el anexo 3](#)).

En el caso del estado de la infraestructura, en esta fase se podrán hacer predicciones a partir de los datos de los sistemas de gestión de la DGIM que se habrán integrado, y unificado previamente, y datos del estado de la infraestructura.

Todos los casos de uso generarán una base de datos de resultados completa y accesible, un *dashboard* y un informe ejecutivo de resultados que tendrán que ser consensuados entre la empresa adjudicataria y las unidades promotoras, y validados por las unidades promotoras.

Tanto la base de datos como los *dashboards* deberán tener un formato estandarizado validado por las unidades promotoras.

Tarea 2.4. Casos de uso adicionales opcionales

Los casos de uso adicionalesopcionales, que la/las empresas licitadoras podrán optar a incluir en su propuesta, serán valorados bajo criterios de adjudicación cuantificables u objetivos.

Los casos de uso adicionales opcionales incluyen la predicción del estado y mejora de los firmes y la gestión del tráfico (velocidad variable, restricciones, *ramp-metering*, trasvase modal, etc.). El [Anexo 3](#) detalla la relación completa y descripción de los [casos de uso adicionales opcionales](#).

Todos los casos de uso generarán una base de datos de resultados completa y accesible, un *dashboard* y un informe ejecutivo de resultados que tendrán que ser consensuados entre la empresa adjudicataria y las unidades promotoras, y validados por las unidades promotoras.

Tanto la base de datos como los *dashboards* deberán tener un formato estandarizado validado por las unidades promotoras.

Tarea 2.5. Estudio de nuevos casos de uso adicionales y desarrollo

Como ya se ha mencionado, aparte de los casos de uso planteados inicialmente de predicciones y simulaciones, también será necesario que la empresa adjudicataria elabore un estudio de como máximo 10 nuevos casos de uso adicionales a aplicar en base a su propia *expertise*, en base a la experiencia de otras Administraciones públicas de todo el mundo o en base al análisis de los datos disponibles o de aquellos que se obtendrán en un futuro por este gemelo digital.

Se analizará la viabilidad de los nuevos casos de uso adicionales propuestos por la empresa adjudicataria en su propuesta, las unidades promotoras del reto los validarán y priorizarán su desarrollo.

Se definirán los algoritmos para estos nuevos casos de uso adicionales y se ejecutará su desarrollo.

Se tendrá que realizar un estudio de la implantación de medidas y el efecto sobre otras redes que puedan ser aplicables al ámbito de estudio. Todos los casos de uso generarán una base de datos de resultados completa y accesible, un *dashboard* y un informe ejecutivo de resultados que tendrán que ser consensuados entre la empresa adjudicataria y las unidades promotoras, y validados por las unidades promotoras.

Tanto la base de datos como los *dashboards* deberán tener un formato estandarizado validado por las unidades promotoras.

Tarea 2.6. Generar protocolos y planes de gestión de tráfico y de la infraestructura basados en los resultados obtenidos para su implementación por CIVICAT, SCT, CCV, DGIM y otros actores.

A partir del análisis de situaciones históricas o de simulaciones de situaciones hipotéticas el gemelo digital tendrá que ser capaz de proponer protocolos de actuación para el tratamiento de cada situación de acuerdo con los objetivos que las unidades promotoras, SCT y DGIM, establezcan en cada caso y teniendo en cuenta anteriores protocolos aplicables, en caso de existir. Las situaciones mencionadas pueden ir desde el tratamiento de una incidencia, hasta la aplicación de una medida que modifique el estado de la infraestructura o del tráfico.

Los protocolos tendrán que detallar las acciones a ejecutar por parte de los equipos gestores sobre los elementos viales, sobre la propia infraestructura y sobre los actores implicados (comunicación entre centros de control, interna entre responsables del gemelo digital y a terceros –por ejemplo, quitanieves, empresas de mantenimiento, otros titulares de vía, policía, SEM... o ciudadanía en general–).

Tarea 2.7. Módulos mínimos para desarrollar en la Fase 2

En esta fase se desarrollarán básicamente los módulos de simulación/predicción de situaciones autocalibración y el módulo de IA de aprendizaje de situaciones históricas.

Además, se irán incorporando al gemelo digital aquellos datos previstos en la definición establecida en la fase anterior. Y se irá completando el módulo de configuración.

El gemelo digital tendrá que ser consultable con *tablet* o dispositivo móvil cuando los clientes quieran hacer consultas en campo a pie de carretera. Por tanto, en esta fase se deberá hacer la configuración correspondiente para el módulo simulación/predicción de situaciones autocalibración.

En cada desarrollo de un módulo o de una parte de un módulo, se deberá hacer una formación y una prueba con unos usuarios referentes que puedan testear y validar la solución.

Lista de tareas y subtareas a realizar en la Fase 2

Tarea 2.1. Aprovisionamiento de un laboratorio para la simulación/predicción

- 2.1.1. Simulador micro, meso y macro
- 2.1.2. Simulador autocalibrable
- 2.1.3. Definición de indicadores y resultados que permitan comparar alternativas
- 2.1.4. Visualización de los datos

Tarea 2.2. Modelo IA aprendizaje

- 2.2.1. Desarrollo de un modelo de IA que analice y correlacione datos históricos de tráfico y de gestión de la infraestructura con las externalidades
- 2.2.2. Incorporación diaria de nuevos datos reales o simulados
- 2.2.3. Crear un agente tipo *xatbot* que permita a los usuarios interactuar con el modelo, realizar consultas y obtener conclusiones sobre las situaciones históricas y futuras

Tarea 2.3. Casos de uso obligatorios

- 2.3.1. Grafo y representación gráfica del gemelo digital
- 2.3.2. Predicción del volumen de vehículos, la velocidad media y la tipología

- 2.3.3. Predicción de las emisiones de los vehículos
- 2.3.4. Predicción del estado y las necesidades de mejora de la infraestructura
- 2.3.5. Optimización de las rutas para la ejecución de los trabajos de conservación
- 2.3.6. Accidentalidad
- 2.3.7. Simulación de afectaciones al tráfico
- 2.3.8. Predicción de retenciones
- 2.3.9. Balanceo de tráfico
- 2.3.10. Optimización de los sistemas ITS existentes
- 2.3.11. Reserva de carriles preferentes
- 2.3.12. Elaboración de informe resumen con los resultados de los casos de uso

Tarea 2.4. Casos de uso adicionales opcionales

- 2.4.1. Predicción del estado y la mejora de los firmes
- 2.4.2. Optimización de los algoritmos de velocidad variable
- 2.4.3. Restricciones o limitaciones a la circulación
- 2.4.4. *Ramp-metering*
- 2.4.5. Trasvase de movilidad transporte público - vehículo privado
- 2.4.6. Predicción de incidencias viales
- 2.4.7. Elaboración de informe resumen con los resultados de los casos de uso

Tarea 2.5. Estudio de nuevos casos de uso adicionales y desarrollo

- 2.5.1. *Benchmarking* de nuevos casos de uso aplicables al ámbito de estudio objeto
- 2.5.2. Definición de los algoritmos para los nuevos casos de uso adicionales
- 2.5.3. Desarrollo de los nuevos casos de uso adicionales
- 2.5.4. Elaboración de informe resumen con los resultados de los nuevos casos de uso adicionales

Tarea 2.6. Generar protocolos y planes de gestión de tráfico y de la infraestructura basados en los resultados obtenidos para su implementación por CIVICAT, SCT, CCV, DGIM y otros actores

Tarea 2.7. Módulos mínimos para desarrollar en la Fase 2

- 2.7.1. Formación de los módulos o parte de módulos entregados
- 2.7.2. Ejecución de varias pruebas de funcionamiento de los módulos o parte de módulos entregados

5.2.4. Fase 3: Gemelo digital prescriptivo y de operación

Objetivo: Desarrollar los módulos de IA prescriptivo de optimización y el módulo de operación.

En esta fase se desarrollarán principalmente dos módulos: el módulo de IA prescriptivo de optimización y el módulo de operación.

Durante esta fase se harán propuestas de modificaciones temporales del estado de la infraestructura y de los elementos ITS para optimizar los flujos de tráfico en la red vial interurbana del entorno metropolitano.

También se analizarán y evaluarán los protocolos y algoritmos existentes de tratamiento de las situaciones de conflicto, de manera que se puedan hacer propuestas de mejora.

Se analizará si hay posibles carencias relacionadas con la cobertura de elementos ITS y de cobertura 3G/4G/5G en el ámbito de gemelo digital, especialmente con respecto a la conectividad de los sistemas actuales con los sistemas ITS internos de cada ayuntamiento de los diferentes municipios del Área Metropolitana de Barcelona.

Durante esta fase la empresa adjudicataria tendrá que elaborar periódicamente propuestas de actuación para optimizar el funcionamiento de la red vial del gemelo digital, maximizando la eficacia y minimizando las externalidades. Las propuestas serán presentadas siguiendo el modelo de gobernanza aprobado. Por lo tanto, para el módulo de IA prescriptivo de optimización la empresa adjudicataria deberá analizar y hacer una propuesta de un máximo de 10 casos de uso. A partir de ésta, las unidades promotoras del reto validarán la propuesta y harán una priorización previa a su desarrollo.

Casos de uso iniciales del Módulo de operación

Con respecto al módulo de operación inicialmente se desarrollarán los 7 casos de uso siguientes:

- Permitir la operación de GVV y PMV: sistema de paneles de mensajería variable de forma asistida.
- Permitir la operación sobre los actuadores BUS-VAO, *transfers*, carriles reversibles o *ramp-metering*, de forma simulada en el presente gemelo digital y de forma asistida en plena explotación y operación.
- Permitir la operación de la sensórica instalada en la red vial de la DGIM, y configuración para las diferentes tipologías de usuarios y clientes.

- Permitir la operación de la sensórica instalada en la red vial del resto de titulares de carreteras.
- Definir los umbrales de emisiones máximos de la red vial y definir un sistema de alarmas y su protocolo de comunicación a partir de los datos de emisiones en tiempo real.
- Permitir la operación de vehículos conectados a la infraestructura a través de protocolos V2X y a través de la red de telefonía móvil.
- Permitir la operación de vehículos semi autónomos o autónomos para tareas de mantenimiento y conservación de la red vial.

El gemelo digital, como resultado de la fase 1 tendrá que haber incorporado toda la sensórica existente en la red vial ya sea detectores de ciclistas, tractores, animales u otros, y tiene que poder generar las alertas de presencia de estos a los gestores de la red o a los usuarios de la carretera.

En este módulo de operación, la empresa adjudicataria realizará un análisis de propuestas de actuación para la gestión y la operación de la red vial, tanto de la sensórica y los elementos funcionales existentes como de aquellos que se prevé incorporar en un futuro. Por lo tanto, la/las empresas adjudicataria/as deberán analizar y hacer una propuesta de un máximo de 10 casos de uso a incorporar al módulo de operación. A partir de esta propuesta las unidades promotoras del reto, en el marco del Comité de seguimiento previsto en el contrato, validarán la propuesta y harán una priorización previa a su desarrollo.

Además, se irán incorporando al gemelo digital aquellos datos previstos en la definición establecida en la Fase 1 y se irá completando el módulo de configuración.

En cuanto al módulo de IA prescriptivo de optimización y el módulo de operación, será necesario hacer una formación y una prueba con unos usuarios referentes que puedan testear y validar las soluciones.

Lista de tareas y subtareas a realizar en la Fase 3

Tarea 3.1. Aprovisionamiento de un sistema de IA prescriptivo de optimización

- 3.1.1. Implementar funcionalidades para que el sistema proponga/recomiende intervenciones específicas, como ajustes de velocidad, instalación de radares o cualquier otra medida sea de regulación o de ordenación con el objetivo de optimización
- 3.1.2. Diseñar un proceso de evaluación para comparar la eficacia de las actuaciones realizadas con la bondad de las prescripciones generadas automáticamente
- 3.1.3. Desarrollar un sistema que permita aplicar las prescripciones de manera asistida, dando control a los usuarios antes de implementarlas en la red vial

Tarea 3.2. Casos de uso adicionales a incorporar al módulo de IA prescriptivo de optimización

- 3.2.1. Análisis y elaboración de propuesta de casos de uso adicionales a incorporar al módulo de IA prescriptivo de optimización
- 3.2.2. Definición del desarrollo de los casos de uso adicionales a incorporar al módulo de IA prescriptivo de optimización
- 3.2.3. Desarrollo de los casos de uso adicionales a incorporar al módulo de IA prescriptivo de optimización

Tarea 3.3. Definición de la interfase para actuar sobre la red vial (PMV, GVV, BUS-VAO, transfers, sistema de alarmas para emisiones, sensórica, etc.)

- 3.3.1. Definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de GVV y PMV: sistema de paneles de mensajería variable de forma asistida
- 3.3.2. Desarrollo de la operación de GVV y PMV: sistema de paneles de mensajería variable de forma asistida
- 3.3.3. Definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación sobre los actuadores BUS-VAO, *transfers*, carriles reversibles o *ramp-metering*, de forma simulada en el presente gemelo digital y de forma asistida en plena explotación y operación
- 3.3.4. Desarrollo de la operación sobre los actuadores BUS-VAO, *transfers*, carriles reversibles o *ramp-metering*, de forma simulada en el presente gemelo digital y de forma asistida en plena explotación y operación
- 3.3.5. Definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de la sensórica instalada en la red vial de la DGIM
- 3.3.6. Desarrollo de la operación de la sensórica instalada en la red vial de la DGIM
- 3.3.7. Definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de la sensórica instalada en la red vial del resto de titulares de carreteras
- 3.3.8. Desarrollo de la operación de la sensórica instalada en la red vial del resto de titulares de carreteras
- 3.3.9. Definición de los algoritmos y el desarrollo de los umbrales de emisiones máximos de la red vial y definición del sistema de alarmas y su protocolo de comunicación y actuación
- 3.3.10. Desarrollo de los umbrales de emisiones máximos de la red vial y del sistema de alarmas y el protocolo de comunicación y actuación
- 3.3.11. Definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de vehículos conectados a la infraestructura a través de protocolos V2X y a través de la red de telefonía móvil
- 3.3.12. Desarrollo de la operación de vehículos conectados a la infraestructura a través de protocolos V2X y a través de la red de telefonía móvil

3.3.13. Definición de los algoritmos para permitir la operación de vehículos semi autónomos o autónomos para tareas de mantenimiento y conservación de la red vial

3.3.14. Desarrollo de la operación de vehículos semi autónomos o autónomos para tareas de mantenimiento y conservación de la red vial

Tarea 3.4. Casos de uso adicionales a incorporar al módulo de operación

3.4.1. Análisis y elaboración de propuesta de casos de uso adicionales a incorporar al módulo de operación

3.4.2. Definición de los algoritmos y el desarrollo de los casos de uso adicionales a incorporar al módulo de operación

3.4.3. Desarrollo de los casos de uso adicionales a incorporar al módulo de operación

Tarea 3.5. Implementación de herramientas, sistemas y usuarios para operar actuadores

3.5.1. Realización de pruebas en el laboratorio de la fase 2

3.5.2. Ejecución de las herramientas, sistemas y usuarios

Tarea 3.6. Módulos mínimos para desarrollar en la Fase 3

3.6.1. Formación de los módulos o parte de módulos entregados

3.6.2. Ejecución de varias pruebas de funcionamiento de los módulos o parte de módulos entregados

5.2.5. Fase 4: Exportación y presentación de resultados

Objetivo: Desarrollar las funciones de exportación y presentación de resultados a la ciudadanía y operadores de movilidad o fabricantes de vehículos.

El gemelo digital tiene que ser una herramienta que además de tener unos usos de gestión para la propia administración, sirva para comunicar y hacer difusión de la gestión de la red vial hacia la ciudadanía y hacia otros potenciales clientes como pueden ser operadores de movilidad o fabricantes de vehículos. Por este motivo en esta fase se desarrollará principalmente el módulo de exportación y presentación de resultados, descrito en el [Apartado 5.9.](#)

Con este módulo se quiere potenciar la colaboración con otros operadores de movilidad y se pretende que sea una herramienta para relacionar la infraestructura vial con el vehículo conectado.

Salidas del gemelo digital

El gemelo digital tiene que generar salidas para diferentes clientes y usos que, durante la ejecución del contrato, se irán ampliando en función de los casos de uso implementados y el

análisis y mejora continuada que se hará periódicamente siguiendo la metodología aprobada por el desarrollo del gemelo digital. Inicialmente se contemplan las siguientes:

- *Bots para clientes humanos:*
 - o *Bot para redes (X, Whatsapp, Telegram...) interactivo, sobre el estado actual del tráfico y de la infraestructura.*
 - o *Bot para web, capaz de publicar en tiempo real alertas y recomendaciones.*
 - o *Bot para comunicar con las API del Waze y otros servicios externos.*
 - o *Bot para comunicar con vehículos conectados a la infraestructura a través de protocolos V2X y a través de la red de telefonía móvil.*
 - o *Bot para apoyo a los centros de control CIVICAT y CCV.*
 - o *Bot de consultas que puedan hacer los gestores de la infraestructura sobre un punto kilométrico o tramo que aporte cualquier dato o información del gemelo digital y que pueda tener en cuenta el posicionamiento en el momento de hacer la consulta desde un dispositivo móvil.*
- *Salidas hacia repositorios y bases de datos:*
 - o *Canales de comunicación y publicación mediante Web APIs abiertas por la exportación e integración de datos a sistemas del SCT, DGIM y externos.*
 - o *Exportación formados DATEX, CIT, SALES y similares de los centros de control viario de la DGIM y otras BD tipo bitácora.*
 - o *Salida de los datos de operación y de estado de la infraestructura para la robotización de la conservación.*
 - o *Salida del inventario digital de la red vial y de los elementos de la infraestructura en formato IFC.*
 - o *Mantenimiento de equipos y de infraestructura incluidos los elementos funcionales. El sistema deberá proveer de un método de comunicación a los responsables de los contratos de equipos y de la infraestructura de las eventuales alarmas jerarquizadas (del módulo anterior).*
 - o *Salida de los datos del inventario digital para integración al punto de acceso digital de la autoridad de tráfico.*
- *Entorno de ciencia de datos:*
 - o *Ingeniería y ayuda a la toma de decisiones. El sistema debe incorporar entornos adecuados para el tratamiento de datos resultantes de cualquiera de los procesos para la realización de informes, análisis o estudios para la ayuda en la toma de decisiones. El entorno tendrá que ser como mínimo R y Python, para el tratamiento*

de datos, y RStudio para la generación de informes (pdf, html, Shiny, presentaciones Rmarkdown, csv...). El usuario podrá realizar informes ad-hoc y/o programar que su ejecución y diseminación a los clientes correspondientes se produzca de forma periódica y automática.

- Información geográfica:

- Un mapa del estado del tráfico, de la infraestructura y del estado del inventario de los elementos en tiempo real, así como de las alertas y recomendaciones vigentes en cada momento. Se incluirá la posibilidad de filtraje de las diferentes capas de información según criterios a definir (propietario, usuario, cliente, concepto, área, itinerario, tramo de vía o vías, vigencia, estado del elemento u otros) y su exportación en formatos estándar de GIS (WMS u otros).
- Un *mapping* que sirva de apoyo a la conducción semi autónoma y autónoma de los vehículos conectados y autónomos y de vehículos robotizados de conservación.

- Informes predefinidos:

- *Dashboards* para los casos de uso desarrollados en el gemelo digital
- Informe de los trabajos de conservación realizados y del estado de la carretera a partir de estos trabajos ejecutados específicos por cada ámbito. Informe que sirva al responsable del ámbito para contrastar con los datos previos de necesidades de mejora y de planificación de los trabajos definidos.
- Informe de transportes especiales
- Salida de informes de estado de la infraestructura y del tráfico con formato PowerBI o similar

La/las empresas adjudicataria/se harán un análisis que incluirá la propuesta de hasta 15 nuevas salidas a incorporar al módulo de exportación y presentación de resultados. Esta propuesta de nuevas salidas a incorporar al módulo será presentada a las unidades promotoras del reto para su validación y priorización previa a su desarrollo.

Estas salidas tienen que ser fácilmente configurables y tienen que disponer de buscadores en función de variables territoriales como código de carretera y PK o municipio, etc.

El conjunto de herramientas necesarias y sistemas para la exportación y visualización de los resultados tendrá que ser validado por las unidades promotoras del reto, de manera que se garantice la modificación de su estructura y la escalabilidad.

En esta fase se definirá un plan de formación para cada una de las tipologías de usuarios y clientes del gemelo digital y un plan de acompañamiento para su utilización.

Se elaborará toda la documentación final necesaria del conjunto del gemelo digital, que integre como mínimo la descripción de cómo se accede al gemelo digital, cómo se tratan los datos en el gemelo digital, los manuales para cada uno de los módulos, la descripción de los

algoritmos desarrollados, los manuales de usuario, y toda aquella información relevante para el uso del gemelo digital y su posterior escalabilidad.

También se definirá un Plan de seguimiento y mantenimiento del gemelo digital.

Lista de tareas y subtareas a realizar en la Fase 4

Tarea 4.1. Definición de los clientes del gemelo digital y definición de la configuración para cada uno de los clientes y sus necesidades de resultados

Tarea 4.2. Propuesta de interfaces

- 4.2.1. Definición y creación de salidas para diferentes clientes y usos
- 4.2.2. Definición y creación de nuevas salidas para diferentes clientes y usos

Tarea 4.3. Desarrollo de las salidas

- 4.3.1. *Bots* para clientes humanos (redes sociales, web, APIs, vehículos conectados, centros de control, gestores de la infraestructura, etc.)
- 4.3.2. Salidas hacia repositorios y bases de datos (canales de comunicación y publicación web, integración de datos con los sistemas existentes, exportación DATEX, CIT, SALES, etc., robotización de la conservación, inventario digital, contratos de mantenimiento)
- 4.3.3. Entorno de ciencia de datos: ingeniería y ayuda a la toma de decisiones con entornos adecuados para el tratamiento de datos resultantes, informes, análisis, etc. Como mínimo con R y Python, y RStudio para la generación de informes. Informes ad-hoc y/o programación de forma periódica y automática.
- 4.3.4. Información geográfica: mapas de estado del tráfico, de la infraestructura y del inventario digital en tiempo real, alertas y recomendaciones, con filtraje de capas y exportación; y *mapping* de apoyo a la conducción semi autónoma y autónoma de los vehículos conectados y autónomos y de los vehículos robotizados de conservación.
- 4.3.5. Informes predefinidos: *dashboards*, trabajos de conservación, transportes especiales, estado de la infraestructura y del tráfico.
- 4.3.6. Exportación y presentación de resultados para los diferentes clientes actuales y futuros (definición de las necesidades para desarrollar las salidas iniciales y futuras, y desarrollo de éstas)

Tarea 4.4. Salidas adicionales

- 4.4.1. Análisis y elaboración de propuesta de salidas adicionales a incorporar al módulo de exportación
- 4.4.2. Desarrollo de los casos de uso adicionales

Tarea 4.5. Elaboración del Plan de formación y de la documentación para las formaciones

Tarea 4.6. Ejecución del Plan de formación

Tarea 4.7. Elaboración de toda la documentación final del conjunto del gemelo digital

Tarea 4.8. Definición y elaboración de un Plan de seguimiento y mantenimiento del gemelo digital

5.2.6. Fase 5: Cierre y transferencia

Objetivo: Conducir un proceso de finalización del contrato ordenado que incluya la evaluación de los resultados y cumplimiento de los objetivos y la transferencia de conocimiento para la operación y futura evolución del gemelo digital.

Así esta fase tiene dos grandes tareas:

Tarea 5.1. Transferencia de la solución

Incluye la transferencia de conocimiento a quien determinen las unidades promotoras, con el fin de garantizar una transición de la operación sin impacto en los usuarios y asegurar la futura evolución del gemelo digital.

Tarea 5.2. Análisis y evaluación de resultados

Se realizará el análisis y evaluaciones finales de los resultados y se elaborará un informe de ejecución del contrato que incluirá, como mínimo: el grado de consecución de los objetivos iniciales, la gestión de riesgos y medidas mitigadoras, los impactos conseguidos y recomendaciones de evolución futura del gemelo digital.

Lista de tareas y actividades a realizar en la Fase 5

Tarea 5.1. Transferencia de la solución

- 5.1.1. Plan de transferencia de la solución
- 5.1.2. Ejecución del proceso de transferencia

Tarea 5.2. Análisis y evaluación de resultados

5.3. Hitos del proyecto

Vista la complejidad y duración del proyecto, se han identificado los siguientes hitos:

Tabla 3: Hitos del proyecto

Hito	Descripción	Mes ⁴	Cuando
1	Informe de organización y planificación	3	Al finalizar las tareas 0.1, 0.2 y 0.5 y entrega informe del estado de la ejecución de los trabajos de las fases 1 y 2
2	Manual de gestión y evaluación	6	Al finalizar la Fase 0 en su totalidad y las tareas 1.2 y 1.4, y entrega informe del estado de la ejecución de los trabajos de las fases 1 y 2
3	Consecución de los objetivos de la Fase 1	9	Al finalizar la Fase 1 en su totalidad, la tarea 2.1 y caso de uso 2.3.1
4	Consecución de los objetivos e hitos iniciales de la Fase 2	13	Al finalizar la tarea 2.2 y primeros casos de uso de la tarea 2.3 (2.3.2, 2.3.3, 2.3.4)
5	Consecución de los objetivos e hitos intermedios de la Fase 2	16	Tarea 2.3 (aprobación de más del 50% de los casos de uso obligatorios, finalizar 2.3.5 y 2.3.6)
6	Aprobación de todos los casos de uso obligatorios y adicionales	21	Al finalizar las tareas 2.3 (2.3.7, 2.3.8, 2.3.9, 2.3.10, 2.3.11 y 2.3.12), 2.4, 2.5, 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4
7	Consecución de los objetivos de la Fase 2	23	Al finalizar la Fase 2 en su totalidad
8	Consecución de los objetivos intermedios de la Fase 3	25	Entrega informe del estado de la ejecución de los trabajos de las fases 3 y 4
9	Consecución de los objetivos de la Fase 3	29	Al finalizar la Fase 3 en su totalidad
10	Ejecución del Plan de formación y de los resultados intermedios de la Fase 4	33	Al aprobar la ejecución del Plan de formación de la tarea 4.6 y el 60% de las salidas adicionales de la tarea 4.4
11	Consecución final de los objetivos del proyecto	36	Al finalizar las Fase 4 y 5 en su totalidad

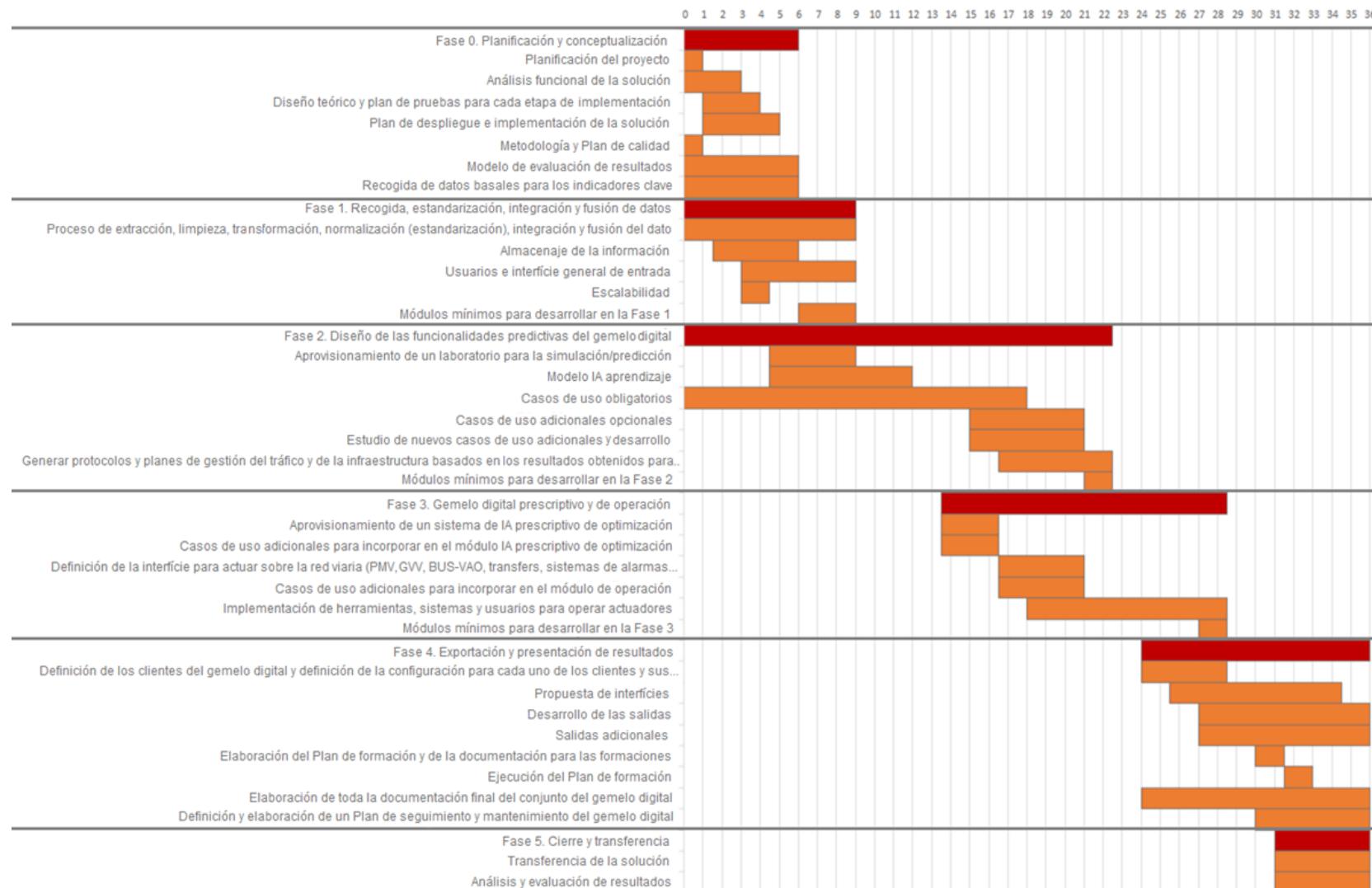
Fuente: elaboración propia

5.4. Calendario global

Al finalizar la ejecución del contrato, la solución tecnológica desarrollada por la empresa adjudicataria deberá estar totalmente operativa. La/s empresa/s licitadora/s, en sus propuestas, tendrán que detallar el plan de trabajo y calendario que incluya todas las fases y tareas detalladas anteriormente. El proyecto se ejecutará en un plazo de 36 meses, a partir de la fecha de formalización del contrato.

⁴ El calendario de los hitos es aproximado durante la ejecución del proyecto, de acuerdo con la duración del contrato y de la planificación aprobada por los órganos de gobernanza del proyecto.

Imagen 5. Plan de trabajo



6. Requisitos tecnológicos del gemelo digital

6.1. Contexto tecnológico

Además de los requisitos funcionales que se detallan en este pliego, la empresa adjudicataria tendrá que cumplir otros requisitos relacionados con el desarrollo del proyecto.

Se prevé que, una vez finalizada la ejecución del contrato, el sistema pase a ser mantenido por la Generalitat de Catalunya, a través del CTTI. Eso implica que todos los desarrollos tendrán que garantizar su escalabilidad futura y el cumplimiento de los requisitos que se detallan a continuación.

En este apartado se detallan los requisitos tecnológicos y el marco normativo vigente de la Generalitat de Catalunya en materia de seguridad, arquitectura corporativa y calidad que tendrá que cumplir la plataforma tecnológica sobre la que se desplegarán los diferentes casos de uso a implementar.

La empresa adjudicataria tendrá que dar cumplimiento a todos estos aspectos, y estará acompañada por la oficina de gestión del proyecto para hacer las revisiones pertinentes.

Para la ejecución del proyecto, el CTTI proporcionará una plataforma *Sandbox* que será utilizada como único entorno de trabajo del proyecto para la implementación de los diferentes casos de uso. Esta plataforma *Sandbox* contendrá una instalación completa de todos los componentes de la Plataforma Transversal de Datos (PTD) del CTTI. Desde la PTD es posible replicar sistemas de analítica tradicional, ingestando, transformando y explotando datos estandarizados y gobernados. La PTD está ya integrada con las herramientas de *Reporting* corporativas *Microstrategy* y *Power BI*. La PTD también incluye funcionalidades de analítica avanzada, como la posibilidad de desarrollar y publicar algoritmos en el ámbito del *Machine learning*, así como explorar las posibilidades de la IA generativa (por ejemplo, poder preguntar en lenguaje natural sobre los datos (*AI/BI Genie*)).

Toda la información relacionada con la utilización de la Plataforma Transversal de Datos se describe en el apartado [6.8 Uso de la Plataforma Transversal de Datos \(PTD\)](#).

La empresa adjudicataria tendrá total autonomía en la utilización y configuración de la plataforma, tanto en la utilización de las propias capacidades de la PTD, como para incorporar capacidades adicionales si así lo requiere la solución tecnológica, siempre cumpliendo con los cánones y normas técnicas establecidas por el CTTI.

Hay que destacar que la plataforma *Sandbox* que proporcionará el CTTI para la ejecución de este proyecto ya cumple con el marco normativo vigente (arquitectura, seguridad, ENS, etc.) y, por lo tanto, se considera un entorno idóneo y acelerador para el proyecto. Eso significa que, siempre y cuando durante la implementación de los casos de uso se utilicen los servicios propios que ya ofrece la PTD, la empresa adjudicataria no tendrá que realizar actividades adicionales para cumplir con los requisitos funcionales previstos en este pliego para asegurar el cumplimiento del marco normativo.

No obstante, en caso de que la empresa adjudicataria realice ampliaciones de servicios o modificaciones de la plataforma *Sandbox* será necesario preservar el cumplimiento del

marco normativo y, por lo tanto, las propuestas técnicas de la empresa adjudicataria requerirán de la aprobación pertinente por parte de la oficina de gestión del proyecto.

En cualquier caso, durante la vigencia del contrato la empresa adjudicataria tendrá que operar los productos construidos sobre la plataforma *Sandbox* (monitorización, copias y restauraciones, configuraciones, etc.) y, para facilitar la tarea, el CTTI proveerá, para los diferentes aspectos, los mecanismos de autoservicio que permitan a la empresa adjudicataria ser autónoma en la operación, gobierno y visibilidad.

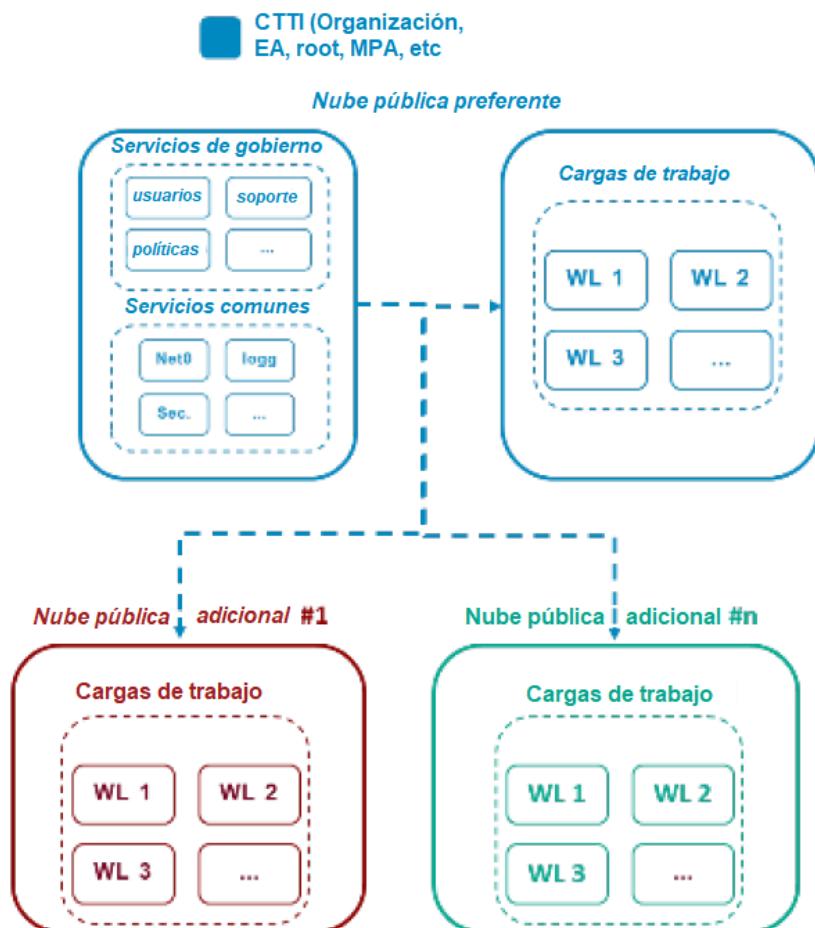
La empresa adjudicataria tendrá autonomía para ejecutar las operaciones de administración técnica y de explotación del espacio para alinearla a las necesidades de servicio de la solución tecnológica que se desarrollará (configuraciones técnicas, realización de copias de seguridad, restauraciones de copias, gestión y mantenimiento de usuarios, etc.).

La plataforma *Sandbox* que se proporcionará estará desplegada sobre *Microsoft Azure* y, por lo tanto, es recomendable que en caso de incorporar nuevos servicios estos también formen parte del mismo ecosistema *cloud*.

Hay que tener presente que el coste asociado al consumo de esta plataforma *Sandbox* está incluido dentro del importe de la licitación y, por lo tanto, será responsabilidad de la empresa adjudicataria.

El mecanismo para gestionar el pago del coste asociado al consumo se realizará de acuerdo con las políticas de cuentas de CTTI en los servicios de Azure. En la organización de cuentas de Azure para la *Sandbox* de la PTD, el CTTI será el titular de la cuenta principal del tenant (root account) y tiene acceso completo. Esta cuenta principal es gestionada de forma delegada por la empresa adjudicataria de los contratos actuales de servicios de CPD, que es quien gobierna y opera los servicios transversales en todo el despliegue que haya en Azure (landing zone, hub de comunicaciones, gestión de políticas, etc.).

Imagen 6. Modelo de gestión de cuentas Azure en CTTI



Fuente: CTTI

El rol de la/s empresa/s adjudicataria/s de esta licitación en el hiperescalar Azure es,

- a nivel de facturación el de revendedor secundario de la suscripción (por ejemplo, nube pública adicional #1 o #n) que se enlazará a los servicios transversales de Azure (landing zone, etc.) que es titularidad del CTTI.
- a nivel operativo, el de responsable de la configuración y operación de los servicios desplegados (desde el momento que se entregue la Sandbox)

Adicionalmente en la plataforma, el CTTI incorporará a la oficina de gestión del proyecto a una persona que ejercerá el rol de gestor técnico para colaborar con la DGIM y el SCT en todos los aspectos relacionados con el uso del espacio de plataforma proporcionado por el CTTI durante la ejecución del contrato previsto, y que se resume en las siguientes actividades:

- La iniciación de la empresa adjudicataria en la utilización de la plataforma y las capacidades de la plataforma transversal de datos ya incorporados.
- La supervisión y el control del cumplimiento de los cánones tecnológicos del CTTI.
- La implementación de las necesidades de conectividad de las fuentes de datos de origen con la plataforma.
- El análisis previo del impacto de la implementación de nuevas capacidades en la plataforma
- El análisis de las necesidades de ampliación o reducción de recursos de la plataforma que el CTTI aporta al desarrollo de la solución (almacenaje, cómputo, etc.)
- Seguimiento del consumo de la plataforma a fin de que las unidades promotoras del proyecto puedan tomar decisiones, dado que la plataforma es un servicio de pago por uso (volumen de almacenaje de datos, cantidad y duración de los entrenamientos de algoritmos, etc.).

Aunque ya se ha indicado que la utilización de la PTD ya aporta el cumplimiento del marco normativo, a continuación, se describen los aspectos de cumplimiento que deberá tener en cuenta para la ejecución del proyecto en caso de que se añadan nuevos componentes a la arquitectura de la PTD.

6.2. Requisitos de arquitectura

La empresa adjudicataria tendrá que garantizar el cumplimiento del marco normativo y principios de arquitectura corporativa de la Generalitat de Catalunya en la realización de los servicios alcance del presente pliego. Toda la información y prescripción asociada se encuentra publicada en la [web de Arquitectura](#) y en la [web Calidad y Modelos por la Entrega de soluciones TI a la Generalitat de Catalunya, en su sección de Estándares](#) del CTTI.

A efectos ilustrativos y con carácter de mínimos, se presenta una lista de los estándares de uso y realización de procesos más habitual en la prestación del servicio licitado, que solo será necesario aplicar en caso de modificación de componentes de la plataforma Sandbox proporcionada:

- Principios de Arquitectura de Sistemas de Información (https://canigo.ctti.gencat.cat/arquitectura/principis/principis_arq/)
- Manifiesto cloud (<https://canigo.ctti.gencat.cat/arquitectura/manifest-cloud/>)
- Hoja de ruta del software (<https://qualitat.solucions.gencat.cat/estandards/estandard-hoja-ruta-software/>)
- Proceso de Conformidad de arquitectura, que permite asegurar que los componentes de arquitectura que se quieren implementar cumplen los requerimientos de arquitectura corporativa. Como entrada al proceso se requiere disponer del documento de arquitectura descrito en la sección de estándares y entregables del modelo de calidad, a

fin de que las unidades de validación de arquitectura de CTTI aseguren que la arquitectura es conforme a los principios y requisitos de arquitectura.

- Proceso de Gestión de excepciones de arquitectura, como mecanismo de gestión en caso de que sea necesario realizar alguna excepción de los requerimientos. Como entrada al proceso se requiere llenar un formulario conforme se solicita la excepción de arquitectura indicando la justificación de la necesidad y la propuesta de plan de acción para mitigar los posibles riesgos. Esta excepción tiene que estar firmada por las unidades promotoras del proyecto, y se adjunta. De esta excepción se hace un seguimiento periódico.
- Proceso de Aprovisionamiento de infraestructuras (PAI), que permite realizar modificaciones sobre la infraestructura del proyecto. Como entrada a este proceso se utiliza el mismo documento de arquitectura, y una vez realizado el proceso de conformidad anterior, entonces se inicia el proceso de aprovisionamiento de las infraestructuras requeridas por el proyecto.

6.2.1. Frameworks y herramientas de arquitectura corporativa

La empresa adjudicataria tendrá que utilizar los diferentes frameworks y plataformas corporativas siempre que estos apliquen para la arquitectura tecnológica del proyecto.

La definición detallada de cada uno de ellos se encuentra publicada en la web de Arquitectura <http://canigo.ctti.gencat.cat/plataformes>. El uso de las diferentes herramientas y frameworks se hará según las directrices e instrucciones publicadas en la mencionada web.

La plataforma Sandbox que se proporcionará ya incorpora todas las integraciones con el resto de las plataformas que en el marco de la ejecución del contrato se tendrán que utilizar, como, por ejemplo:

- GICAR, como servicio de gestión de identidades corporativo. (<https://canigo.ctti.gencat.cat/plataformes/gicar/>)
- SIC+, como servicio de CI/CD para el despliegue de aplicaciones en cloud público con GitHub Enterprise Cloud (GHEC) (<https://canigo.ctti.gencat.cat/plataformes/ghec/>)

Adicionalmente existen otras plataformas que en caso de que durante la ejecución del proyecto sean necesarias, se tendrá que valorar su utilización ante la necesidad como, por ejemplo:

- API Manager corporativo (<https://canigo.ctti.gencat.cat/plataformes/apim/>)
- Eventhub (Kafka) (<https://canigo.ctti.gencat.cat/plataformes/eventhub/>)
- Etc.

En caso de que sean de aplicación al proyecto, la empresa adjudicataria tendrá que utilizar las funcionalidades ofrecidas por cada herramienta o framework, como plataforma transversal. Si se quieren realizar desarrollos propios u otros terceros para cubrir la misma función, se tendrá que validar previamente con la oficina de gestión del proyecto.

6.2.2. Diseño de arquitectura

Dado que el CTTI proporcionará una plataforma *Sandbox*, el diseño de la plataforma tecnológica ya viene predeterminado, si bien en el caso de tener que incorporar nuevos componentes se tendrá que considerar lo siguiente:

- Las soluciones definidas tendrán que estar orientadas al despliegue en *cloud* y por lo tanto modulares y cada módulo escalable horizontalmente.
- La portabilidad que suponga el mínimo esfuerzo por desplegar el sistema de información sobre los diferentes hiperescalares disponibles en el catálogo del CTTI.
- Que, según la criticidad de cada caso de uso del proyecto, sus componentes tengan un soporte 24x7 de fabricante o equivalente de tipo empresarial.
- Que tenga la capacidad de gestionar errores y condiciones límite mientras el sistema de información está en servicio, incluso si el error viene derivado por causas externas como por ejemplo la conectividad de red, fallos de máquina, etc.
- Los entornos de ejecución lógicos que se tendrán que utilizar dentro de la plataforma *Sandbox* serán:
 - o Desarrollo, mientras se están construyendo los casos de uso
 - o Producción, una vez los casos de uso se pongan a disposición de los usuarios

6.3. Requisitos de servicio

La empresa adjudicataria tendrá que contemplar, entre otras, las siguientes obligaciones en los diferentes aspectos del ciclo de vida de los productos que construya:

- Los niveles de clasificación de seguridad de la información que tendrán los diferentes casos de uso son los siguientes:

Tabla 4: Niveles de clasificación de seguridad de la información en cada caso de uso obligatorio

Casos de uso obligatorios	Nivel de clasificación de seguridad de la información
Caso de uso 1: Grafo y representación gráfica del gemelo digital	Interna
Caso de uso 2: Predicción del volumen de vehículos, la velocidad media y la tipología	Interna/Pública
Caso de uso 3: Predicción de las emisiones de los vehículos	Interna/Pública
Caso de uso 4: Predicción del estado y las necesidades de mejora de la infraestructura	Interna/Pública
Caso de uso 5: Optimización de las rutas para la ejecución de los trabajos de conservación	Interna

Casos de uso obligatorios	Nivel de clasificación de seguridad de la información
Caso de uso 6: Accidentalidad	Interna/Pública
Caso de uso 7: Simulación de afectaciones al tráfico	Interna
Caso de uso 8: Predicción de retenciones	Interna/Pública
Caso de uso 9: Balanceo de tráfico	Interna/Pública
Caso de uso 10: Optimización de los sistemas ITS existentes	Interna
Caso de uso 11: Reserva de carriles preferentes	Interna

Tabla 5: Niveles de clasificación de seguridad de la información en cada caso de uso opcional

Casos de uso opcionales	Nivel de clasificación de seguridad de la información
Caso de uso adicional 1. Predicción del estado y la mejora de los firmes	Interna
Caso de uso adicional 2. Optimización de los algoritmos de velocidad variable	Interna
Caso de uso adicional 3. Restricciones o limitaciones a la circulación	Interna/Pública
Caso de uso adicional 4. Ramp-metering	Interna/Pública
Caso de uso adicional 5. Trasvase de movilidad transporte público-vehículo privado	Interna
Caso de uso adicional 6. Predicción de incidencias viales	Interna

- Las soluciones basadas en cloud incluirán la definición y configuración de la infraestructura como código (IaC). La empresa adjudicataria deberá aplicar los estándares de IaC definidos por CTTI y que aplican tanto a infraestructura de computación, servicios gestionados de cloud así como de red y aportar la configuración de todos ellos junto con el código de la aplicación (<https://canigo.ctti.gencat.cat/plataformes/ghec/>).
- La empresa adjudicataria está obligada a depositar el código fuente y el resto de los artefactos de los productos generados en el SIC+, etiquetados con el correspondiente código de versión o tag asociado.
- La empresa adjudicataria gestionará el proceso de despliegue automatizado en todos los entornos de trabajo, utilizando obligatoriamente la plataforma SIC+ como repositorio de código y parametrización, construcción y despliegue automatizado en todos los entornos.
- La empresa adjudicataria deberá realizar la gestión de usuarios, accesos y roles en los productos construidos durante el proyecto.

- La empresa adjudicataria tendrá que asumir las operaciones necesarias para persistir los datos y realizar los procesos de copia de seguridad, adaptados a los requerimientos funcionales y de confidencialidad utilizando los mecanismos que ponen al alcance los diferentes hiperescalares.
- La periodicidad de las copias de seguridad mínima es la siguiente:
 - o Copia completa: semanal
 - o Copia incremental: diaria
- La empresa adjudicataria tendrá que realizar y garantizar la salud de los productos generados monitorizando las diferentes piezas que lo componen, así como la monitorización funcional que responda a los casos de uso de negocio.
- La empresa adjudicataria es responsable del dimensionado y de prever las necesidades de crecimiento de la solución en términos de rendimiento, potencia, memoria y almacenaje.
- La empresa adjudicataria tendrá que aplicar las medidas de seguridad identificadas para cada elemento cloud según el nivel de seguridad de los datos gestionados por cada caso de uso.

La gestión del servicio de la operativa de los diferentes casos de uso vendrá determinada por el modelo de relación establecido en la gestión del propio proyecto y la oficina de gestión del proyecto. Adicionalmente se requerirá que la empresa adjudicataria proporcione una matriz de contactos por las diferentes líneas de actividad del proyecto (gestión, construcción, operación, etc.).

En el momento que uno de los casos de uso se ponga al alcance de los usuarios, será necesario prestar un servicio de atención a usuarios y gestión de incidencias de acuerdo con el nivel de servicio establecido para cada caso de uso y que se ha especificado en los requerimientos de cada caso, de acuerdo con la tabla siguiente:

Tabla 6: Servicio de atención a usuarios y gestión de incidencias en cada caso de uso obligatorio

Caso de uso obligatorio	Nivel de soporte a usuarios y atención a incidencias	Disponibilidad
Caso de uso 1: Grafo y representación gráfica del gemelo digital	Laboral Extendido	Otros
Caso de uso 2: Predicción del volumen de vehículos, la velocidad media y la tipología	Laboral Extendido	Otros
Caso de uso 3: Predicción de las emisiones de los vehículos	Laboral	8x5
Caso de uso 4: Predicción del estado y las necesidades de mejora de la infraestructura	Laboral	8x5

Caso de uso obligatorio	Nivel de soporte a usuarios y atención a incidencias	Disponibilidad
Caso de uso 5: Optimización de las rutas para la ejecución de los trabajos de conservación	Laboral	8x5
Caso de uso 6: Accidentalidad	Laboral	8x5
Caso de uso 7: Simulación de afectaciones al tráfico	Laboral Extendido	Otros
Caso de uso 8: Predicción de retenciones	Laboral Extendido	Otros
Caso de uso 9: Balanceo de tráfico	Laboral Extendido	Otros
Caso de uso 10: Optimización de los sistemas ITS existentes	Laboral	8x5
Caso de uso 11: Reserva de carriles preferentes	Laboral Extendido	Otros

Tabla 7: Servicio de atención a usuarios y gestión de incidencias en cada caso de uso adicional

Caso de uso adicional	Nivel de soporte a usuarios y atención a incidencias	Disponibilidad
Caso de uso adicional 1. Predicción del estado y la mejora de los firmes	Laboral	8x5
Caso de uso adicional 2. Optimización de los algoritmos de velocidad variable	Laboral	8x5
Caso de uso adicional 3. Restricciones o limitaciones a la circulación	Laboral	8x5
Caso de uso adicional 4. Ramp-metering	Laboral Extendido	Otros
Caso de uso adicional 5. Trasvase de movilidad transporte público-vehículo privado	Laboral	8x5
Caso de uso adicional 6. Predicción de incidencias viales	Laboral Extendido	Otros

Los servicios se prestarán según el [calendario laboral oficial publicado por la Generalitat de Catalunya](#), y tendrán la consideración de días laborables aquellos que lo sean en cualquiera de los centros de trabajo de la Generalitat que haga uso de los servicios TIC objeto de esta licitación. Tendrán la consideración **de horario normal** el comprendido entre las 8:00h y las 18:00h.

Tabla 8: Nivel de servicio y horarios

Nivel de servicio	Horario
Laboral	Días laborables de 8 a 18 horas
Laboral extendido	Días laborables de 8 a 22 horas
Continuo	Todos los días de 8 a 22 horas
Continuo extendido	24 horas x 7 días

Si durante la ejecución del contrato el CTTI o la empresa adjudicataria detectan la necesidad de modificar el horario de servicio de alguno de los servicios, el CTTI y la empresa adjudicataria tendrán que consensuar de forma conjunta la modificación.

6.4. Requisitos de calidad

La certificación de la calidad tiene como objetivo garantizar que la calidad del producto generado cumple con los requisitos establecidos. Esta evaluación ha de permitir a los implicados tomar decisiones para continuar, detener o cancelar una actividad, proceso, proyecto o servicio.

Previamente a la puesta en marcha de un servicio, o al cierre de una fase del proyecto, es importante asegurar que el servicio o la fase, cumple los requisitos y estándares establecidos (funcionales, de calidad, arquitectura, seguridad, etc.).

Las unidades promotoras y la oficina de gestión del proyecto validarán que se ha dado cobertura a los requisitos acordados, se han cumplido los controles y hará una certificación formal. Será responsable de:

- Comprobar que todas las partes han completado las fases y los requisitos establecidos.
- Analizar el riesgo de la puesta en marcha e incluir las recomendaciones necesarias.

Se puede encontrar Información de referencia en la web: <https://qualitat.soluciones.gencat.cat>

6.5. Requisitos de seguridad

En materia de seguridad de la información, es fundamental que la empresa adjudicataria alcance entre otros, los siguientes objetivos:

- Garantizar un adecuado nivel de seguridad de las aplicaciones y productos construidos. La empresa adjudicataria tendrá que contemplar la seguridad en los diferentes momentos del ciclo de vida de una aplicación. Estas actuaciones permitirán gestionar los riesgos de seguridad de cualquier aplicación en todo momento, y tomar las decisiones que se consideren oportunas.
- La correcta implantación de la seguridad de la información a lo largo de todo su ciclo de vida.

- Garantizar la correcta implantación del modelo de seguridad en el desarrollo de aplicaciones, marcado por la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya, involucrando a los equipos de seguridad desde el inicio de los proyectos de desarrollo, haciendo las pruebas que sean necesarias, garantizando en todo caso el despliegue de los servicios de ciberseguridad y siguiendo las pautas marcadas en general.
- El seguimiento de la política marcada por la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya para garantizar la correcta implantación del modelo de seguridad en la creación y mantenimiento de aplicaciones, involucrando a los equipos de seguridad desde el inicio del servicio, haciendo las pruebas que sean necesarias y siguiendo las pautas marcadas en general.
- Contemplar la clasificación de la información de las aplicaciones, realizada por el negocio, para aplicar correctamente el marco normativo y legal de la Generalitat en materia de seguridad.
- La implementación de las medidas necesarias para el cumplimiento de la legislación vigente en materia de seguridad en función de la clasificación de información de las aplicaciones.
- La implantación de los controles de seguridad que permitan mitigar los riesgos en los cuales está expuesta la aplicación y todos los activos de los cuales depende.
- Cumplir con todo el marco legal, en materia de ciberseguridad, que sea de aplicación (por ejemplo, Esquema Nacional de Seguridad, legislación de protección de datos, legislación reguladora de los sistemas de identidad y firma electrónica, si aplica, legislación aplicable a infraestructuras críticas o servicios esenciales, etc.).
- Cumplir con todos los requerimientos que sean de aplicación de acuerdo con el Marco Normativo de Seguridad de la Información de la Generalitat de Catalunya (Marco Normativo) y de todas las actualizaciones posteriores que se produzcan. Los estándares vigentes de Marco Normativo se podrán consultar en el portal de seguridad de la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya.
- Disponer de los recursos adecuados para llevar a cabo la ejecución de las tareas que le correspondan relacionadas con el cumplimiento normativo, dando respuesta a las peticiones relacionadas con las verificaciones del cumplimiento normativo o de otras peticiones relacionadas, en los plazos, a través de los canales y con los formatos marcados por la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya y el CTTI.
- Dar cumplimiento como encargado de tratamiento a aquello establecido en la legislación de protección de datos. En relación con la seguridad en el tratamiento de las mismas, la empresa adjudicataria implementará las medidas de seguridad establecidas en el Marco de Ciberseguridad para la Protección de Datos.
- Asumir la corrección de todas aquellas vulnerabilidades de seguridad para cumplir con los umbrales pedidos por la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya, a partir de los cuales la aplicación podrá promocionarse en producción.

- Asumir la corrección de todas aquellas vulnerabilidades de seguridad detectadas en los análisis de seguridad. La Agencia de Ciberseguridad de Catalunya podrá ejecutar en cualquier momento del ciclo de vida de la aplicación los análisis de seguridad que considere oportunos.
- Garantizar el despliegue efectivo de la estrategia de ciberseguridad determinada por la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya, velando por la implementación efectiva de los diferentes servicios, procesos y tecnologías que la componen.

Dada la naturaleza cambiante de las amenazas de seguridad, la propia evolución tecnológica y los cambios que se puedan producir, la empresa adjudicataria tendrá que adecuar los controles y las medidas de seguridad durante la ejecución del servicio si fuera necesario. De forma general, es fundamental que las medidas de seguridad a desplegar por la empresa adjudicataria permitan afrontar, como mínimo, amenazas del tipo:

- Robo de información, con el posterior impacto al negocio y legal (como la RGPD).
- Intrusión en los equipos, cambios de configuración/seguridad para coger el control.
- Robo de credenciales de los usuarios.
- Explotación de las vulnerabilidades de las aplicaciones desarrolladas o evolutivos.
- Interceptar el tráfico de red para la captura de información (DNS spoofing, HTTPS spoofing, entre otros).
- Incumplimiento legal. Por ejemplo, incumplimiento de la RGPD por acceso a datos personales de los usuarios.
- Provocar una denegación del servicio.
- Acceso por parte de administradores/desarrolladores no autorizados o para un uso ilegítimo. Uso no autorizado de recursos.
- Errores de los administradores/desarrolladores del servicio. Por ejemplo, configuraciones erróneas, medidas de seguridad mal aplicadas, entre otros.
- Accesos remotos no controlados. Los atacantes podrían aprovechar mecanismos de acceso remoto débiles (por ejemplo, VPN con contraseñas débiles).
- Ingeniería social para acceder a información confidencial del personal que presta el servicio.

Los estándares vigentes se podrán consultar en el portal de seguridad de la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya (<https://ciberseguretat.gencat.cat/ca/inici>).

Se describe acto seguido el detalle de los requerimientos y modelo de seguridad:

6.5.1. Requisitos y modelo de seguridad en actividades de desarrollo

Requisitos de seguridad

La empresa adjudicataria deberá cumplir con el marco normativo de seguridad vigente de la Generalitat de Catalunya. Sin embargo, en este apartado se remarcán aquellos aspectos de seguridad considerados de mayor relevancia dentro del alcance del servicio.

Clasificación de seguridad de la información

La empresa adjudicataria deberá tener en cuenta la clasificación de la información de las aplicaciones/proyectos a desarrollar en el contrato, realizada por el negocio, para aplicar correctamente el marco normativo y legal de la Generalitat de Catalunya en materia de seguridad.

Inventario

Informar y actualizar la información vinculada a las aplicaciones (sobre todo URLs, certificados digitales y nivel de clasificación de los datos de la aplicación) en el repositorio que determine CTTI y la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya.

Cumplimiento Normativo y Legal

La empresa adjudicataria deberá cumplir con todo el marco legal en materia de ciberseguridad que sea de aplicación. En relación con el cumplimiento del Esquema Nacional de Seguridad (ENS), sin perjuicio del cumplimiento requerido de todas las medidas que sean aplicables:

- Tendrán que cumplir también con la normativa y guías técnicas que lo desarrollan.
- La/s empresa/s licitadora/s deberán incluir en su oferta una declaración responsable obligándose a cumplir con el ENS en el momento de inicio de ejecución del contrato, para la categoría de seguridad del nivel BAJO o MEDIO, así como mantener la conformidad en vigor durante la vigencia del contrato. Esta Declaración o Certificación de Conformidad o certificaciones o acreditaciones de cumplimiento tienen que incluir en su alcance el compromiso de las medidas mínimas de seguridad establecidas por el ENS para el ámbito objeto de la contratación. En caso de que el CTTI lo solicitara durante la ejecución del contrato, la empresa adjudicataria tendrá que entregar la documentación acreditativa de la conformidad, como puede ser el distintivo de conformidad, la política de seguridad, el informe de auditoría o la declaración de autoevaluación (según corresponda) y la declaración de aplicabilidad relativa al proceso de conformidad. En el caso de que fuera una acreditación de cumplimiento diferente a la Declaración o Certificación de Conformidad, esta documentación tendrá que incluir un informe de valoración de riesgos elaborado por el responsable de seguridad de la empresa adjudicataria que determine los riesgos y el tratamiento de éstos.
- La empresa adjudicataria tendrá que comunicar el nombre y los datos de la persona designada como punto de contacto para la seguridad (POC), según establece el artículo 13.5 del ENS o, si procede, la justificación exigida por esta disposición para no designarlo y que tendrá que incluir una propuesta alternativa para suplir esta falta de

designación. Esta persona tendrá que canalizar y supervisar el cumplimiento de los requisitos de seguridad de la información y la gestión de los incidentes que se produzcan durante la ejecución del contrato. Tal como prevé el ENS, la persona designada como POC podrá ser la persona que ostente el rol de responsable de Seguridad de la empresa adjudicataria, alguien que forme parte de su área o bien que tenga comunicación directa con esta.

- El POC tendrá que notificar cualquier incidente de seguridad que pueda redundar, directa o indirectamente, en la seguridad de los sistemas de información, en los plazos y por las vías que determine el CTTI, la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya o los procedimientos establecidos. La empresa adjudicataria tendrá que aportar toda la información necesaria para su gestión y notificación a los organismos competentes por parte de la entidad responsable. En caso de que sea necesario, la empresa adjudicataria tendrá que colaborar con cualquiera de las tareas que sean requeridas por parte del CTTI o la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya para la identificación, contención, erradicación, recuperación y recopilación de las evidencias de los incidentes de seguridad.
- La empresa adjudicataria tendrá que formar, concienciar e informar a su personal sobre sus deberes, obligaciones y responsabilidades en materia de seguridad, recordando las posibles medidas disciplinarias aplicables y su deber de confidencialidad respecto de los datos en los cuales tengan acceso.
- La empresa adjudicataria tendrá que cumplir con todos los requerimientos que sean de aplicación de acuerdo con el Marco Normativo de la Generalitat de Catalunya y de todas las actualizaciones posteriores que se produzcan.
- La empresa adjudicataria tendrá que incorporarse al modelo de cumplimiento normativo de la Generalitat de Catalunya, que lleve a cabo la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya. En este modelo se integrarán las posibles auditorías que el CTTI o la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya determinen realizar, así como la posterior implementación de los planes de acción derivados de las mismas. La empresa adjudicataria tendrá que disponer de los recursos adecuados para duro término la ejecución de las tareas que le correspondan en el modelo de cumplimiento dando respuesta en los plazos marcados por la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya y el CTTI. La gestión del cumplimiento se realizará con la herramienta que determine la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya.
- La empresa adjudicataria tendrá que garantizar el acceso del personal autorizado del CTTI y la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya a la información de seguridad y cumplimiento (procedimientos, registro de incidentes, trazas, entre otros). Toda la información de seguridad tendrá que estar siempre disponible para este personal, autorizado y previamente identificado. El CTTI, la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya y la empresa adjudicataria establecerán conjuntamente los mecanismos para facilitar el acceso del personal autorizado a esta información, estableciendo los controles de seguridad mínimos.
- En relación con el tratamiento de datos de carácter personal, la empresa adjudicataria dará cumplimiento como encargado de tratamiento a aquello establecido en el Reglamento General de Protección de Datos. En relación con la seguridad en el

tratamiento de éstas, la empresa adjudicataria implementará las medidas de seguridad establecidas por la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya en el Marco de Ciberseguridad para la Protección de Datos. Esta implementación y nivel de cumplimiento serán incorporados al modelo de cumplimiento normativo de la Generalitat de Catalunya.

- En caso de ejecución de auditorías y seguimiento de los planes de acción derivados, estas tendrán que realizarse con la metodología y herramientas establecidas por la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya.

Gestión de excepciones de seguridad

La empresa adjudicataria tendrá que:

- Tramitar una excepción de seguridad para cada control definido en el Marco Normativo de Seguridad en el que no se dé cumplimiento, incluyendo un plan de mitigación y medidas compensatorias.
- Hacer un seguimiento continuo de las excepciones de seguridad en las cuales se ven afectados los servicios objeto del contrato.
- Elevar riesgos a los Comités de Seguimiento en relación con excepciones consideradas de riesgo alto, para asegurar su gestión y seguimiento.
- Garantizar que una vez las excepciones hayan expirado, se proceda a eliminar la medida de excepción. El CTTI y la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya tendrán que autorizar de forma expresa estas eliminaciones.

Sistemas de Identificación y Firma Electrónica

A la hora de desarrollar una nueva solución se tendrá que utilizar, siempre que sea posible, la plataforma GICAR para autenticar a los usuarios, considerando en el caso de las aplicaciones críticas el uso de captcha y el doble factor de autenticación.

Asimismo, se tendrá en consideración preferiblemente el catálogo de sistemas de identificación y firma electrónica de la Generalitat de Catalunya y la guía de uso que la desarrolla para proponer soluciones de identificación y firma a integrar en los trámites y procedimientos de la Administración de la Generalitat de Catalunya en su relación con la ciudadanía.

Gestión de Trazas

La empresa adjudicataria tendrá que cumplir con la norma de gestión de trazas vigente. Tendrán que asegurar que la aplicación almacena todas las trazas que le son de aplicación de acuerdo con su clasificación de información y al marco normativo y legal aplicable.

Las trazas tendrán que ser accesibles en modo lectura y se asegurará el marcaje de las trazas con requerimientos específicos de conservación según la legislación aplicable.

La empresa adjudicataria, teniendo en cuenta el nivel de clasificación de seguridad de la aplicación, tendrá que facilitar los mecanismos para que las trazas de la aplicación sean accesibles y estén integradas con el repositorio de trazas corporativo de la Generalitat de Catalunya.

Entre otros, estas trazas tienen que permitir:

- La identificación y accesos de los diferentes tipos de usuarios y las acciones realizadas con fecha y hora (intentos de conexiones con éxito y fallidos, tareas de administración dentro de la aplicación, trazas de la tramitación de expedientes administrativos (quién y cuándo han hecho qué), consulta de datos especialmente protegidos, entre otros).
- La detección/solución de incidencias.
- La detección de posibles incidentes de seguridad.

En el caso de aplicaciones Devops, la empresa adjudicataria tendrá que garantizar la configuración de los logs de seguridad de la infraestructura conforme la normativa aplicable.

Comunicaciones Seguras

La empresa adjudicataria tendrá que garantizar que las aplicaciones, ya sean publicadas en internet como en intranet, utilicen canales de comunicación seguros (HTTPS/TLS) a su interfaz de usuario y en la interconexión con otras aplicaciones, configurando protocolos y algoritmos criptográficos robustos de acuerdo con las indicaciones de la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya.

Firma del código de las aplicaciones:

Firma de applets para cualquier sistema de información. El código objeto de los applets tendrá que ir firmado con un certificado digital de la Generalitat de Catalunya con el fin de garantizar la integridad.

Gestión de usuarios administradores/desarrolladores:

La empresa adjudicataria tendrá que cumplir la Guía de Gestión de Cuentas de Administración de la Generalitat de Catalunya.

Entre otras medidas, la empresa adjudicataria tendrá que:

- Limitar al máximo los usuarios con elevados privilegios. Siempre se tendrá que hacer con cuentas nominales. En caso de necesitar un usuario privilegiado por parte de los desarrolladores, este hecho se tendrá que notificar a la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya por su autorización y evaluación del riesgo asociado.
- Recertificar a los usuarios privilegiados de forma semestral, y tendrá que establecer e implementar los planes de acción para corregir las carencias identificadas.

Seguridad en la prestación del servicio:

La empresa adjudicataria tendrá que garantizar que:

- Todos los equipos de los administradores/desarrolladores tendrán que cumplir con las medidas de seguridad que establezca la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya y el CTTI (EDR, antivirus, por ejemplo) para poder acceder a los equipos y red de la Generalitat de Catalunya. En ningún caso se hará uso de equipos que la Generalitat de Catalunya (CTTI y Agencia de Ciberseguridad de Catalunya) no haya autorizado.
- En caso de acceso remoto, todos los administradores/desarrolladores tendrán que acceder a través de la solución de VPN corporativa y disponer de un segundo factor de autenticación (MFA) para minimizar el riesgo de robo de credenciales. Igualmente, si las herramientas corporativas lo permiten, cualquier acceso de un administrador/desarrollador desde dentro de la red corporativa, también tendrá que disponer de un doble factor de autenticación.
- De forma general, aplicar las medidas de prevención y protección de la información de acuerdo con los estándares de la Generalitat de Catalunya.
- La empresa adjudicataria podrá ser auditada de forma periódica para valorar el grado de cumplimiento e identificar riesgos de seguridad.

6.5.2. Descripción del modelo de seguridad en el desarrollo de aplicaciones

Para garantizar un adecuado nivel de seguridad de las aplicaciones, la empresa adjudicataria tendrá que contemplar la seguridad en los diferentes momentos del ciclo de vida de una aplicación. Estas actuaciones permitirán gestionar los riesgos de seguridad de cualquier aplicación en todo momento, y tomar las decisiones que se consideren oportunas.

Durante las diferentes fases del proyecto, la empresa adjudicataria tendrá que realizar las siguientes actividades:

En la fase de recogida de requisitos funcionales:

Tener en cuenta los requisitos de seguridad, funcionales y no funcionales, a fin de que la solución dé respuesta a estos requerimientos. Si no los conoce, los tendrá que pedir al responsable del proyecto o, en su defecto, a la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya.

En la fase de desarrollo de la aplicación:

- Rellenar y entregar a la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya el Documento de Arquitectura (DA) incluyendo la siguiente información:
 - Tipo de información tratada.
 - Solución propuesta para dar respuesta a los requerimientos, funcionales y no funcionales, definidos previamente.
- Desarrollar e implantar todas aquellas medidas de seguridad definidas en el DA.

- Dar toda la documentación o información relativa a la solución que la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya pueda requerir.
- Aplicar las mejores prácticas de seguridad en el desarrollo produciendo aplicaciones seguras desde el diseño.
- Realizar las pruebas de seguridad necesarias con el fin de validar que las aplicaciones desarrolladas son seguras en todos sus componentes y tendrá que entregar a la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya los resultados de las pruebas técnicas que lo demuestren.
- Para las aplicaciones web, realizar el análisis de seguridad dinámico (OWASP) en todas las interfaces publicadas, ya sean frontales web o APIs. Estas pruebas se tendrán que realizar en los entornos no productivos.
- Para todo el código utilizado, realizar análisis de código estático. También tendrá que asegurar la seguridad del código de las librerías utilizadas.
- Por aplicaciones basadas en contenedores, estos también tendrán que ser escaneados con herramientas específicas de vulnerabilidades de seguridad.
- Será un requisito para pasar la aplicación en producción que los resultados de las pruebas de seguridad estén dentro de los umbrales establecidos por la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya.
- La Agencia de Ciberseguridad de Catalunya podrá ejecutar cualquier tipo de análisis técnico de seguridad que considere oportuno en cualquier momento para comprobar si el nivel de seguridad de la aplicación cumple los requisitos de seguridad establecidos. En estos casos la empresa adjudicataria tendrá que proveer de un usuario de prueba para la completa ejecución de los análisis.

En la fase de servicio (producción):

- Dar todo el apoyo e información necesarios a la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya para poder ejecutar los análisis técnicos de seguridad que la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya considere adecuados.
- Realizar análisis de seguridad periódicamente para validar que el sistema no dispone de nuevas vulnerabilidades.
- La Agencia de Ciberseguridad de Catalunya podrá ejecutar cualquier tipo de análisis que considere oportuno en cualquier momento y podrá exigir la corrección de aquellas vulnerabilidades que se consideren necesarias en función de la criticidad de negocio del sistema de información.
- Corregir todas aquellas vulnerabilidades de seguridad para cumplir con los umbrales pedidos por la Agencia de Ciberseguridad de Catalunya.

- Asegurar la ciberseguridad en todo el ciclo de vida del desarrollo del software. Eso implica que las herramientas de desarrollo, como el control de versiones o la integración continua, estén alineadas con los controles de seguridad requeridos en todo momento.
- Aportar los datos que se requieran para la elaboración de indicadores de ciberseguridad, que permitan medir el rendimiento del proveedor, con respecto al cumplimiento de las políticas, directrices y controles de seguridad (por ejemplo, frecuencia de incidentes, tiempo de respuesta, vulnerabilidades detectadas, etc.).

6.5.3. Clasificación de seguridad de la información

La clasificación de la información de una aplicación en términos de seguridad (considerando la confidencialidad, integridad, disponibilidad, autenticidad y trazabilidad) se hace de acuerdo en la siguiente escala de niveles:

- **Muy crítica.** Se incluyen las aplicaciones con:
 - Información altamente confidencial, accesible para un número muy restringido de individuos, con requerimientos de integridad, autenticidad y trazabilidad muy altos, mediante el uso de productos certificados.
 - Sistemas clasificados como nivel alto según los requerimientos del Esquema Nacional de Seguridad.

Ejemplos: Aplicaciones relacionadas con la gestión de claves criptográficas, aplicaciones con información de los Cuerpos de Seguridad

- **Crítica.** Se incluyen las aplicaciones con:
 - Datos de carácter personal de nivel alto.
 - Información confidencial restringida a un círculo reducido de personas, con requerimientos de cifrado y trazabilidad de los accesos.
 - Su difusión o la falta de integridad podría comportar un perjuicio grave al Departamento/Organismo: incumplimiento legal no subsanable, perjuicio significativo a algún individuo, repercusiones políticas...
 - Sistemas clasificados como nivel medio según los requerimientos del Esquema Nacional de Seguridad.

Ejemplos: Aplicaciones con datos de violencia de género y maltratos, sistemas de gestión sindicales, datos de salud, accidentes de trabajo y siniestros, gestión y tramitación de expedientes judiciales, gestión de expedientes a los centros penitenciarios o de menores.

- **Sensible.** Se incluyen las aplicaciones con:
 - Datos de carácter personal de nivel medio.

- Información restringida a áreas o unidades, con requerimientos avanzados de control de acceso y garantías de integridad y autenticidad. Su difusión o la falta de integridad podría comportar un impacto para el Departamento/Organismo: incumplimiento legal subsanable, perjuicio menor a algún individuo, beneficios ilícitos de terceras partes, des prestigio limitado de la reputación...
 - Sistemas clasificados como nivel bajo según los requerimientos del Esquema Nacional de Seguridad.
- **Interna.** Se incluyen las aplicaciones con:
- Datos que tienen que permanecer dentro del Departamento/Organismo, quizás compartidos con terceros que le prestan servicios o con quien existen acuerdos de colaboración (proveedores, entes locales, asociaciones, otros organismos.) exclusivamente para el cumplimiento de las funciones que estos últimos tienen encomendadas.
 - Información de fiabilidad no crítica; carencias en su integridad puede suponer un perjuicio ligero o nulo, aun requiriendo la aplicación de unas garantías básicas de control de acceso.
- **Pública.** Se incluyen las aplicaciones con información pública, sin restricciones de difusión de su contenido.

6.6. Requisitos de procesos de comunicación

La empresa adjudicataria será responsable de identificar y especificar todas las necesidades de comunicación entre las diversas fuentes de datos origen y la plataforma Sandbox, y solicitar la configuración de comunicaciones entre los diferentes sistemas con el fin de establecer la conectividad y poder acceder a la información requerida.

La oficina de gestión del proyecto colaborará con la empresa adjudicataria para facilitar que los equipos responsables de la conectividad realicen las configuraciones necesarias.

6.7. Requisitos de accesibilidad de los sitios web

Los requisitos de usabilidad y accesibilidad de los casos de uso dirigidos a la ciudadanía son los siguientes:

- La lengua principal de los casos de uso será el catalán, si bien algún aspecto muy específico tendrá que considerar también la lengua castellana y el aranés.
- La interfaz de usuario dirigida al ciudadano tendrá que cumplir con los requisitos legales vigentes de accesibilidad que se describen más adelante.
- El diseño de la interfaz de usuario dirigida al ciudadano tiene que ser responsive garantizando la compatibilidad del sistema de información con diferentes dispositivos y plataformas.

En general se tendrá que cumplir con la normativa y requisitos indicados en el estándar de desarrollo de la interfaz web descrita en <https://qualitat.solucions.gencat.cat/estandards/estandard-desarrollo-web/> así como el resto de los ejes a contemplar en la interfaz de la aplicación:

Especialmente tendrá en cuenta todo el establecido en el RD 1112/2018, de 7 de septiembre, sobre accesibilidad de los sitios web y aplicaciones para dispositivos móviles del sector público y por lo tanto aplicará la norma "UNE-EN 301 549. Requisitos de accesibilidad para productos y servicios TIC". Esta norma, es la versión española de la EN 301 549 V3.2.1 (2021-03) Accessibility requirements for ICT products and services, declarada como estándar armonizado en la Decisión de Ejecución (UE) 2021/1339 de la Comisión, de 11 de agosto de 2021, y que es equivalente a cumplir todos los requisitos de nivel A y AA de las WCAG 2.1.

En línea con este Real Decreto 1112/2018, de 7 de septiembre, sobre accesibilidad de los sitios webs y aplicaciones para dispositivos móviles del sector público, hay que presentar un Informe de Revisión de la Accesibilidad (IRA). Para más información, consultar el siguiente enlace: (<https://atenciociutadana.gencat.cat/ca/serveis/webs/accessibilitat/avaluacio-de-laccessibilitat/informes-de-revisio-de-laccessibilitat-ira/>)

A continuación, se describe a modo de resumen de los contenidos de la web: <https://qualitat.solucions.gencat.cat/> donde se detallan estas actividades a realizar en el proyecto, así como su contexto de aplicación:

6.7.1. Cumplimiento de la accesibilidad

Aplica a los sitios web, aplicaciones web, intranets, extranets y aplicaciones web para dispositivos móviles con independencia de la plataforma.

El contenido, que tiene que ser accesible, con independencia de la plataforma tecnológica que se utilice para ponerlo a disposición del público, es el siguiente:

- La información textual y la no textual.
- Los documentos y formularios que se puedan descargar.
- Los contenidos multimedia pregrabados de base temporal.
- Las formas de interacción bidireccional.
- El tratamiento de formularios digitales.
- La ejecución de los procesos de identificación, autenticación, firma y pago.

Un contenido accesible ha de cumplir la Norma EN 301 549 V3.2.1 (2021-03)

Tanto en nuevos sistemas de información o aplicaciones, como en evolutivos con afectación en el frontal: en la fase de diseño, desarrollo y validación, deben tenerse en cuenta los criterios de accesibilidad desde el propio diseño, durante el desarrollo y pruebas, y hasta la entrega del producto para instalarlo en entornos para realizar las validaciones.

- En la fase de diseño: hay que entregar informe de la accesibilidad del prototipo. Este informe evalúa los criterios de accesibilidad que aplican al diseño.
- En la fase de desarrollo hay que entregar informe de la accesibilidad del front-end construido. Este informe incluye los criterios de accesibilidad que aplican en la maqueta.
- En la fase de implantación y pruebas en el entorno de preproducción hay que evaluar la accesibilidad:
 - con herramientas automáticas si el entorno permite acceso a herramientas como por ejemplo siteimprove y herramienta del Observatorio
 - con revisión manual

NOTA: En caso de que el entorno de preproducción no disponga de visibilidad a internet, y no se disponga de ninguna herramienta de validación automática interna, no se realizará la evaluación automática en esta fase.

Será necesario entregar un informe que acredite las páginas y herramientas utilizadas, criterios de accesibilidad que aplican a cada caso, así como el resultado de la evaluación.

- Después del despliegue en el entorno de producción: en caso de que se hayan hecho las validaciones manuales y automáticas en el entorno de preproducción y que este entorno sea equivalente al de producción se puede obviar hacer estas validaciones en producción. En cualquier otro caso habrá que hacer ambas y entregar el informe descrito anteriormente.

6.7.2. Adaptación multi-dispositivo

Aplica en interfaces y aplicaciones web dirigidas a la ciudadanía y a usuario interno

Procedimiento para seleccionar la matriz de pruebas multi-dispositivo

Es necesario hacer a una selección de combinaciones representativa de versiones de navegadores, sistemas operativos, dispositivos y resoluciones de pantalla más utilizados en los últimos 6 meses y que cubran al 85-95% de los usuarios.

- Productos digitales dirigidos a la ciudadanía:
 - Para una web/aplicación ya existente, los datos de uso y umbrales se pueden extraer de analítica (Piwik Pro o servicio de analítica que tenga implementado).
 - Para una web/aplicación de nueva creación o que no tenemos datos de uso, coger los datos de Statcounter GlobalStats de los últimos 6 meses en España.
- Productos digitales dirigidos a usuario interno:
 - Para una web/aplicación ya existente, los datos de uso y umbrales se pueden extraer de analítica (Piwik Pro o servicio de analítica que tenga implementado).

- Hay que garantizar también la portabilidad con los navegadores y versiones que continúan vigentes según el Estándar para la hoja de ruta del software.
- Si no se dispone de datos de analítica, coger datos de otras aplicaciones utilizadas por un grupo de usuarios similares.

Será necesario entregar un informe que indique la matriz de dispositivos utilizados (indicar versión de SO, navegador y resoluciones) y confirmar que se visualiza correctamente complementando a modo ilustrativo algunas capturas de pantalla representativas.

6.8. Uso de la Plataforma Transversal de Datos (PTD)

La Generalitat de Catalunya está impulsando la Plataforma Transversal de Datos (PTD), que es una propuesta técnica, enmarcada en la estrategia de transformación digital de la administración pública y promovida por la Generalitat de Catalunya, juntamente con el Centro de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CTTI). La plataforma tiene como objetivo integrar, gestionar y explotar datos de diferentes departamentos de manera eficiente y segura, permitiendo a la Generalitat de Catalunya convertirse en una organización basada en datos, maximizando las ventajas y beneficios que los datos pueden ofrecer para la sociedad.

La PTD permite el almacenaje y la ejecución de procesos de datos, garantizando su seguridad, privacidad, integridad y accesibilidad con el fin de convertir los datos en un activo de valor para la Generalitat de Catalunya.

Para una información detallada, consultad los siguientes enlaces:

- La Generalitat ha implantado una plataforma transversal de datos para avanzar hacia una Administración pública proactiva e inteligente (<https://govern.cat/salapremsa/notes-premsa/699682/la-generalitat-implantara-una-plataforma-transversal-de-dades-per-avancar-cap-a-una-administracio-publica-proactiva-i-intelligent>)
- Canigó – Plataformas y frameworks – Plataforma Transversal de Datos (<https://canigo.ctti.gencat.cat/plataformes/ptd/>)

Con el fin de conseguir el objeto de este contrato, la empresa adjudicataria podrá utilizar la PTD y hacer uso de sus funcionalidades e infraestructuras. En caso de que se implemente algún módulo o caso de uso en la PTD se deberán tener en cuenta los costes asociados a la infraestructura y el uso de los recursos correspondientes.

Además, se requerirá aplicar los criterios de seguridad, calidad, almacenaje y procesamiento de datos marcados por la PTD en la web del Canigó y para el proveedor que lo esté gestionando.

7. Propiedad intelectual

La propiedad intelectual de la solución tecnológica es de la empresa adjudicataria. La Generalitat de Catalunya, sin embargo, tiene derecho a utilizar y modificar la solución desarrollada una vez haya finalizado el contrato.

Los derechos de propiedad intelectual sobre la solución tecnológica que surjan en el desarrollo de la prestación de los servicios de este contrato pertenecerán a la empresa adjudicataria de forma única y exclusiva.

La empresa adjudicataria proporcionará una licencia de uso a la Generalitat de Catalunya, de duración indefinida e ilimitada sobre la solución tecnológica. La licencia de uso incluye la posible adaptación, modificación o adición de cualquier elemento propio de la Generalitat de Catalunya en la solución tecnológica, siempre que sea para uso propio. La empresa adjudicataria no responderá de tales adiciones, modificaciones, adaptaciones o enmiendas en ningún caso. La licencia de uso de los prototipos a favor de la Generalitat de Catalunya es de forma no exclusiva y gratuita.

La empresa adjudicataria se compromete y acuerda mantener indemne a la Generalitat de Catalunya de cualquier reclamación realizada por terceros como consecuencia de la infracción de estos derechos motivada por la prestación de los servicios regulados en este contrato.

Los derechos de propiedad intelectual e industrial ya existentes a la fecha del contrato como propiedad de la empresa o disfrutados por esta bajo licencia seguirán siendo propiedad de la/s empresa/s parte o del tercer concedente de la licencia, si es el caso. En todo caso, sin embargo, la empresa adjudicataria tendrá que garantizar que la Generalitat pueda utilizar la solución tecnológica desarrollada durante un periodo de 2 años a partir del despliegue de la solución.

En ningún caso se debe de interpretar el contenido del contrato como una cesión u otorgamiento de cualquier tipo de derecho de uso sobre los derechos de propiedad intelectual e industrial previos de ninguna de las partes.

La Generalitat de Catalunya no podrá comercializar a terceros ajenos la solución tecnológica o cualquier modificación, adición o alteración que haga.

8. Plazo máximo de ejecución

El plazo de ejecución es de 36 meses desde la fecha de la formalización del contrato.

9. Uso del catalán y condiciones lingüísticas de ejecución

La empresa adjudicataria ha de utilizar normalmente el catalán en las relaciones con la Administración de la Generalitat de Catalunya y a tal efecto tiene que entregar todos los comunicados y facturas en catalán resultantes de la prestación del objeto del contrato.

En relación con la elaboración de los entregables previstos en las diferentes fases y tareas, a fin y efectos de asegurar un correcto uso de la normativa lingüística del catalán y la calidad de los documentos entregados, la empresa adjudicataria quedará obligada a:

- Seguir la normativa lingüística del Instituto de Estudios Catalanes y aplicar los criterios lingüísticos difundidos por la Dirección General de Política Lingüística de la Generalitat de Catalunya en materia de política lingüística a la colección "[Criterios lingüísticos](#)".

- Conocer adecuadamente la terminología específica y los usos lingüísticos de la materia a tratar en relación con el objeto del contrato.
- Estar al corriente y seguir las normas relativas al [Programa de identificación visual \(PIV\)](#) de la Generalitat de Catalunya que se produzcan durante la vigencia del contrato.

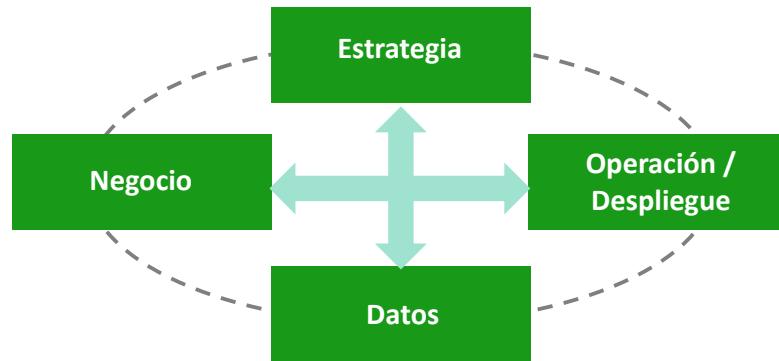
Por lo tanto, antes de facturar, la empresa adjudicataria tendrá que revisar la calidad lingüística de los entregables previstos. No se admitirán facturas si no se cumple con esta obligación.

10. Modelo de relación y gobernanza del gemelo digital

Vistas las características de innovación y de transversalidad dentro de la Generalitat de Catalunya y del gemelo digital, la empresa adjudicataria tendrá que desarrollar en su memoria técnica un modelo de gestión y de organización de la gobernanza del proyecto que establezca el marco de relación entre la empresa adjudicataria y las unidades impulsoras del contrato, facilite la interlocución y colaboración entre todos los actores del ecosistema del gemelo digital y que garantice el cumplimiento de los requisitos establecidos en cuatro ejes:

- estrategia,
- negocio,
- datos y
- despliegue del gemelo digital.

Imagen 7. Ejes de gobernanza del gemelo digital



Fuente: Elaboración propia

Con el fin de garantizar la consecución de los resultados esperados en el proyecto y su evolución futura en el entorno tecnológico de la Generalitat de Catalunya, las unidades promotoras del reto liderarán el proyecto con el apoyo y colaboración del Departamento de Economía y Finanzas y del CTTI, que también impulsan el proyecto.

Así el modelo de gobernanza tiene que:

- Asegurar el cumplimiento de los objetivos y requisitos en los cuatro ejes de gobernanza.

- Establecer el marco de relación entre la empresa adjudicataria y las unidades promotoras.
- Facilitar la interlocución y colaboración con todos los actores del ecosistema del gemelo digital.

El modelo de gobernanza del contrato se estructura a 3 niveles (operativo, táctico y estratégico) para garantizar el seguimiento y correcta ejecución del contrato.

10.1. Requisitos mínimos del modelo de gobernanza

Para implementar un modelo de gobernanza que establezca un marco adecuado de relación entre la empresa adjudicataria y las unidades promotoras del reto, y que garantice la consecución de los objetivos y requisitos del gemelo digital, será necesario que el modelo contemple el seguimiento y supervisión continuo de la ejecución del contrato, garantizando la calidad y cumplimiento de objetivos y calendario previstos, un análisis periódico de los riesgos e implementación de medidas correctoras.

Estas actividades serán llevadas a cabo en diferentes niveles, a través de diferentes órganos de gobernanza, que se detallan en el apartado siguiente.

El modelo de gobernanza del gemelo digital se centra en:

- La gestión eficiente y eficaz del proyecto y de los recursos necesarios para alcanzar los resultados esperados y cumplir con los objetivos establecidos en el alcance de la licitación.
- El cumplimiento de objetivos y requisitos del gemelo digital.
- La calidad, eficiencia, innovación continua y generación de conocimiento.

La empresa adjudicataria estará obligada a cumplir el modelo de gobernanza descrito en este pliego con el fin de asegurar la correcta ejecución del contrato.

10.2. Órganos de gobernanza

Los órganos de gobernanza del contrato tienen que cubrir tres niveles:

Imagen 8. Modelo de gobernanza del contrato



Fuente: Elaboración propia

10.2.1. Nivel estratégico: el Comité de dirección

El Comité de dirección estará formado por diferentes personas en representación de Departamento de Economía y Finanzas, las unidades promotoras del reto y del CTTI.

Será el órgano de toma de decisiones estratégicas del contrato: en el seno del Comité de dirección se marcarán las **directrices estratégicas** y se realizará el seguimiento de su progresión haciendo énfasis en la consecución de los objetivos estratégicos y de eficiencia planteados.

Estará presidido por la persona designada por el Departamento de Economía y Finanzas. Este comité ratificará la actividad realizada, aprobará los pagos a la/s empresa/s adjudicataria/s, así como otros aspectos que afectan al órgano de contratación.

La empresa adjudicataria designará una persona con el rol de gestor de proyecto que organizará las reuniones del Comité de dirección y preparará toda la documentación necesaria para la toma de decisiones. Cuando sea necesario, esta persona participará como secretario en las reuniones de este Comité elaborando el acta, pero sin voto en la toma de decisiones.

El Comité de dirección se reunirá periódicamente para hacer el seguimiento estratégico y aprobar la consecución de los hitos del proyecto. También aprobará los cambios que se producen durante su ejecución, a petición del Comité ejecutivo.

10.2.2. Nivel táctico: el Comité ejecutivo

Será el órgano de **toma de decisiones tácticas** durante la ejecución del contrato.

Se reunirá con una periodicidad mensual o bimensual y a petición del Comité operativo de seguimiento del contrato.

Estará constituido por los representantes designados por cada una de las unidades impulsoras del reto (DGIM, SCT, CTTI y ECF) y por la persona que ejerza el rol de responsable de la ejecución del contrato por parte de la empresa adjudicataria.

Los representantes designados por las unidades promotoras del reto, DGIM y SCT, presidirán colegiadamente este Comité y tendrán el voto de calidad en la toma de decisiones.

En el seno de este Comité se tomarán las decisiones tácticas que afecten a la ejecución del contrato, se hará un seguimiento periódico de la evolución de los objetivos del proyecto y su previsión futura y se elaborarán las propuestas de carácter estratégico, que se tendrán que elevar al Comité de dirección del contrato para su ratificación: entre otros, este Comité validará los cambios a nivel de negocio, la incorporación de nuevas fuentes de datos, la consecución de los hitos y el pago correspondientes.

La persona que ejerza el rol responsable de la ejecución del contrato por parte de la empresa adjudicataria designará a una persona con el rol de gestor de proyecto, que organizará las reuniones del Comité ejecutivo, preparará toda la documentación necesaria para la toma de decisiones y participará como secretario en las reuniones elaborando el acta, pero sin voto en la toma de decisiones.

10.2.3. Nivel operativo: el Comité operativo y grupos de Trabajo

El nivel operativo tiene que facilitar la coordinación, gestión y seguimiento de la ejecución del contrato en todos sus aspectos. A este nivel, las decisiones se toman de forma colegiada y su voluntad se forma a través del voto de sus miembros.

El carácter paritario de estos órganos implica que las decisiones son aceptadas y vinculantes, por todas las partes que la integran. Por lo tanto, las eventuales responsabilidades serán depuradas también de manera compartida entre sus miembros.

A nivel operativo hay dos tipos de órganos de gobernanza:

- **los grupos de trabajo**, en el que participarán las personas relevantes para la definición y validación del gemelo digital tanto en los ejes de negocio, datos y tecnología;
- **el Comité operativo del contrato**, se reunirá periódicamente para hacer el seguimiento de la ejecución y la coordinación global del contrato, garantizando el alineamiento con los objetivos y el cumplimiento de los requisitos del contrato.

Los grupos de trabajo. Serán los órganos operativos de gestión y seguimiento continuo de la ejecución del cada uno de los ámbitos de ejecución del contrato.

Al inicio de la ejecución del contrato se establecerán los grupos de trabajo del proyecto, así como sus componentes y la frecuencia y tipología de reuniones que tendrán que estar alineadas con el plan de trabajo aprobado. Entre otros, el grupo de trabajo llevará a cabo las siguientes actividades:

- La definición, planificación, desarrollo y validación de las tareas asignadas.
- La identificación de los usuarios de las unidades promotoras que tienen que participar en el grupo de trabajo.
- La aprobación, el seguimiento y el control del personal asignado.
- Elaboración de propuestas y convocatoria de reuniones para la toma de decisiones a nivel táctico o estratégico.
- Elaboración de actas de las reuniones y de los informes de seguimiento y evaluación de la actividad.

El Comité operativo. Será el órgano operativo de coordinación y validación de la ejecución del contrato. Las decisiones del Comité operativo se toman de forma colegiada y su voluntad se formará a través del voto de sus miembros. Estará constituido, por las personas designadas por cada una de las unidades de la Generalitat de Catalunya (DGIM, SCT, ECF, CTTI) y por la persona que ejerza el rol de responsable de la ejecución del contrato por parte de la empresa adjudicataria.

Estará presidido de manera colegiada por las dos personas que ejercen como responsables del contrato, que tendrán el voto de valor en caso de empate.

La secretaría del Comité operativo será ejercida por la persona que en representación de la empresa adjudicataria ejerce como jefe/a de proyecto de los trabajos.

El Comité operativo, elevará al Comité ejecutivo aquellas decisiones de carácter táctico y estratégico que impliquen cambios sustanciales en el plan de trabajo aprobado del proyecto.

En este Comité se validarán operativamente los resultados y entregables del proyecto y toda la información requerida por el órgano de contratación para el seguimiento y justificación del proyecto.

En este nivel, la empresa adjudicataria designará un equipo de coordinación del proyecto encabezados por la persona que ejerce el rol de cabeza de proyecto y que cubrirá todos los ámbitos del proyecto:

- Coordinación y seguimiento de los trabajos de los diferentes equipos de trabajo.
- Calidad y riesgos
- Arquitectura
- Administración del proyecto
- Validación de los resultados

Al inicio de la ejecución del contrato se establecerá la frecuencia y tipología de reuniones que, como mínimo, tendrán que contemplar reuniones semanales o quincenales de seguimiento y revisión de actividad y calidad, reuniones trimestrales de consecución de hitos y propuestas de pago a elevar al Comité ejecutivo.

En este Comité se tomarán las decisiones operativas que tendrán que incluir como mínimo:

- Selección de proveedores que garanticen la cobertura de todos los ámbitos de desarrollo del gemelo digital incluidos en el contrato.
- El seguimiento de la actividad y de la correcta ejecución de todos los elementos del contrato. En particular, los objetivos de calidad y los cánones tecnológicos del CTTI.
- Validación de resultados.
- Los procedimientos y protocolos que seguir.
- El seguimiento, asignación y control del personal necesario para la correcta ejecución de las tareas relacionadas con el contrato.
- Seguimiento económico de la ejecución del contrato.
- Gestión de riesgos y cambios operativos.
- Elaboración de propuestas y convocatoria de reuniones para la toma de decisiones a nivel táctico o estratégico.
- Elaboración de actas de las reuniones y de los informes de seguimiento y evaluación de la actividad.

10.3. Resumen

La tabla siguiente resume los diferentes niveles del modelo de gobernanza del gemelo digital:

Tabla 9: Modelo de gobernanza del gemelo digital

Nivel	Órgano	Participantes	Funciones principales	Frecuencia de reuniones
Estratégico	Comité de dirección	<ul style="list-style-type: none"> - Representantes de ECF, DGIM, SCT, CTTI (preside ECF) - La empresa adjudicataria asumirá las actividades de secretaría de este Comité (organización, documentación, elaboración de actas, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Toma de decisiones estratégicas - Aprobación de hitos y pagos - Seguimiento de objetivos estratégicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Periódica (ex. trimestral) - A petición del Comité ejecutivo
Táctico	Comité ejecutivo	<ul style="list-style-type: none"> - Representantes de DGIM y SCT (presiden) - Representantes ECF, CTTI, DGIM, SCT 	<ul style="list-style-type: none"> - Toma de decisiones tácticas - Seguimiento técnico y operativo 	Mensual o bimensual

Nivel	Órgano	Participantes	Funciones principales	Frecuencia de reuniones
		- Responsable del contrato de la empresa adjudicataria	- Elevación de propuestas estratégicas	
Operativo	Comité operativo	- Responsables del contrato (presiden) - Coordinador del proyecto de la empresa adjudicataria	- Coordinación de la ejecución - Validación de entregables - Seguimiento de la calidad, riesgos y calendarios	Semanal / quincenal
Operativo	Grupos de trabajo	- Equipos técnicos por ámbitos específicos de las unidades promotoras (negocio, datos, tecnología) - Equipos técnicos por ámbitos de la empresa adjudicataria	- Ejecución de tareas concretas - Validación y seguimiento de resultados - Elaboración de actos e informes	Según el plan de trabajo (normalmente semanal o según fase)

11. Equipo mínimo de trabajo

El equipo de mínimo de trabajo tiene que estar formado por personas con los perfiles específicos que se detallan a continuación.

Estas personas tendrán que acreditar, mediante *currículum vitae* y documentación relativa a las titulaciones académicas, la formación y la experiencia profesional requeridas.

Las titulaciones académicas de las personas que formen parte de los equipos mínimos de trabajo se tienen que acreditar según:

- la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (ISCED 2011), disponible en: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/international-standard-classification-of-education-isced-2011-en.pdf>, y
- el Diagrama del sistema educativo, según el OECD, disponible en: https://gpseducation.oecd.org/Content/MapOfEducationSystem/ESP/ESP_2011_LL.pdf

La formación y experiencia específica de cada una de las personas que formen parte del equipo mínimo de trabajo se detallan en la tabla 10.

Estas personas deben tener experiencia profesional mínima de 3 años específica en los ámbitos que se detallan en la tabla, para cada uno de los perfiles, y que la empresa tendrá que demostrar mediante la declaración del cliente o la certificación del proyecto.

La acreditación de esta experiencia profesional mínima tiene que ser clara e inequívoca, y tiene que permitir identificar claramente la persona que da cumplimiento al perfil del equipo mínimo y el conocimiento y la experiencia profesional requeridas.

Tabla 10: Perfiles del equipo mínimo de trabajo

Perfil	Tareas principales	Experiencia profesional mínima de 3 años	Titulación mínima requerida
1. Jefe/a de proyecto	Planifica, ejecuta y realiza seguimiento del proyecto.	Dirección y gestión de proyectos de innovación, gestionando equipos, recursos, riesgos, y presupuesto, comunicación con <i>stakeholders</i>	Terciaria nivel CINE/ISCED = 7 (equivalente a Máster, ingeniería superior o licenciatura).
2. Arquitecto/a de sistemas de información y datos	Diseña la estructura global de los sistemas de información, sus componentes y sus datos. Define cómo se capturan, almacenan y gestionan los datos.	Diseño de arquitecturas de sistemas de información	Terciaria nivel CINE/ISCED = 7 (equivalente a Máster, ingeniería superior o licenciatura).
3. Científico/a de datos	Desarrolla modelos analíticos y de aprendizaje automático para extraer conocimiento de los datos.	Análisis cuantitativo, procesamiento del lenguaje natural y modelos de aprendizaje automático y algoritmos	Terciaria nivel CINE/ISCED = 7 (equivalente a Máster, ingeniería superior o licenciatura).
4. Ingeniero/a de datos	Diseña, construye y mantiene las infraestructuras de datos. Asegura que los datos sean accesibles, limpios y eficientes para su uso analítico.	Infraestructuras de datos abiertos	Terciaria nivel CINE/ISCED = 7 (equivalente a Máster, ingeniería superior o licenciatura).
5. Ingeniero/a de ML y MLOps	Automatiza y optimiza el despliegue, monitorización y mantenimiento de modelos en entornos productivos. Se asegura de la integración continua y el ciclo de vida del modelo.	Procesos de automatización, despliegue y monitorización de modelos basados en <i>machine learning</i>	Terciaria nivel CINE/ISCED = 7 (equivalente a Máster, ingeniería superior o licenciatura).
6. Ingeniero/a de IA Generativa	Diseña, desarrolla y despliega sistemas de IA Generativa. Evalúa, optimiza y monitoriza los modelos generativos en producción.	Proyectos basados en IA generativa	Terciaria nivel CINE/ISCED = 7 (equivalente a Máster, ingeniería superior o licenciatura).
7. Analista de datos	Analiza e interpreta datos para generar informes y visualizaciones. Da apoyo a la toma de decisiones basada en datos.	Proyectos de generación, análisis, visualización de datos	Terciaria nivel CINE/ISCED = 6 (equivalente a grado universitario).
8. Desarrollador/a del Front-end	Crea la interfaz de usuario (UI) que permite visualizar resultados de modelos o interactuar con los datos.	Diseño y desarrollo de interfaces interactivas centradas en la exploración y visualización de datos con tecnologías como HTML,	Terciaria nivel CINE/ISCED = 6 (equivalente a grado universitario).

Perfil	Tareas principales	Experiencia profesional mínima de 3 años	Titulación mínima requerida
		CSS, JavaScript y frameworks como React o Vue. En el contexto de proyectos de datos también pueden utilizar tecnologías con Python y R.	
9. Ingeniero/a de tráfico	Define y desarrolla las funcionalidades finalistas relativas al tráfico, la movilidad y sus externalidades asociadas tanto a los módulos como a los casos de uso	Proyectos de innovación con datos de movilidad y tráfico	Terciaria nivel CINE/ISCED = 7 (equivalente a Máster, ingeniería superior o licenciatura).
10. Ingeniero/a vial	Define y desarrolla las funcionalidades finalistas relativas a la gestión y conservación de las infraestructuras viarias.	Proyectos de innovación en el ámbito de las infraestructuras viarias.	Terciaria nivel CINE/ISCED = 7 (equivalente a Máster, ingeniería superior o licenciatura). Ingeniería superior de caminos, canales y puertos, especialista en gestión y conservación de las infraestructuras viarias.

El equipo mínimo de trabajo puede estar formado por menos de 10 personas, siempre y cuando se reúnan todos los perfiles y conocimientos pedidos.

Las unidades promotoras:

Jefe/a del Área de Innovación Transformativa
Departamento de Economía y Finanzas

Subdirector/a general de Descarbonización y Carreteras Inteligentes
Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica

Director/a del Servicio Catalán de Tráfico
Servicio Catalán de Tráfico

Director/a de la división de Transformación digital, Consultoría y Proyectos
Centro de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información

Anexos

Anexo 1: Ámbito inicial del gemelo digital

Anexo 2: Conjunto de datos iniciales

Anexo 3: Casos de uso de la simulación/predicción de situaciones y de la IA de aprendizaje de situaciones históricas

Anexo 4: Tareas y entregables del gemelo digital

Anexo 5: Relación usuarios y clientes iniciales del gemelo digital

Anexo 6: Acrónimos

Anexo 1: Ámbito inicial del gemelo digital

El ámbito inicial del gemelo digital comprende las carreteras de la tabla siguiente, que suman un total de 325,924 km de longitud.

Carretera	PK inicio	PK final	Longitud del tramo (km)
A-2	596	610,69	14,7
B-10	0	20,19	20,2
B-20	0	26,86	25,81
B-22	0	6,8	4,6
B-23	0	15,49	15,49
C-16	1,88	13,375	11,495
C-17	0	15	14,999
C-31	135,255	218,03	66,087
C-31LD	135,5	215,528	7,603
C-31LE	135,58	215,6	4,425
C-31C	0	2,998	2
C-32	1,31	134,865	108,545
C-32B	0	1,03	1
C-32LD	46,53	49,395	2,865
C-32LE	46,52	49,45	2,93
C-33	76,725	90,9	14,175
C-58	0	9	9
TOTAL			325,924

Las carreteras incluidas en el ámbito inicial son competencia de diferentes administraciones públicas y tienen diferente régimen de gestión, tal como se detalla a continuación:

Órgano competente	Longitud del tramo (km)
Estado español	56,6
Generalitat de Catalunya	245,124
Ayuntamiento	24,2
TOTAL	325,924

Régimen de gestión	Longitud del tramo (km)
Directa	264,848
Indirecta	61,076
TOTAL	325,924

Órgano competente y régimen de gestión	Longitud del tramo (km)
Estado	56,6
Directa	56,6
Generalitat	245,124
Directa	184,048
Indirecta	61,076
Ayuntamiento	24,2
Directa	24,2
TOTAL	325,924

DETALLE DE LOS TRAMOS DE CADA VÍA INCLUIDA EN EL ÁMBITO INICIAL DEL GEMELO DIGITAL

Nombre de la carretera	Código tramo.	Origen del tramo			Final del tramo			Longitud del tramo		Régimen de gestión ⁵	Clasificación				Órgano competente		
		PK	Metros	Descripción	PK	Metros	Descripción	Real	Aparente		Técnica ⁶		Funcional ⁷				
											Real	Establecida	Real	Establecida			
A-2	b	596	0000	Castellbisbal - enlace puente AP7	610	0690	B-10/B-20/C-32 Cornellà de Llobregat (Nudo de Llobregat)	14,7	14,7	DIR	AU	AU	BP	BT	Estado		
B-10	a	12	0290	Barcelona (enlace 21 Puerto)	20	0190	A-2/B-20/C-32 Cornellà de Llobregat (Nudo del Llobregat)	7,9	7,9	DIR	AU	AU	BP	BP	Estado		
B-10	b	0	0000	B-10/C-33/C-58, Barcelona (nudo Trinitat)	12	0290	Barcelona (enlace 21 Puerto)	12,3	12,3	DIR	AU	AU	BP	BP	Ayuntamiento		
B-20	a	0	0000	C-32, Sant Boi de Llobregat (continuidad)	3	0500	B-10/A-2/C-32 Cornellà de Llobregat (nudo del Llobregat)	3,5	3,5	DIR	A	AU	BP	BP	Estado		
B-20	c	4	0500	B-23, Esplugues de Llobregat (Ronda de Dalt, límite término municipal)	16	0450	B-10/C-32/C-33/C-58, Barcelona (nudo Trinitat, estructura sobre ferrocarril)	11,9	11,9	DIR	AU	AU	BP	BP	Ayuntamiento		
B-20	b	16	0450	B-10/C-32/C-33/C-58, Barcelona (nudo Trinitat, estructura sobre ferrocarril)	26	0860	C-31/C-32/N-II, Montgat (enlace)	10,4	10,4	DIR	A	AU	BP	BP	Estado		
B-22	a	0	0000	B-20, el Prat de Llobregat (enlace)	2	0300	C-31 / C-32B, el Prat de Llobregat (enlace)	2,3	2,3	DIR	AU	AU	BP	BP	Estado		
B-22	b	4	0500	C-31, Viladecans (enlace)	6	0800	Viladecans (límite AENA, T1)	2,3	2,3	DIR	AU	AU	BP	BP	Estado		

⁵ DIR: directamente por la propia administración competente, AUC: autopistas de Catalunya S.A., TBC: Túneles Barcelona Cadi S.A

⁶ A o AP: autopista, AU: autovía o vía preferente de doble calzada, CT: calzada lateral, DES: desconocido.

⁷ BP: red básica primaria, BS: red básica restante, BT: red básica transeuropea, C: red comarcal, L: local.

DETALLE DE LOS TRAMOS DE CADA VÍA INCLUIDA EN EL ÁMBITO INICIAL DEL GEMELO DIGITAL

Nombre de la carretera	Código tramo.	Origen del tramo			Final del tramo			Longitud del tramo		Régimen de gestión ⁵	Clasificación				Órgano competente		
		PK	Metros	Descripción	PK	Metros	Descripción	Real	Aparente		Técnica ⁶		Funcional ⁷				
											Real	Establecida	Real	Establecida			
B-23	a	0	0000	Barcelona (Parque de Cervantes)	11	0150	N-340 / C-1413a, Molins de Rei (enlace)	11,2	11,2	DIR	A	AU	BP	BT	Estado		
B-23	b	11	0150	N-340 / C-1413a, Molins de Rei (enlace)	15	0490	AP-7, El Papiol (enlace)	4,3	4,3	DIR	A	A	BT	BT	Estado		
C-16	a	1	0880	Barcelona (Vía Augusta)	13	0375	AP-7 / B-30, Sant Cugat del Vallès (enlace, final TABASA inicio AUTEMA)	11,5	11,5	TBC	AP	A	BP	BP	Generalitat		
C-17	a	0	0000	C-33 / C-58, Barcelona (enlace)	4	0450	Montcada i Reixac (soterramiento)	4,4	4,5	DIR	CD	AU	BP	BP	Generalitat		
C-17	b	4	0450	Montcada i Reixac (soterramiento)	15	0000	C-33, Parets del Vallès (enlace)	10,6	10,6	DIR	AU	AU	BP	BP	Generalitat		
C-31	a	136	-0745	N-340, el Vendrell (la Franquesa, enlace)	140	0450	Calafell (inicio tramo urbano)	5,195	5,195	DIR	CU	CU	BP	BS	Generalitat		
C-31	b	140	0450	Calafell (inicio tramo urbano)	146	0127	Límite comarcal el Baix Penedès - El Garraf	5,677	5,677	DIR	CU	DES	BP	BP	Generalitat		
C-31	c	146	0127	Límite comarcal el Baix Penedès - el Garraf (estructura incluida)	157	0876	C-32, Sant Pere de Ribes (enlace)	11,749	11,749	DIR	CU	DES	BP	BP	Generalitat		
C-31	d	163	-0200	C-32, Sitges Nord (enlace)	163	0130	Sitges (estribo norte estructura)	0,33	0,33	AUC	CU	C	BP	BP	Generalitat		
C-31	e	163	0130	Sitges (estribo norte estructura)	177	0822	C-32, Sitges (Les Botigues, enlace)	14,692	14,692	DIR	CU	CU	BS	BP	Generalitat		
C-31	f	180	-0495	C-32, Castelldefels (enlace)	181	0360	Castelldefels (enlace el Pinar)	1,936	1,855	DIR	AU	AU	BP	BP	Generalitat		
C-31	g	181	0360	Castelldefels (enlace el Pinar)	185	0860	Viladecans (Aeropuerto, enlace	4,5	4,5	DIR	AU	AU	BP	BP	Generalitat		

DETALLE DE LOS TRAMOS DE CADA VÍA INCLUIDA EN EL ÁMBITO INICIAL DEL GEMELO DIGITAL

Nombre de la carretera	Código tramo.	Origen del tramo			Final del tramo			Longitud del tramo		Régimen de gestión ⁵	Clasificación				Órgano competente		
		PK	Metros	Descripción	PK	Metros	Descripción	Real	Aparente		Técnica ⁶		Funcional ⁷				
											Real	Establecida	Real	Establecida			
							Filipinas, inicio cambio trazado)										
C-31	h	186	0860	Viladecans (Aeropuerto, enlace Filipinas, inicio cambio trazado)	190	0600	B-204, el Prat de Llobregat (enlace)	3,7	3,7	DIR	AU	AU	BP	BP	Generalitat		
C-31	i	190	0600	B-204, el Prat de Llobregat (enlace)	197	0308	L'Hospitalet de Llobregat (Inicio soterramiento)	6,7	6,7	DIR	AU	AU	BP	BP	Generalitat		
C-31	k	208	0570	Límite municipal Barcelona - Sant Adrià Besòs	215	0779	Montgat (estructura)	7,2	7,2	DIR	A	A	BP	BP	Generalitat		
C-31	l	215	0779	Montgat (estructura)	218	0030	C-32 / B-20, Montgat (enlace)	2,3	2,3	DIR	A	A	BP	BP	Generalitat		
C-31	j	197	0308	L'Hospitalet de Llobregat (Inicio soterramiento)	199	0415	Límite municipal l'Hospitalet de Llobregat - Barcelona	2,1	2,1	DIR	AU	AU	BP	BP	Generalitat		
C-31C	a	0	0000	B-201, Sant Boi de Llobregat (rotonda no incluida)	2	0998	C-31, el Prat de Llobregat (enlace)	2,0	2,9	DIR	CD	AU	BP	BP	Generalitat		
C-32	a	2	-0690	AP-7 / N-340, el Vendrell (enlace)	12	0380	Límite comarcal el Baix Penedès - el Garraf	10,587	11,07	AUC	AP	AP	BP	BP	Generalitat		
C-32	b	12	0380	Límite comarcal el Baix Penedès - el Garraf	51	0013	Viladecans (enlace, lado este del acceso)	38,664	38,633	AUC	AP	A	BP	BP	Generalitat		
C-32	c	51	0013	Viladecans (enlace, lado este del acceso)	55	0643	B-20, Sant Boi de Llobregat (continuidad)	4,6	4,6	DIR	A	A	BP	BP	Generalitat		

DETALLE DE LOS TRAMOS DE CADA VÍA INCLUIDA EN EL ÁMBITO INICIAL DEL GEMELO DIGITAL

Nombre de la carretera	Código tramo.	Origen del tramo			Final del tramo			Longitud del tramo		Régimen de gestión ⁵	Clasificación				Órgano competente		
		PK	Metros	Descripción	PK	Metros	Descripción	Real	Aparente		Técnica ⁶		Funcional ⁷				
											Real	Establecida	Real	Establecida			
C-32	d	60	-0946	B-10 / B-20, Cornellà de Llobregat (enlace)	63	0130	B-23, Esplugues de Llobregat (Ronda de Dalt, límite término municipal)	4,1	4,1	DIR	AU	A	BP	BP	Generalitat		
C-32	e	85	-0710	C-31 / B-20, Montgat (enlace)	134	0865	GI-600, Tordera (rotonda no incluida)	50,6	50,6	DIR	A	A	BP	BP	Generalitat		
C-32B	a	0	0000	EI Prat de Llobregat (límite aeroportuario)	1	0030	B-22 / C-31, el Prat de Llobregat (enlace)	1,0	1,0	DIR	AU	AU	BS	BT	Generalitat		
C-33	a	77	-0275	C-58CC, Barcelona	90	0900	AP-7, Montmeló (enlace)	14,2	14,2	DIR	A	A	BT	BT	Generalitat		
C-58	a	0	0000	C-33, Barcelona (la Trinitat)	9	0000	AP-7, Badia del Vallès/Ripollet	9,0	9,0	DIR	A	A	BT	BT	Generalitat		
C-31LD	a	136	-0500	C-31, El Vendrell (intersección)	136	0590	C-31, El Vendrell (intersección)	1,090	1,090	DIR	CT	CT	L	L	Generalitat		
C-31LD	b	195	0325	C-31 / B-10, l'Hospitalet de Llobregat (Enlace)	197	0310	C-31, l'Hospitalet de Llobregat (intersección)	1,970	1,985	DIR	CT	CT	BS	L	Generalitat		
C-31LD	c	211	0000	C-31, Badalona (intersección, Avda de Alfonso XIII)	215	0528	BV-5008, Badalona (intersección)	4,543	4,528	DIR	CT	CT	BS	L	Generalitat		
C-31LE	a	136	-0420	C-31, El Vendrell (intersección)	136	0760	C-31, El Vendrell (intersección)	1,180	1,180	DIR	CT	CT	L	L	Generalitat		
C-31LE	b	210	0920	C-31, Badalona (intersección, Avda de Joan Valera)	212	0288	C-31, Badalona (intersección, Rambla de Sant Joan)	1,370	1,368	DIR	CT	CT	BS	L	Generalitat		
C-31LE	c	213	0725	C-31 / B-500, Badalona (intersección)	215	0600	BV-5008, Montgat (rotonda no incluida)	1,875	1,875	DIR	CT	CT	BS	L	Generalitat		

DETALLE DE LOS TRAMOS DE CADA VÍA INCLUIDA EN EL ÁMBITO INICIAL DEL GEMELO DIGITAL

Nombre de la carretera	Código tramo.	Origen del tramo			Final del tramo			Longitud del tramo		Régimen de gestión ⁵	Clasificación				Órgano competente		
		PK	Metros	Descripción	PK	Metros	Descripción	Real	Aparente		Técnica ⁶		Funcional ⁷				
											Real	Establecida	Real	Establecida			
C-32LD	a	46	0530	C-32, Castelldefels (inicio lateral)	49	0395	C-32, Gavà (final lateral)	2,865	2,865	DIR	CT	CT	BS	L	Generalitat		
C-32LE	a	46	0520	C-32, Castelldefels (inicio lateral)	49	0450	C-32, Gavà (final lateral)	2,930	2,930	DIR	CT	CT	BS	L	Generalitat		

Anexo 2: Conjuntos de datos iniciales

Este anexo describe el conjunto de datos iniciales de los proveedores internos (las unidades promotoras de este contrato y de otras unidades de la Generalitat de Catalunya) y de proveedores externos.

1. Datos de la infraestructura vial (proveedores internos)

1.1. Grafo de carreteras

Catálogo de las infraestructuras de transporte con el grafo de la red viaria de carreteras asociadas al ámbito de estudio y toda la información relacionada a nivel territorial.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** grafo actualizado publicado en datos abiertos.
- **Cobertura:** la red viaria de carreteras del ámbito de estudio y su entorno inmediato tiene una longitud entorno 245 kilómetros.
- **Variables:** coordenadas UTM y geográficas, código de vía, denominación, punto kilométrico inicio/fin, titular de la vía, información territorial asociada del hipermapa.
- **Volumen de datos:** 6 MB.
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** Shapefile.
- **Enlace en el hipermapa:**

https://siq.gencat.cat/visors/hipermapa.html?background=icqc_mapa_estandard&bq_trasp=1&BBOX=-52203,4421137,832130,4815632&layers=XT_GRAF_CATALEG_CARRETERES,XT_GRAF_CATALEG_FITES&styles=0,0&transparency=1,1

1.2. Inventario digital de la red viaria

Inventario digital que incluye imágenes 360 grados georreferenciadas, nube de puntos georeferenciado, datos geométricos de la carretera y elementos funcionales de la carretera georeferenciados.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de la última campaña de inventario digital disponible tanto a nivel de nube de puntos georeferenciados, de imágenes 360, como la correspondiente extracción de los elementos funcionales de la carretera y los shapes asociados a esta extracción.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya.
- **Variables:** coordenadas UTM, código de carretera, punto kilométrico inicio/fin si corresponde, código elemento funcional, margen elementos funcionales, fecha de toma de datos, fotos elementos y tramos.

- **Volumen de datos:** 4 TB.
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** las, jpg, mdb, dbf, prj, dhp, shx
- **Más información:** [Anuncio de licitación del contrato para la realización del inventario digital general de los elementos funcionales de las carreteras de la red de la Generalitat de Catalunya](#), donde se puede consultar el pliego de prescripciones técnicas y el detalle de los datos de los que se dispondrá.

1.3. Inventario instalaciones eléctricas y acometidas de red viaria

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de la última actualización del inventario de instalaciones eléctricas y acometidas.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya.
- **Variables:** código de carretera, punto kilométrico, código del elemento funcional de instalación o acometida.
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** xls
- **Más información:** La red de carreteras de la Generalitat de Catalunya cuenta con más de 3.000 instalaciones eléctricas y 400 acometidas eléctricas, el inventario de estas instalaciones se puede consultar [aquí](#).

1.4. Estado de la infraestructura

Datos de los sistemas de gestión de activos de los titulares de las infraestructuras viarias (firmes, estructuras, activos geotécnicos...). A continuación, se detallan algunos de estos sistemas de gestión.

Sistema de gestión de firmes (Generalitat de Catalunya)

Este sistema de gestión dispone de los datos de auscultación sobre el firme de la red viaria que permiten conocer su estado.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de datos de auscultación del sistema de gestión de firmes, tanto a nivel de estado actual como histórico.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya.
- **Variables:** código de carretera, punto kilométrico, carril, valores de los diferentes parámetros del estado en cada elemento/tramo de firme de la red viaria, fecha toma de datos.
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** CSV

- **Más información:** La DGIM dispone del software de Gestión sistematizada de firmes (GSF) para poder conocer y gestionar el estado de la red de carreteras. La DGIM realiza campañas de auscultaciones periódicas para conocer el estado del firme de sus carreteras, y los datos de los ensayos de auscultación se suben a este software según los formatos y estructura específicos que se encuentran descritos en el documento de "[Guía de los formatos de los ficheros de auscultaciones de firmes de la red de la Generalitat de Catalunya](#)".

Sistema de gestión de puentes y estructuras (Generalitat de Catalunya)

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de datos del sistema de gestión de puentes y estructuras y de los pórticos y banderolas, tanto a nivel del inventario como del estado actual y el estado histórico.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya (incluidas las estructuras de otros titulares que cruzan esta red).
- **Variables:** código de la estructura, código carretera, punto kilométrico, coordenadas UTM, datos básicos del inventario, calificación del estado actual de las estructuras, tipología y fecha de la última inspección.
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** CSV, kml
- **Más información:** La DGIM hace inspecciones periódicas en las estructuras de su red de carreteras, los datos de estas inspecciones que determinan el estado de estas estructuras están integrados en el sistema de gestión de puentes y estructuras. El catálogo o inventario de estos puentes y estructuras se puede consultar en la web del Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica en este enlace:
https://territori.gencat.cat/ca/03_infraestructures_i_mobilitat/carreteres/xarxa-carreteres-gencat/caracteritzacio-xarxa/punts-estructures/.

Sistema de gestión de activos geotécnicos (Generalitat de Catalunya)

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de datos del sistema de gestión de activos geotécnicos, tanto a nivel de estado actual como histórico.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya
- **Variables:** código carretera, punto kilométrico, carril, margen, coordenadas UTM, valores diferentes parámetros del estado de los activos geotécnicos de la red viaria, fecha toma de datos
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** CSV, Oracle, geojson

1.5. Sistema de gestión de flotas de la DGIM

La base de datos incluirá:

- **Período:** extracción de datos del sistema de gestión de flotas de la DGIM, tanto a nivel de estado actual como histórica.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya
- **Variables:** código carretera, punto kilométrico, carril, margen, coordenadas UTM del dato, consumo instantáneo de combustible, velocidad, tipología vehículo, ámbito de trabajo, frenazos, temperatura, datos de operación de conservación (retirada de nieve, llegada a incidencia, afectación de tráfico, señalización provisional, etc.), fecha toma de datos
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** CSV, Oracle

1.6. Operaciones, actuaciones y trabajos de conservación

La DGIM gestiona la conservación de la red viaria de la Generalitat de Catalunya mediante equipos propios o a través de más de 50 contratos de servicios. Se dispone de los datos de las operaciones, actuaciones y trabajos de conservación mediante los comunicados de trabajo de cada uno de los equipos que actúan sobre la carretera o con las incidencias de conservación extraordinarias.

La base de datos incluirá:

- **Período:** extracción de los datos de las operaciones, actuaciones y trabajos de conservación, actuales e históricos.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya.
- **Variables:** código carretera, punto kilométrico, carril, margen, coordenadas UTM, valores diferentes parámetros de las operaciones, actuaciones y trabajos, fecha toma de datos
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** xls, pdf

1.7. Datos de las cámaras integradas en los vehículos de conservación y explotación de la DGIM

La DGIM dispone de una flota de vehículos de conservación y explotación que llevan integradas unas cámaras. La grabación de estas cámaras puede servir para la actualización del inventario de elementos funcionales de la carretera o para determinar el estado de la infraestructura o de sus elementos funcionales. La cámara embarcada está situada en la parte alta del vidrio frontal del vehículo, y se obtienen imágenes frontales, antivibración y con índice de resistencia IK-10, con iluminación infrarroja de un mínimo 30 metros además de disponer de la capacidad de grabación con una iluminación mínima. El sistema obtiene las grabaciones en una memoria física en el vehículo, que se envía de manera inmediata al sistema central, donde se almacena una grabación completa y sin cortes.

La base de datos incluirá:

- **Período:** extracción de los datos de las grabaciones, actuales e históricos.

- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya.
- **Variables:** código carretera, punto kilométrico, coordenadas UTM, imágenes frontales.
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** csv, vídeo

1.8. Datos de estado de funcionamiento de los elementos ITS y de la sensórica instalada en la red viaria

Actualmente la red viaria tiene instalados elementos ITS y de sensórica que aportan datos útiles para la gestión de tráfico y de la infraestructura. La DGIM dispone de sensórica en la red viaria como estaciones meteorológicas, detectores de humedad, anemómetros, detectores de humos, detectores de velocidad, detectores de ciclistas, tractores, animales u otros, detectores de mercancías peligrosas, sensores de contaminación y calidad del aire (capaces medir partículas en suspensión, gases y compuestos volátiles), etc. También hay instalados equipos de comunicaciones CV2X (RSU) que son compatibles tanto con los protocolos CV2X como el ITS G5 que están especificado en el programa C-Roads de la Unión Europea por el despliegue de sistemas cooperativos Vehículo Infraestructura.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de los datos de elementos ITS y de sensórica, actuales e históricos.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya
- **Variables:** código carretera, punto kilométrico, carril, margen, coordenadas UTM, valores de los diferentes parámetros de cada tipología de elemento ITS y de sensórica, etc.
- **Proveedor:** DGIM y SCT.
- **Formato:** csv, API y otros

1.9. Autorizaciones

La DGIM como responsable de la explotación de la red viaria de la Generalitat de Catalunya se encarga de autorizar actuaciones en zonas de protección de las carreteras de su titularidad, pueden ser autorizaciones de obras a terceros, de transportes especiales, de cortes de carril por acontecimientos como carreras (<https://territori.gencat.cat/ca/tramits/tramits-temes/Autoritzacions-i-informes-previs-per-a-actuacions-en-zona-de-proteccio-de-carreteres?category=75cc56fa-a82c-11e3-a972-000c29052e2c>).

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de los datos de las resoluciones de autorización, actuales e históricos.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya
- **Variables:** código carretera, punto kilométrico, tipología de autorización, fecha inicio y final.
- **Proveedor:** DGIM.

- **Formato:** pdf

1.10. Expedientes de reclamaciones patrimoniales

La DGIM como responsable de la explotación de la red viaria de la Generalitat de Catalunya recibe las reclamaciones patrimoniales por diferente tipología como accidentes en carreteras, mal estado de la carretera, etc. y emite el informe de respuesta correspondiente.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de los datos de los informes de reclamaciones patrimoniales, actuales e históricas.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya
- **Variables:** código carretera, punto kilométrico, tipología de la reclamación, fecha del hecho, fecha del informe.
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** pdf

1.11. Datos de las zonas de protección y la línea de edificación

Datos de la representación de las zonas de protección (zona de dominio público, zona de servidumbre, zona de afectación) que son franjas de terreno a cada lado de la carretera y de la línea de edificación. La definición de estas franjas se puede consultar en la web del Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica en este enlace:

<https://web.gencat.cat/ca/tramits/tramits-temes/Autoritzacions-i-informes-previs-per-a-actuacions-en-zona-de-proteccio-de-carreteres?category=75cc56fa-a82c-11e3-a972-000c29052e2c#altresInformacions>.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de la última actualización de los datos de las zonas de protección y de la línea de edificación.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya
- **Variables:** código carretera, punto kilométrico inicial, punto kilométrico final, tipología de zona de protección o línea edificación.
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** shp

1.12. Proyectos de obras ejecutadas

Proyectos de obra ejecutada en BIM de las carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de los datos de todos los proyectos de obra ejecutada en BIM históricos.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya
- **Variables:** nube de puntos y archivo IFC
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** las, IFC, shp

1.13. Relación de actuaciones en redacción de proyecto y obras en ejecución

Relación de las actuaciones en redacción de proyecto y las obras en ejecución de las carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de los datos de todas las actuaciones en redacción de proyecto y las obras en ejecución actuales.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya
- **Variables:** código carretera, punto kilométrico inicial y final, tipo (actuación en redacción proyecto u obra), adjudicatario de la obra.
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** kml, IFC, shp

2. Datos de movilidad (proveedores internos y externos)

2.1. Movilidad

Datos de las estaciones de aforo del SCT, la DGIM y el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (MTMS) que proporcionan información de intensidad de vehículos en las carreteras.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de datos por detector y sección desde el año 2001 hasta la actualidad, con agregación por fracciones de 1 minuto, 15 minutos y 1 hora, así como las instantáneas en tiempo real.

Tiempo almacenaje de los datos	Fracción
2 semanas	1 minuto (detector)
2008 - actualidad	15 minutos (detector)
2004 - actualidad	1 hora (detector)
2004 - actualidad	15 minutos (sección)
2001 - actualidad	1 hora (sección)

- **Cobertura:** el número de estaciones de toma de datos del ámbito de estudio y su entorno inmediato tiene un alcance entorno 400 estaciones del SCT, 40 estaciones de la DGIM y 15 estaciones del MTMS.
- **Variables:** código detector, código sección, vía, punto kilométrico, sentido, número de carriles, velocidad, fecha (día y fracción horaria), intensidad, composición, año, hora, minuto, tipo de día, operación especial, etc.
- **Volumen de datos:** 700 MB.
- **Proveedor:** SCT, DGIM y MTMS.
- **Formato:** Oracle.

2.2. Radares

Datos de la red de radares del SCT que proporcionan información de intensidad de vehículos en las carreteras y velocidad de circulación de los vehículos.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de datos de radares desde el año 2013 hasta la actualidad con agregación por fracciones de 1 minuto, 5 minutos, 15 minutos y 1 hora, así como las instantáneas en tiempo real.
- **Cobertura:** el número de radares del ámbito de estudio y su entorno inmediato tiene un alcance entorno 40 radares del SCT.
- **Variables:** código radar, código sección, vía, punto kilométrico, sentido, número de carriles, velocidad placa, fecha (día y fracción horaria), intensidad, velocidad, composición, año, hora, minuto, tipo de día, operación especial, etc.
- **Volumen de datos:** 300 MB.
- **Proveedor:** SCT.
- **Formato:** Oracle.

2.3. Sanciones

Datos de los expedientes sancionadores donde cada registro es un expediente iniciado (no necesariamente finalizado), dado que el expedientado puede recurrir, alegar o el expediente puede prescribir en algunos casos.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de datos de sanciones desde el año 2000.
- **Cobertura:** el número de registros en el ámbito de estudio y su entorno inmediato dependerá de las sanciones que se hayan expedientado.
- **Variables:** vía, punto kilométrico, año, mes, día, hora, descriptivos del vehículo y referentes a la normativa aplicada en el expediente sancionador (obviando referencias personales).
- **Volumen de datos:** 1.500 MB.

- **Proveedor:** SCT.
- **Formato:** Oracle.

2.4. PMV

Datos sobre el estado y contenido de los paneles de mensajes variables informativos.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de la información mostrada en los paneles de mensajería variable del CIT (Centro de Información de Tráfico) durante el último año, así como los mensajes en tiempo real.
- **Cobertura:** el número de paneles de mensajería variable del ámbito de estudio y su entorno inmediato tiene un alcance de los PMV gestionados por el SCT y de los PMV gestionados por la DGIM.
- **Variables:** identificador de equipo, vía, punto kilométrico, sentido, estado de los paneles, etc.
- **Proveedor:** SCT y DGIM.
- **Formato:** consultas por https.

2.5. Cámaras de vídeo

Filmaciones *ad hoc* de las cámaras de tráfico instaladas en la infraestructura viaria.

- **Periodo:** visualización en tiempo real.
- **Cobertura:** el número de cámaras en el ámbito de estudio y su entorno inmediato tiene un alcance entorno 160 cámaras gestionadas por el SCT y un alcance entorno 90 cámaras gestionadas por la DGIM.
- **Proveedor:** SCT y DGIM.

2.6. Velocidad

Datos sobre los protocolos de velocidad variable, las restricciones temporales o permanentes de velocidad y datos de proveedores externos.

Sistema de gestión de la velocidad variable

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de datos de velocidad variable del CIT (Centro de Información de Tráfico) durante el último año, así como en tiempo real.
- **Cobertura:** B-23/AP-7, C-31 sur, C-32 sur, B-20 pata norte.

- **Variables:** identificador de equipo, vía, punto kilométrico, sentido, estado de las señales, etc.
- **Proveedor:** SCT.
- **Formato:** consultas por https.

Tom Tom

Datos de velocidad de los vehículos proporcionados por Tom Tom que dan información de la velocidad de circulación de los vehículos en las carreteras.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de datos de velocidad desde el año 2016 hasta la actualidad con agregación por fracciones de 5 minutos y 1 hora.
- **Cobertura:** el número de secciones de la red viaria del ámbito de estudio y su entorno inmediato.
- **Variables:** código sección, vía, punto kilométrico, sentido, número de carriles, velocidad, fecha (día y fracción horaria), intensidad, composición, año, hora, minuto, tipo de día, operación especial, etc.
- **Volumen de datos:** 100 GB.
- **Proveedor:** SCT mediante datos de Tom Tom.
- **Formato:** Oracle.

2.7. Cámaras con detector de matrícula

La red viaria tiene instaladas cámaras con detector de matrículas incorporadas.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** visualización imágenes en tiempo real.
- **Cobertura:** el número de cámaras en el ámbito de estudio y su entorno inmediato tiene un alcance actual de diferentes cámaras gestionadas por la DGIM y SCT, que se irán ampliando.
- **Variables:** imágenes, código carretera, punto kilométrico, sentido, coordenadas UTM
- **Proveedor:** DGIM y SCT.
- **Formato:** csv, vídeo

2.8. Accidentes

Datos de los siniestros de tráfico producidos en la red vial interurbana (con víctimas, sin víctimas, con daños y sin daños).

La base de datos incluirá:

- **Período:** extracción de siniestros viales desde el año 2000 hasta el día anterior al actual.
- **Cobertura:** el número de registros en el ámbito de estudio y su entorno inmediato dependerá de los siniestros que se hayan producido.
- **Variables:** código accidente, vía, punto kilométrico, fecha, hora, año, mes, día, vía, calle, intersección, número de carriles, accidentes, muertes según tipología, heridos graves, heridos leves, víctimas, vehículos implicados, municipio, tipología, etc.
- **Volumen de datos:** 3,5 GB.
- **Proveedor:** SCT.
- **Formato:** Oracle.

2.9. Retenciones

Datos de las retenciones de tráfico producidas por varios factores (superación de la capacidad vial, siniestros, averías, incidencias, etc.) que proporcionan información sobre las congestiones viales.

La base de datos incluirá:

- **Período:** extracción de datos de retenciones del CIT (Centro de Información de Tráfico) desde el año 2000 hasta la actualidad.
- **Cobertura:** el número de registros en el ámbito de estudio y su entorno inmediato dependerá de las afectaciones que se hayan producido.
- **Variables:** código afectación, nivel, origen, versión, fecha inicio/final, fecha alta/baja, hora, año, mes, día, vía, punto kilométrico inicio/final, sentido, tipo de afectación, causa, descripción, tiempo y longitud de la afectación, factor de retención.
- **Volumen de datos:** 22 MB.
- **Proveedor:** SCT mediante el CIT.
- **Formato:** Oracle.

2.10. Incidencias gestión de infraestructura

Datos de las incidencias de operación de la infraestructura.

La base de datos incluirá:

- **Período:** extracción de datos de los diferentes sistemas de gestión de incidencias viarias de los diferentes operadores de infraestructura. Información on line e histórica de los equipos de emergencia y vialidad de conservación de carreteras.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya
- **Variables:** código carretera, punto kilométrico, carril, margen, coordenadas UTM, tipo de incidencia, tiempo de resolución, medios utilizados, croquis incidencia.
- **Proveedor:** DGIM.

- **Formato:** CSV, pdf, jpg

2.11. Flotas

Datos de los gestores de flotas de los titulares de las infraestructuras viarias.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de datos de los diferentes sistemas de gestión de flotas de los diferentes operadores de infraestructura. Información on line e histórica de los equipos de emergencia, vialidad, conservación, inspección y explotación de carreteras.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya.
- **Variables:** código carretera, punto kilométrico, carril, margen, coordenadas UTM, tipo operación, medios utilizados, datos embarcados, telemetría de operación
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** CSV, shape, jpg

2.12. Vehículos conectados con la infraestructura

Datos de los sensores de los vehículos incorporados a las centralitas de los vehículos conectados (datos específicos de la red CAN del vehículo).

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de datos online e histórica.
- **Cobertura:** red de carreteras titularidad de la Generalitat de Catalunya.
- **Variables:** código carretera, punto kilométrico, carril, margen, coordenadas UTM, variables de los sensores de los vehículos como velocidad, frenazos, temperatura, consumo, ESP (control de estabilidad) activado, dirección del volante, etc.
- **Proveedor:** DGIM.
- **Formato:** csv

2.13. Modelo de simulación viaria de Catalunya (SIMCAT)

Datos de modelo de macrosimulación de la demanda del transporte desarrollado por la DGIM.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de datos de la última versión del modelo.
- **Cobertura:** red de carreteras de Catalunya.
- **Variables:** velocidad de flujo libre, carriles, capacidad, demanda asignada en hora punta, velocidad hora punta, congestión, coste, demanda origen-destino.
- **Proveedor:** DGIM.

- **Formato:** Modelo en formato .ver (PTV Visum), extracción de la información de los arcos en shp y matrices en csv/xlsx
- **Más información:**
https://territori.gencat.cat/ca/03_infraestructures_i_mobilitat/sait/index.html

3. Otros datos (proveedores internos)

3.1. Transporte público

Datos de transporte público que proporcionan información sobre la oferta (estandarizado en GTFS *scheduled*), incidencias y tiempo de paso de los vehículos (ambos estandarizados en GTFS-RT).

La integración de los datos tendrá que ceñirse a las siguientes especificaciones:

- **Periodo:** actualización diaria de los datos para el estático y cada minuto para el Real Time.
- **Cobertura:** operadores de transporte público por carretera y ferroviario que proporcionan servicio público dentro del ámbito de estudio.
- **Variables:** operador, calendario, tipo de día, líneas, paradas, expediciones, tiempo de parada, shapes, etc.
- **Volumen de datos:** 6 MB.
- **Proveedor:** Centro de Gestión de la Información de la Movilidad vía OpenData o endPoint SAE.
- **Formato:** GTFS y JSON/.pb.

Con respecto a los datos de demanda se acordaría con la ATM de Barcelona con qué cadencia, detalle, formato y canal de envío se pueden suministrar.

3.2. Ambientales

Datos de las estaciones de medición de la Red de Vigilancia y Previsión de la Contaminación Atmosférica que proporcionan información de los contaminantes.

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** extracción de datos horarios de concentración de los diferentes contaminantes desde el año 1991 hasta el día anterior al actual, previsión del pronóstico para los próximos días e histórico de los episodios ambientales.
- **Cobertura:** el número de estaciones de toma de datos del ámbito de estudio y su entorno inmediato
- **Variables:** coordenadas del punto de medición, nombre y tipo de estación, contaminante, magnitud, unidades, fecha.
- **Proveedor:** Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica

- **Formato:** https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Medi-Ambient/Qualitat-de-l-aire-als-punts-de-mesurament-autom-t/tasf-thqu/about_data

3.3. Movimiento del terreno

Datos de movimiento del terreno del ICGC en base al comparador de imágenes Sentinel-2 que permite ver los cambios de territorio entre las diferentes fechas disponibles. Este comparador con las ortoimágenes se puede consultar [aquí](#).

La base de datos incluirá:

- **Periodo:** se actualiza mensualmente.
- **Cobertura:** toda Catalunya
- **VARIABLES:** coordenadas del punto de medición, nombre y tipo de estación, contaminante, magnitud, unidades, fecha.
- **Proveedor:** ICGC
- **Formato:** GeoTIFF 8 bits y GeoTIFF 16 bits

Las especificaciones técnicas de las ortoimágenes de satélite Sentinel-2 mensuales 10 m se pueden consultar en este documento publicado en la web del ICGC:

<https://datacloud.ide.cat/especificacions/orthoimatge-sentinel2-mensual-v2r0-esp-01ca-20240419.pdf>.

Anexo 3: Casos de uso de la simulación/predicción de situaciones y de la IA de aprendizaje de situaciones históricas

1. Casos de uso obligatorios

A continuación, se describen los **casos de uso obligatorios** que se deberán desarrollar en base a la simulación y a la IA de aprendizaje de situaciones históricas.

En el caso de la gestión y del estado de la infraestructura, se podrán hacer predicciones a partir de los datos de la infraestructura viaria⁸ (como por ejemplo de los sistemas de gestión de la DGIM) y datos de movilidad que se habrán integrado y unificado previamente.

1.1. Caso de uso 1: Grafo y representación gráfica del gemelo digital

Inicialmente, en [la fase 1 del plan de trabajo del contrato](#) se tendrá que definir y desarrollar el grafo y la representación gráfica del gemelo digital.

Para hacerlo, previamente se analizará el grafo y la representación gráfica de los sistemas existentes en el SCT y en la DGIM, y se elaborará una propuesta de representación gráfica que incluya su integración única en el gemelo digital y posibles mejoras funcionales de la representación de los sistemas de representación existentes. Para desarrollarse, la nueva propuesta tendrá que ser validada previamente por las unidades promotoras del reto.

El sistema de representación gráfica del gemelo digital deberá permitir visualizar –con diferentes niveles de granularidad– los diferentes servicios y casos de uso de los diferentes módulos del gemelo permitiendo que su representación sea personalizable, de fácil interacción y que permita diferenciar como mínimo su ámbito geográfico, funcional, operacional y temporal.

Igualmente, su diseño tendrá que ser flexible y versátil que facilite la monitorización, interacción y visualización de los datos del gemelo digital por personal de la DGIM y el SCT no familiarizado con la aplicación. Esta funcionalidad será especialmente relevante en el desarrollo de los servicios y casos de uso de los módulos de gestión y actualización del inventario y estado de la carretera y de exportación y presentación de resultados.

El grafo y la representación gráfica del gemelo digital tiene que permitir integrar y representar tanto datos puntuales como lineales, datos geoposicionados 2D y 3D, representaciones superficiales y volumétricas, datos referenciados a partir de ejes de carretera y punto kilométricos, datos estables en el tiempo y datos en tiempo real.

⁸ Se entiende por **infraestructura viaria** aquel conjunto de las carreteras de un área determinada con sus servicios y elementos funcionales correspondientes.

El sistema principal de referencia del gemelo digital deberá tener estructura de grafo, con estructura SIG con la geometría de las vías y sus atributos, con capacidad de *routing* y Sistema de Referencia Lineal (SRL).

Se deberá prever una estructura de grafo del gemelo digital teniendo en cuenta su mantenimiento continuo en fases por parte de la DGIM, tanto durante la ejecución del contrato como posteriormente.

El actual grafo de la DGIM se deberá utilizar como punto de partida del grafo del gemelo digital. Asimismo, se tendrá que prever la interconexión entre los dos grafos que garantice la actualización de la información recogida en ambas direcciones. En este sentido, habrá que detallar los mecanismos de coordinación entre la información de los dos grafos (gemelo digital y DGIM).

El grafo del gemelo digital tiene que permitir tener representaciones gráficas provisionales como pueden ser tramos en obras, y trabajar provisionalmente a la espera de la validación final.

1.2. Caso de uso 2: Predicción del volumen de vehículos, la velocidad media y la tipología

Este caso de uso engloba la predicción tanto del volumen de vehículos que circulan por la red vial, como de la velocidad media y la tipología de estos vehículos. Así se obtendrán los datos de intensidad, velocidad y composición mediante los datos de las estaciones de aforo (ETD), las cámaras con y sin detección de matrículas incorporada, los datos externos de movilidad proporcionados por operadores de telefonía y los datos de conexión con vehículos.

Inicialmente hay que definir los procesos para el cálculo de las 3 variables mencionadas volumen, velocidad media y tipología de los vehículos que circulan por la red. Habrá que hacer estos cálculos en función de los diferentes datos que se dispongan según el tramo de carretera, hará falta calibrar estos cálculos para los diferentes datos de entrada y comprobar que dan resultados equivalentes. Una vez definidos estos procesos de cálculo se desarrollarán los cálculos para la red vial del gemelo digital asegurando que este cálculo se podrá escalar a todo el ámbito de la red de carreteras de la Generalitat de Catalunya y en el caso que se incorporen nuevos datos en el transcurso del proyecto.

A partir de los episodios recurrentes y mediante algoritmos de inteligencia artificial, será necesario también articular un sistema de predicción del volumen, velocidad media y tipología de los vehículos a nivel espacial (por cada punto kilométrico/tramo de la red vial) y a nivel temporal (en diferentes horas del día o del año).

El caso de uso también incluye la definición de los procesos para la predicción de los valores anteriores mencionados y desarrollo de este cálculo de predicción.

1.3. Caso de uso 3: Predicción de las emisiones de los vehículos

En este caso de uso se pide predecir las emisiones de los vehículos que circulan por la red viaria de forma continua en el tiempo y por todos los puntos de en red viaria.

Para este caso de uso hace falta un análisis previo de las bases de datos existentes (intensidad, velocidades, tipología de vehículos, la motorización, los kilómetros recorridos, retenciones, accidentes, estaciones ambientales, la carga de los vehículos como el número de pasajeros, meteorología, etc.) con el fin de conocer los patrones de movilidad de tráfico y con el fin de conocer cuál puede ser el mejor cálculo de estas emisiones. Hay que ver qué datos se tendrán ya incluidos en el gemelo digital después de hacer la ingesta y cuáles necesitarán de un cálculo intermedio, como puede ser obtener la motorización de los vehículos o el número de pasajeros.

Además, será necesario haber hecho el caso de uso anterior, de predicción del volumen de vehículos, la velocidad media y la tipología para poder desarrollar este caso de uso.

El cálculo y predicción de las emisiones se quiere por cada punto de la red y on time. Este cálculo se tendrá que contrastar con los valores reales obtenidos de los aparatos de detección de emisiones instalados en la red.

Inicialmente hay que definir los procesos para el cálculo de las emisiones en base a los datos mencionados, en base a las pruebas piloto desarrolladas desde la Generalitat de Catalunya y en base a otras metodologías que estén aplicando otras administraciones.

Este cálculo se tiene que efectuar para tres casuísticas que son:

- Cálculo de las emisiones de la totalidad de vehículos que circulan por la red viaria.
- Cálculo de las emisiones particularizado para los vehículos de conservación y vigilancia de la DGIM.
- Cálculo de las emisiones particularizado para el conjunto de la flota de vehículos de la Generalitat de Catalunya.

Una vez desarrollado este cálculo previo se llevará a cabo el cálculo predictivo. A partir de los episodios recurrentes y mediante algoritmos de inteligencia artificial, se articulará un sistema de predicción a corto plazo y medio plazo de los tramos susceptibles de sufrir niveles de emisiones/inmisiones elevadas que afecten a la red viaria y a la población para las tres casuísticas mencionadas.

1.4. Caso de uso 4: Predicción del estado y las necesidades de mejora de la infraestructura

En este caso de uso se pretende conseguir una predicción del estado de la red viaria y las necesidades de mejora de esta infraestructura, y a partir de esta predicción inicial se tendrá que hacer una predicción de la programación de los trabajos.

Inicialmente hace falta un análisis de las bases de datos existentes que servirán para el caso de uso, que como mínimo serán los datos de:

- los sistemas de gestión de la DGIM incluidos en el gemelo digital,
- el histórico de las actuaciones de conservación (comunicados de trabajo, certificaciones contratos de conservación...),
- las actuaciones extraordinarias de conservación,

- las obras ejecutadas,
- las incidencias extraordinarias,
- los datos meteorológicos,
- los accidentes,
- las anualidades previstas de los contratos de conservación...

Este análisis de las bases de datos existentes servirá para conocer los patrones de movilidad de tráfico y el estado de la red viaria.

En este caso de uso se plantean 2 etapas o casuísticas:

I. Predicción del estado de la red viaria y las necesidades de mejora de esta infraestructura

Inicialmente hace falta hacer el cálculo y predicción del estado de la red viaria con respecto a su conjunto y a cada uno de los elementos funcionales, como son marcas viales longitudinales, sistemas de contención, juntas de estructuras, instalaciones, etc. o bien para necesidades de limpieza o desbroce de márgenes, etc.

A partir de los episodios recurrentes y mediante algoritmos de inteligencia artificial, hará falta articular un sistema de predicción a corto plazo de las incidencias viarias y de los tramos susceptibles de sufrir problemas funcionales que afecten a la infraestructura viaria.

El gemelo digital tiene que permitir hacer predicción, clasificación, programación y actualización de las incidencias de conservación en un ámbito espacial y temporal. Para hacerlo debe tener en cuenta variables como la optimización de costes y las externalidades que pueden suponer (como congestiones...).

Para los puntos o tramos detectados se tendrán que proponer operaciones de conservación, planificación de los trabajos de mantenimiento de las carreteras con carácter preventivo y curativo que permitan optimizar los costes de operación y reposición de activos en la vida útil de la infraestructura.

El gemelo digital tiene que permitir hacer predicción de las incidencias de conservación en un ámbito espacial y temporal.

Esta predicción del estado tendrá que estar diferenciada para cada ámbito de conservación de la DGIM.

II. Propuesta de planificación o programación de las operaciones y trabajos de conservación

Con esta predicción del estado se tendrá que hacer una propuesta de planificación o programación de las operaciones y trabajos de conservación de carreteras para cada uno de los ámbitos de conservación de la DGIM. Se tendrán en cuenta las variables definidas por este caso de uso y se hará una predicción en función de la necesidad y/o urgencia de las actuaciones de conservación y el presupuesto anual previsto para ejecutarlas. Esta propuesta de programación de los trabajos de conservación tendrá que servir como base del

encargado del ámbito de conservación. Por lo tanto, hay que prever que la propuesta se pueda aceptar o modificar por parte de este encargado.

A partir de los episodios recurrentes y mediante algoritmos de inteligencia artificial, tendrá que articular un sistema de predicción a corto plazo de la congestión de tráfico y la duración de las operaciones de conservación de los tramos planificados por la ejecución de los trabajos.

Hay que tener presente que el caso de uso tiene que ser escalable a todo el ámbito de la red de carreteras de la Generalitat de Catalunya y abierto a la posibilidad de incorporación de nuevos datos en el transcurso del proyecto.

1.5. Caso de uso 5: Optimización de las rutas por la ejecución de los trabajos de conservación

En este caso de uso se pretende conseguir una optimización de las rutas que tienen que hacer los equipos de vialidad y conservación para la ejecución de los trabajos de conservación de carreteras, tanto las diarias como las semanales.

Ya sea a partir de la propuesta de programación de los trabajos del caso de uso anterior, de predicción del estado y las necesidades de mejora de la infraestructura, con una nueva propuesta definida por el encargado de conservación del ámbito, el gemelo digital tendrá que hacer el cálculo de las rutas óptimas para la ejecución de los trabajos de conservación. Estos cálculos que podrán ser para rutas diarias o semanales y desagregado para cada ámbito de conservación se harán a partir de los datos de operaciones de conservación programados (comunicados de trabajo), las incidencias de conservación extraordinarias, los datos de congestión de tráfico, datos meteorológicos, los cortes de carril por obras, entre otros.

Es decir, si se quiere optimizar los recorridos de los equipos de vialidad y conservación un día concreto, el gemelo digital tendrá que proponer un itinerario óptimo de una o varias programaciones de resolución de incidencias programadas teniendo en cuenta una simulación de incidencias no programadas según las previsiones del tráfico y previsiones meteorológicas del día y ámbito concreto.

Por tanto, inicialmente hace falta un análisis de las bases de datos existentes mencionadas (v. [apartado 3.2](#) y [anexo 2](#)). Este análisis de las bases de datos existentes servirá para conocer los patrones de movilidad de tráfico y de otros parámetros necesarios para este caso de uso.

A partir de los episodios recurrentes y mediante algoritmos de inteligencia artificial, se tendrá que articular un sistema de predicción a corto plazo de la congestión de tráfico y la duración de las operaciones de conservación de los tramos planificados por la ejecución de los trabajos.

Se tiene que prever que esta propuesta inicial se pueda aceptar por el encargado de conservación o bien modificar en base a nuevos datos o condicionantes que él pueda introducir en el gemelo digital.

1.6. Caso de uso 6: Accidentalidad

En este caso de uso se engloban todas aquellas casuísticas que tienen que ver con la accidentalidad en la red de carreteras. Concretamente se pretende determinar cálculos de los costes de los accidentes ocurridos, predicciones de accidentes en función de los datos históricos de accidentalidad y otros parámetros que puedan influir, y también la simulación de posibles accidentes.

A continuación, se exponen estas casuísticas:

- Cálculo del coste que supone un accidente en relación con las emisiones de CO₂, las horas perdidas de los usuarios, las horas de los equipos de emergencia, etc.
- Determinar la relación existente entre accidentes y variables/parámetros diferentes y predicción de la accidentalidad para cada casuística:
 - o accidentes de tráfico y la intensidad media diaria (IMD, velocidades de paso, y tipo de vehículos) de la carretera.
 - o accidentes de tráfico y el estado del pavimento
 - o accidentes de tráfico y las condiciones meteorológicas
 - o accidentes de tráfico y características físicas del tramo (geometría, elementos viales...)
 - o accidentes de tráfico y efectos de maniobras bruscas en salidas de la carretera
 - o accidentes de tráfico y distancias de seguridad entre vehículos (determinación de las distancias de seguridad óptimas para evitar accidentes sin generar retenciones de tráfico)
 - o accidentes de tráfico y carriles específicos reservados para usuarios tipo (motos, etc.)
- Predicción de las zonas principales donde pueden suceder accidentes con animales ungulados (jabalíes...) por existir puntos de acceso, y simulación de la reducción de los accidentes en caso de construcción de pasos de fauna
- Predicción de accidentes a partir de los datos de los sensores de los vehículos (por ejemplo, con la información de los frenazos de emergencia del vehículo)

Hace falta un análisis previo de las bases de datos existentes (IMD, sistema de gestión de firmes, velocidades, tipología de vehículos, meteorología, ubicación pasos de fauna, accidentes, incidencias con animales ungulados, estaciones ambientales) (v. [apartado 3.2](#) y [anexo 2](#)) con el fin de conocer los patrones de accidentalidad y con el fin de conocer cuál puede ser el mejor cálculo del coste de accidentes y la predicción de la accidentalidad o la simulación para prever que se produzca un accidente.

Hay que ver qué datos se tendrán ya incluidos en el gemelo digital después de hacer la ingesta y cuáles necesitarán de un cálculo intermedio.

A partir de los episodios recurrentes y mediante algoritmos de inteligencia artificial, se articulará un sistema de predicción a corto plazo y medio plazo de accidentalidad según las casuísticas mencionadas.

1.7. Caso de uso 7: Simulación de afectaciones al tráfico

En este caso de uso se engloban todas aquellas casuísticas que tienen que ver con la simulación de la afectación al tráfico, y que inicialmente son las siguientes:

- en caso de parada de un coche en una carretera por un problema mecánico, hasta el momento en que se puede retirar
- para aquellos vehículos que circulan en el sentido contrario de donde se ha producido el accidente
- en caso de cortes de carril por la ejecución de actuaciones de conservación (y cálculo de las franjas horarias más óptimas para tener la menor afectación de tráfico)
- en el caso de ejecución de operaciones de conservación en horario nocturno (y cálculo de los beneficios y costes económicos de hacerlo en horario nocturno comparado con horario diurno)

Para poder hacer estas simulaciones de afectaciones al tráfico hace falta un análisis previo de las bases de datos existentes sobre intensidad, velocidad, retenciones, accidentes, etc. (v. [apartado 3.2](#) y [anexo 2](#)). con el fin de conocer los patrones de movilidad de tráfico y así ajustar las simulaciones.

1.8. Caso de uso 8: Predicción de retenciones

El caso de uso incluye el análisis de las bases de datos existentes (intensidad, velocidad, retenciones, accidentes, etc.) con el fin de conocer los patrones de movilidad de tráfico. (v. [apartado 3.2](#) y [anexo 2](#)).

A partir de los episodios recurrentes detección de patrones de retenciones y, mediante algoritmos de inteligencia artificial, será necesario articular un sistema de predicción de las congestiones de tráfico a corto plazo (5 minutos) y largo plazo (24 horas o más) de los tramos susceptibles a sufrir congestiones que afecten a la red vial y a la población.

1.9. Caso de uso 9: Balanceo de tráfico

El caso de uso incluye el análisis de diferentes sistemas de gestión del tráfico que permitan mejorar las congestiones de la red vial de acceso al Área Metropolitana de Barcelona durante periodos punta recurrentes (mañana laborable, viernes tarde, domingos tarde, operaciones de entrada/salida festivos).

Estudio de optimización de los recursos existentes mediante la consideración del conjunto de la infraestructura que permita maximizar la capacidad total de la vía como, por ejemplo, implementación de carriles reversibles que permitan el balanceo entre calzadas y/o vías.

Será necesario valorar la implantación de otras medidas o sistemas de gestión de tráfico a aplicar en los diferentes accesos al Área Metropolitana de Barcelona con el objetivo de mejorar la fluidez del tráfico, la reducción de las congestiones y la disminución del riesgo de accidente.

Se comparará la situación actual con la solución propuesta evaluando un set de indicadores para los diferentes parámetros de rendimiento del tráfico y emisiones/inmisiones de contaminantes a la atmósfera.

1.10. Caso de uso 10: Optimización de los sistemas ITS existentes

De acuerdo con el aprendizaje de situaciones históricas o resultados de las simulaciones realizadas, el gemelo digital realizará un análisis de los sistemas y elementos activos (ITS) en carretera con el fin de determinar carencias y/o redundancias de éstos de forma que el resultado final optimice el funcionamiento del tráfico, minimice las externalidades asociadas y minimice los costes de mantenimiento de estos sistemas.

Este análisis tendrá que ser repetible con el tiempo incorporando la nueva historia (nuevos datos o nuevas simulaciones) y tendrá en cuenta la historia de funcionamiento y fiabilidad de los sistemas instalados.

Los elementos principales considerados serán:

- Sensórica
- Señalización variable (tanto genérica como específica)
- Elementos regulatorios (Barreras, semáforos, transfers, elementos luminosos)
- Otros que la empresa adjudicataria quiera considerar, previo acuerdo con las unidades promotoras del reto.

Este caso de uso se tiene que poder aplicar a diferentes situaciones y alcances espacio-temporal:

- Escenario 0: tráfico habitual
- Escenarios impuestos por el usuario: Bien sean hipotéticos o fruto de un acontecimiento no habitual real.

Para cada caso el usuario definirá las métricas a optimizar y el escenario escogido. El gemelo tendrá que devolver un modelo de conjunto de ITS adecuado que permita, por un lado, realizar las adquisiciones o eliminaciones necesarias si así se decide, y por otro simular la evolución del tráfico con el resultado y compararlo al tráfico de antes de hacer la optimización propuesta.

1.11. Caso de uso 11: Reserva de carriles preferentes

Análisis de los modos de transporte y tipo de vehículos que por sus características (vulnerables, menos contaminantes, alta ocupación, etc.) puedan ser segregados o priorizados respecto del resto del tráfico.

Análisis de las bases de datos existentes (intensidad, velocidad, retenciones, accidentes, etc.) con el fin de conocer los patrones de movilidad de tráfico.

Análisis específico del funcionamiento de los carriles BUS-VAO.

Propuesta de red de carriles preferentes en función de la tipología de vehículo (motos, transporte público, vehículos de emergencias, vehículos autónomos, eléctricos, etc.) y periodo temporal (semanal y horario) en los accesos al Área Metropolitana de Barcelona.

2. Casos de uso adicionales opcionales

A continuación, se describen los 6 casos de uso adicionales, que se tendrán que desarrollar de manera opcional en base a la simulación y a la IA de aprendizaje de situaciones históricas.

2.1. Caso de uso adicional 1. Predicción del estado y la mejora de los firmes

En este caso de uso se pretende conseguir una predicción de la mejora de los firmes de las carreteras incluidas en el ámbito del gemelo digital que sea escalable a toda la red de carreteras de la Generalitat de Catalunya.

Inicialmente hace falta un análisis de las bases de datos existentes (v. [apartado 3.2](#) y [anexo 2](#)) que servirán para el caso de uso, que como mínimo serán:

- datos de auscultación del Sistema de Gestión de Firmes,
- datos de las cámaras dentro de los vehículos de vigilancia y conservación de la DGIM,
- datos extraídos de los sensores de los vehículos conectados,
- el histórico de las actuaciones de conservación de firmes (parcheado, ...),
- las actuaciones extraordinarias de firmes,
- los datos meteorológicos.

Este análisis de las bases de datos existentes servirá para conocer los patrones de degradación del pavimento a nivel superficial y estructural de la red viaria.

A partir de los episodios recurrentes y mediante algoritmos de inteligencia artificial, articular un sistema de predicción a corto plazo y medio plazo de los tramos de firmes susceptibles de sufrir problemas estructurales y superficiales.

Se trata de la predicción de la mejora de los firmes de un ámbito espacial y temporal específico del gemelo digital a partir de diferentes estrategias de intervención, diferentes modelos de evolución, de su impacto económico y del análisis del ciclo de vida del activo.

Estas predicciones se tendrán que comparar con las predicciones del Sistema de Gestión de Firmes de la DGIM.

Así una vez hecho el cálculo del estado del firme de la red viaria y su predicción, se podrá hacer una predicción de las mejoras del firme al aplicar diferentes actuaciones.

2.2. Caso de uso adicional 2. Optimización de los algoritmos de velocidad variable

A partir de los algoritmos existentes de actuación sobre los sistemas de velocidad variable se analizará la posibilidad de mejora con el fin de maximizar el número de vehículos transportados por unidad de tiempo y la uniformidad del flujo o bien para minimizar el volumen de inmisiones. También será necesario evaluar la penalización en tiempo de viaje inducida por el algoritmo tanto en la aportación de vehículos en el troncal, como en las vías que confluyan a lo largo de todo el tramo gestionado.

El usuario establecerá los escenarios sobre los cuales quiere efectuar la optimización por lo tanto el sistema tendrá que devolver un conjunto de algoritmos dependiendo del escenario. Análogamente al apartado anterior los dos tipos principales de escenarios serán:

- Escenario 0: tráfico habitual
- Escenarios definidos por el usuario: Bien sean hipotéticos o fruto de un acontecimiento no habitual real.

Esta optimización se aplicará tanto en el caso de un tramo de vía, como en el caso de un conjunto de tramos que eventualmente podrán ser gestionados de forma interdependiente.

Las velocidades publicadas por el algoritmo dependerán de las intensidad y densidades del tráfico, de la situación meteorológica o de contaminación. La gestión del algoritmo se realizará a través de una interfaz gráfica que permita acceder a la configuración de las condiciones impuestas sobre las variables anteriores para cada escenario propuesto.

La propuesta de algoritmo resultante también tendrá que ser dependiente del grado de cumplimiento por parte de los usuarios (también en función de si el tramo dispone de control de velocidad o no) que se obtendrá del histórico de funcionamiento del propio sistema. El usuario tendrá que poder imponer un determinado grado de cumplimiento y probar así diferentes configuraciones.

Se generará al final del proceso el informe correspondiente sobre los costes y beneficios en el tráfico del algoritmo propuesto, así como un modelo apto para realizar posteriores simulaciones o ajustes por parte del usuario.

2.3. Caso de uso adicional 3. Restricciones o limitaciones a la circulación

El caso de uso incluye el análisis de las bases de datos de intensidad, velocidad y retenciones para conocer las vías o tramos de la red vial que registran demoras debido al parque móvil circulante.

También incluye la evaluación del impacto para la implementación de restricciones o limitaciones a la circulación de algunos tipos de vehículos como, por ejemplo, vehículos pesados (restricción de circulación por períodos temporales, limitaciones de uso de la infraestructura vial, etc.).

2.4. Caso de uso adicional 4. Ramp-metering

El caso de uso incluye el estudio y evaluación de diferentes sistemas de gestión del tráfico que permitan mejorar las congestiones de la red vial de acceso al Área Metropolitana de Barcelona durante periodos punta recurrentes (mañana laborable, viernes tarde, domingos tarde, operaciones de entrada/salida festivos).

En los accesos donde la inyección de tráfico afecte considerablemente a la circulación de la vía principal será necesario el estudio de implementación de sistemas de *ramp-metering* que laminen la entrada de vehículos. Se evaluará el efecto tanto en el tronco de la vía principal como en el ramal de acceso, y también la posible afectación en vías confrontantes.

Será necesario valorar la implantación de otras medidas o sistemas de gestión de tráfico a aplicar en los diferentes accesos al Área Metropolitana de Barcelona con el objetivo de mejorar la fluidez del tráfico, la reducción de las congestiones y la disminución del riesgo de accidente.

Se tendrán que evaluar los diferentes parámetros de rendimiento del tráfico y emisión/inmisión de contaminantes a la atmósfera con el fin de disponer de un set de indicadores que permitan valorar y comparar la situación actual con la solución propuesta.

2.5. Caso de uso adicional 5. Trasvase de movilidad transporte público-vehículo privado

El caso de uso incluye el análisis de la movilidad en vehículo privado y transporte público para los diferentes corredores de acceso a Barcelona y su Área metropolitana.

También se incluye la previsión y evaluación del impacto por el trasvase de viajeros del transporte público hacia el vehículo privado, y viceversa, debido a la implementación de medidas o acontecimientos como cortes de líneas (programados o por incidencias en el servicio), mejora de la oferta del transporte público, modificación de las tarifas del transporte público, restricciones de la movilidad motorizada por episodios de contaminación ambiental, obras, etc.

2.6. Caso de uso adicional 6. Predicción de incidencias viarias

En este caso de uso se pretende conseguir una predicción de las incidencias en la red viaria que en muchos casos son debidas a la climatología, se trata de incidencias de las tipologías siguientes: desprendimientos, caídas de rocas en la calzada, lluvias fuertes, granizadas, nevadas, etc.

Inicialmente hace falta un análisis de las bases de datos existentes (v. [apartado 3.2](#) y [anexo 2](#)) que servirán para el caso de uso, que como mínimo serán:

- datos de incidencias de gestión de la infraestructura: extracción de datos de los diferentes sistemas de gestión de incidencias viarias de los diferentes operadores de infraestructura. Información on line e histórica de los equipos de emergencia y vialidad de conservación de carreteras,
- datos de las cámaras dentro de los vehículos de vigilancia y conservación de la DGIM,

- datos extraídos de los sensores de los vehículos conectados (de temperatura, detección de lluvia, etc.)
- los datos meteorológicos.

Este análisis de las bases de datos existentes servirá para conocer los patrones de ocurrencia de las diferentes tipologías de incidencias viarias.

A partir de los episodios recurrentes y mediante algoritmos de inteligencia artificial, articular un sistema de predicción a corto plazo y medio plazo que se produzcan incidencias a la red viaria.

Anexo 4: Tareas y entregables del gemelo digital

En este anexo se muestra una tabla resumen de las tareas y subtareas de las 4 fases del gemelo digital, con las unidades validadoras, una relación de los entregables asociados a estas tareas (para cada una de las fases) y los vínculos existentes con otras subtareas:

FASE 0. INICIO – PLANIFICACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN						
Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
0.1	Planificación del proyecto		SCT+DGIM	0.1	Informe de organización y planificación detallada de la ejecución del proyecto	
0.2	Análisis funcional de la solución		SCT+DGIM	0.2	Documento de análisis funcional	
0.3	Diseño teórico y plan de pruebas para cada fase de implementación		SCT+DGIM	0.3	Plan de pruebas	
0.4	Plan de despliegue e implementación de la solución		SCT+DGIM	0.4	Plan de validación y despliegue	
0.5	Metodología y Plan de calidad		SCT+DGIM	0.5	Marco metodológico y Plan de calidad	
0.6	Modelo de evaluación de resultados		SCT+DGIM	0.6	Documento con el modelo de evaluación	
0.7	Recogida de datos basales para los indicadores clave		SCT+DGIM	0.7	Manual de gestión y evaluación	

FASE 1. RECOGIDA, ESTANDARIZACIÓN, INTEGRACIÓN Y FUSIÓN DE DATOS						
Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
1.1	Proceso de extracción, limpieza, transformación, normalización (estandarización), integración y fusión del dato					
1.1.1	- definición de los procesos de extracción, limpieza, transformación, normalización (estandarización), integración y fusión de los datos		SCT+DGIM	1.1.1	Documento con la definición procesos de extracción, limpieza, transformación, normalización (estandarización), integración y fusión de los datos	
1.1.2	- elaboración de un informe de todos los datos a incorporar en función de su facilidad para ser integrados en el gemelo digital, su fiabilidad y la calendarización de su integración en la Fase 1 o en Fases posteriores		SCT+DGIM	1.1.2	Informe con el conjunto de datos a incorporar	

FASE 1. RECOGIDA, ESTANDARIZACIÓN, INTEGRACIÓN Y FUSIÓN DE DATOS

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
1.1.3	- incorporación de datos históricos:		SCT+DGIM	1.1.3 A 1.1.3 B	Informe de los datos históricos incorporados Manual de integración y fusión de los datos históricos	1.1.7
1.1.3.1	- fuentes propias del SCT		SCT			
1.1.3.2	- fuentes propias de la DGIM		DGIM			
1.1.3.3	- de otras unidades de la Generalitat y de fuentes externas (Transición Ecológica, ATM, AMB, Ministerio, otros)		SCT+DGIM			
1.1.4	- ejecución de los procesos de extracción, limpieza, transformación, normalización (estandarización) e integración y fusión de los datos:		SCT+DGIM	1.1.4 A 1.1.4 B	Informe de los datos integrados en la tarea 1.1.3 Entrega parcial del módulo de ingesta de datos	1.1.8
1.1.4.1	- fuentes propias del SCT		SCT			
1.1.4.2	- fuentes propias de la DGIM		DGIM			
1.1.4.3	- de otras unidades de la Generalitat y de fuentes externas (Transición Ecológica, ATM, AMB, Ministerio, otros)		SCT+DGIM			
1.1.5	- detección y restitución de errores:		SCT+DGIM			1.1.9
1.1.5.1	- entrenar modelos para detectar y restituir errores utilizando datos con errores típicos, integrando metodologías estadísticas e inteligencia artificial		SCT+DGIM	1.1.5.1	Informe y manual del modelo de detección y restitución de errores	1.1.9
1.1.5.2	- crear una interfaz de asistencia con IA que permita la toma de decisiones humanas durante el proceso de detección y restitución de errores		SCT+DGIM	1.1.5.2	Entrega agente/bot	1.1.9
1.1.6	- definición e implementación del proceso de incorporación automatizada y recurrente de los datos de los diferentes agentes (protocolo de frecuencia, horario de actualización, etc.). Informes y bases de datos.		SCT+DGIM	1.1.6	Informe y manual del proceso de incorporación automatizada y recurrente de los datos	
1.1.7	- incorporación de nuevos datos:		SCT+DGIM	1.1.7 A 1.1.7 B	Informe de la actualización de datos y de los nuevos datos incorporadas Manual de integración y fusión de la actualización de datos y los nuevos datos	

FASE 1. RECOGIDA, ESTANDARIZACIÓN, INTEGRACIÓN Y FUSIÓN DE DATOS

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	1.1.7.1	- actualización datos diarios/tiempo real fuentes propias del SCT	SCT			
	1.1.7.2	- actualización datos diarios/tiempo real fuentes propias de la DGIM	DGIM			
	1.1.7.3	- actualización datos diarios/tiempo real de otras unidades de la Generalitat y de fuentes externas (Transición Ecológica, ATM, AMB, Ministerio, otros)	SCT+DGIM			
	1.1.7.4	- nuevos datos de fuentes propios del SCT, de la DGIM y de otras unidades de la Generalitat y de fuentes externas	SCT+DGIM			
	1.1.7.5	- benchmarking y aplicación de nuevos datos (inicio del proyecto, mitad y final)	SCT+DGIM	1.1.7.5 A 1.1.7.5 B 1.1.7.5 C	Informe con benchmarking y aplicación de nuevos datos inicial Informe con benchmarking y aplicación de nuevos datos a mitad del proyecto Informe con benchmarking y aplicación de nuevos datos a la finalización del proyecto	
1.1.8		- ejecución de los procesos de extracción, limpieza, transformación, normalización (estandarización) e integración y fusión de los nuevos datos:	SCT+DGIM	1.1.8 A 1.1.8 B	Informe de los datos integrados en la tarea 1.1.7 Entrega total del módulo de ingesta de datos	
	1.1.8.1	- actualización datos diarios/tiempo real fuentes propias del SCT	SCT			
	1.1.8.2	- actualización datos diarios/tiempo real fuentes propias de la DGIM	DGIM			
	1.1.8.3	- actualización datos diarios/tiempo real de otras unidades de la Generalitat y de fuentes externas (Transición Ecológica, ATM, AMB, Ministerio, otros)	SCT+DGIM			
	1.1.8.4	- nuevos datos de fuentes propios del SCT, de la DGIM y de otras unidades de la Generalitat y de fuentes externas	SCT+DGIM			
1.1.9		- detección y restitución de errores:	SCT+DGIM			
	1.1.9.1	- entrenar modelos para detectar y restituir errores utilizando datos con errores típicos, integrando metodologías estadísticas e inteligencia artificial	SCT+DGIM	1.1.9.1	Informe y manual del modelo de detección y restitución de errores	

FASE 1. RECOGIDA, ESTANDARIZACIÓN, INTEGRACIÓN Y FUSIÓN DE DATOS

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	1.1.10	- elaboración de informe periódico del estado de las bases de datos con los logs correspondientes	SCT+DGIM	1.1.10	Informe con los logs	
	1.1.11	- elaboración de informe con el dimensionado de los recursos necesarios para el funcionamiento del gemelo digital y la determinación justificada de los datos mínimos indispensables que tendrán que residir obligatoriamente en la nube y de las que tendrá que disponer el gemelo digital	SCT+DGIM	1.1.11	Informe dimensionado de los recursos y datos indispensables	
1.2	Almacenaje de la información					
1.3	Usuarios e interfaz general de entrada					
1.4	Escalabilidad					
1.5	Módulos mínimos para desarrollar en la Fase 1					

FASE 2. DISEÑO DE LAS FUNCIONALIDADES PREDICTIVAS DEL GEMELO DIGITAL

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
2.1	Aprovisionamiento de un laboratorio para la simulación/predicción					
2.1.1	- simulador micro, meso, macro		SCT	2.1.1	Informe de las funcionalidades del simulador	
2.1.2	- simulador autocalibrable		SCT	2.1.2	Documento de protocolo de autocalibración del simulador	
2.1.3	- definición de indicadores y resultados que permitan comparar alternativas		SCT	2.1.3	Informe con la definición de los indicadores y la extracción de resultados	
2.1.4	- visualización de los datos		SCT	2.1.4	Informe de visualización de los datos	
2.2	Modelo IA aprendizaje					
2.2.1	- desarrollo de un modelo de IA que analice y correlacione datos históricos de tráfico y de gestión de la infraestructura con las externalidades		SCT+DGIM	2.2.1	Documento con la definición del desarrollo del modelo de IA	

FASE 2. DISEÑO DE LAS FUNCIONALIDADES PREDICTIVAS DEL GEMELO DIGITAL

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	2.2.2	- incorporación diaria de nuevos datos reales o simulados	SCT+DGIM	2.2.2	Indicador mensual con los nuevos datos incorporados	
	2.2.3	- crear un agente tipo xatbot que permita a los usuarios interactuar con el modelo, realizar consultas y obtener conclusiones sobre las situaciones históricas y futuras	SCT+DGIM	2.2.3	Entrega del agente	
2.3	Casos de uso obligatorios					
	2.3.1	- Grafo y representación gráfica del gemelo digital:	DGIM			
	2.3.1.1	- análisis de la representación gráfica existente y de la información geográfica complementaria (nube de puntos, inventario digital, fotos 360...)	DGIM	2.3.1.1	Informe de análisis del grafo existente	1.4.1
	2.3.1.2	- definición de la propuesta del grafo del gemelo digital, con la descripción de las propuestas de mejora	DGIM	2.3.1.2	Informe de las propuestas de mejora de la representación gráfica del gemelo digital	1.4.1
	2.3.1.3	- desarrollo, ejecución e implantación del grafo	DGIM	2.3.1.3	Manual usuario del caso de uso del nuevo grafo	1.4.1
	2.3.1.4	- propuesta de la compatibilización con el grafo existente	DGIM	2.3.1.4	Informe de compatibilización con el grafo existente	1.4.1
	2.3.1.5	- implementación de la compatibilización con el grafo existente	DGIM	2.3.1.5	Entrega parcial del módulo de gestión y actualización del inventario y estado de la red	1.4.1
	2.3.1.6	- detección de errores del grafo del gemelo digital y modificaciones provisionales	DGIM	2.3.1.6	Informe de los errores detectados y modificaciones provisionales	
	2.3.1.7	- actualizaciones del grafo del gemelo digital	DGIM	2.3.1.7	Informe de las actualizaciones del grafo	
	2.3.2	- predicción del volumen de vehículos, velocidad media y la tipología:	SCT+DGIM			
	2.3.2.1	- definición de los procesos para el cálculo del volumen de los vehículos, velocidad media y la tipología	SCT+DGIM	2.3.2.1	Documento con la definición de los algoritmos para el cálculo de los vehículos que circulan por la red viaria	
	2.3.2.2	- desarrollo del cálculo del volumen de los vehículos, velocidad media y la tipología	SCT+DGIM	2.3.2.2	Manual usuario del caso de uso de cálculo de los vehículos que circulan por la red viaria	
	2.3.2.3	- definición de los procesos para la predicción de los valores anteriores	SCT+DGIM	2.3.2.3	Documento con la definición de los algoritmos para el cálculo de la predicción	

FASE 2. DISEÑO DE LAS FUNCIONALIDADES PREDICTIVAS DEL GEMELO DIGITAL

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	2.3.2.4	- desarrollo del cálculo de la predicción de los valores anteriores	SCT+DGIM	2.3.2.4	Manual usuario del caso de uso de cálculo de la predicción	
	2.3.3	- predicción de las emisiones de los vehículos:	SCT+DGIM			
	2.3.3.1	- definición de los procesos para el cálculo de las emisiones de los vehículos según 3 casuísticas definidas en el Pliego	SCT+DGIM	2.3.3.1	Documento con la definición de los algoritmos para el cálculo de las emisiones de los vehículos que circulan por el gemelo digital y la predicción de estas emisiones	2.3.2
	2.3.3.2	- desarrollo del cálculo de las emisiones de los vehículos según 3 casuísticas definidas en el Pliego	SCT+DGIM	2.3.3.2	Manual usuario del caso de uso de cálculo de las emisiones de los vehículos que circulan por el gemelo digital y la predicción de estas emisiones	2.3.2
	2.3.3.3	- definición de los procesos para la predicción de los valores anteriores	SCT+DGIM	2.3.3.3	Documento con la definición de los algoritmos para el cálculo de la predicción	2.3.2
	2.3.3.4	- desarrollo del cálculo de la predicción de los valores anteriores	SCT+DGIM	2.3.3.4	Manual usuario del caso de uso de cálculo de la predicción	2.3.2
	2.3.4	- predicción del estado y las necesidades de mejora de la infraestructura:	DGIM			
	2.3.4.1	- definición de los procesos para el cálculo y predicción del estado de la red viaria y las necesidades de mejora de esta infraestructura	DGIM	2.3.4.1	Documento con la definición de los algoritmos para el cálculo y predicción del estado de la red viaria y las necesidades de mejora de esta infraestructura	
	2.3.4.2	- desarrollo del cálculo y predicción del estado de la red viaria y las necesidades de mejora de esta infraestructura	DGIM	2.3.4.2	Manual usuario del caso de uso de la predicción del estado y las necesidades de mejora de la infraestructura	
	2.3.4.3	- definición de los procesos para la propuesta de planificación o programación de las operaciones y trabajos de conservación	DGIM	2.3.4.3	Documento con la definición de los algoritmos para la propuesta de planificación o programación de las operaciones y trabajos de conservación	
	2.3.4.4	- desarrollo de la propuesta de planificación o programación de las operaciones y trabajos de conservación	DGIM	2.3.4.4	Manual usuario del caso de uso de la propuesta de planificación o programación de las operaciones y trabajos de conservación	
	2.3.5	- optimización de las rutas para la ejecución de los trabajos de conservación:				

FASE 2. DISEÑO DE LAS FUNCIONALIDADES PREDICTIVAS DEL GEMELO DIGITAL

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	2.3.5.1	- definición de los algoritmos para el cálculo de rutas óptimas por ejecución trabajos de conservación	DGIM	2.3.5.1	Documento con la definición de los algoritmos para el cálculo de rutas óptimas por ejecución trabajos de conservación diarios o semanales de carreteras	
	2.3.5.2	- desarrollo del cálculo de rutas óptimas por ejecución trabajos de conservación	DGIM	2.3.5.2	Manual usuario del caso de uso del cálculo de rutas óptimas por ejecución trabajos de conservación diarios o semanales de carreteras	
	2.3.5.3	- desarrollo del recálculo de rutas óptimas por ejecución trabajos en función aportaciones al gemelo digital	DGIM	2.3.5.3	Manual usuario del caso de uso del recálculo de rutas óptimas por ejecución trabajos de conservación diarios o semanales de carreteras	
	2.3.6	- accidentalidad:	SCT+DGIM			
	2.3.6.1	- definición de los algoritmos para el cálculo del coste de un accidente	SCT+DGIM	2.3.6.1	Documento con la definición de los algoritmos para el cálculo del coste que supone un accidente	
	2.3.6.2	- desarrollo del cálculo del coste de un accidente	SCT+DGIM	2.3.6.2	Manual usuario del caso de uso del cálculo del coste que supone un accidente	
	2.3.6.3	- análisis de las relaciones entre accidentalidad y parámetros diferentes y definición de los algoritmos para la predicción de la accidentalidad	SCT+DGIM	2.3.6.3	Documento con la definición de los algoritmos para la predicción de la accidentalidad	
	2.3.6.4	- desarrollo de la predicción de la accidentalidad	SCT+DGIM	2.3.6.4	Manual usuario del caso de uso de la predicción de la accidentalidad	
	2.3.6.5	- definición de los algoritmos para la predicción y simulación de accidentes con animales ungulados (jabalíes)	SCT+DGIM	2.3.6.5	Documento con la definición de los algoritmos para la predicción y simulación de accidentes con animales ungulados (jabalíes)	
	2.3.6.6	- desarrollo de la predicción y simulación de accidentes con animales ungulados (jabalíes)	SCT+DGIM	2.3.6.6	Manual usuario del caso de uso de la predicción y simulación de accidentes con animales ungulados (jabalíes)	
	2.3.6.7	- definición de los algoritmos para la predicción de accidentes a partir de los datos de los sensores de los vehículos	SCT+DGIM	2.3.6.7	Documento con la definición de los algoritmos para la predicción de accidentes a partir de los datos de los sensores de los vehículos	
	2.3.6.8	- desarrollo de la predicción de accidentes a partir de los datos de los sensores de los vehículos	SCT+DGIM	2.3.6.8	Manual usuario del caso de uso de la predicción de accidentes a partir de los datos de los sensores de los vehículos	
	2.3.7	- simulación de afectaciones al tráfico:	SCT+DGIM			

FASE 2. DISEÑO DE LAS FUNCIONALIDADES PREDICTIVAS DEL GEMELO DIGITAL

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	2.3.7.1	- definición de los algoritmos para la simulación de la afectación del tráfico en diferentes situaciones (accidente, avería, incendio, corte de vía, etc.)	SCT+DGIM	2.3.7.1	Documento con la definición de los algoritmos para la simulación de la afectación del tráfico en diferentes situaciones	
	2.3.7.2	- desarrollo de la simulación de la afectación del tráfico en diferentes situaciones (accidente, avería, incendio, corte de vía, etc.)	SCT+DGIM	2.3.7.2	Manual usuario del caso de uso de la simulación de la afectación del tráfico en diferentes situaciones	
	2.3.8	- predicción de retenciones:	SCT			
	2.3.8.1	- análisis y detección de patrones de retenciones y predicciones a corto y largo plazo	SCT	2.3.8.1	Documento con la definición de los algoritmos para la detección de patrones de retenciones y predicciones para diferentes escenarios temporales	2.3.2 2.3.3 2.3.7
	2.3.8.2	- optimización de los flujos de tráfico en tiempo real, adaptando la red en base a datos actuales y predicciones de tráfico, para disminuir el tiempo de viaje y las emisiones	SCT	2.3.8.2	Manual usuario del caso de uso de la predicción de retenciones	2.3.2 2.3.3 2.3.7
	2.3.8.3	- cálculo de indicadores como horas de retención, longitud de colas generadas por tipo de vía, tipo de día, tipo de afectación (vehículos implicados, ubicación, etc.), comparativa entre la situación actual y la propuesta, coste económico, etc.	SCT	2.3.8.3	Manual usuario del caso de uso de la predicción de retenciones	2.3.2 2.3.3 2.3.7
	2.3.9	- balanceo de tráfico:	SCT			
	2.3.9.1	- análisis y detección de tramos de vía a implementar carriles reversibles que permitan el balanceo de tráfico entre vías	SCT	2.3.9.1	Documento con la definición de los algoritmos para la implementación de carriles reversibles para el balanceo de tráfico entre vías	2.3.2 2.3.3
	2.3.9.2	- implantación de carriles reversibles	SCT	2.3.9.2	Manual usuario del caso de uso de balanceo de tráfico	2.3.2 2.3.3
	2.3.9.3	- cálculo de indicadores de rendimiento del tráfico	SCT	2.3.9.3	Manual usuario del caso de uso de balanceo de tráfico	2.3.2 2.3.3
	2.3.10	- optimización de los sistemas ITS existentes:	SCT			
	2.3.10.1	- análisis y detección de puntos o tramos donde es necesaria/redundante la ubicación de ITS para gestionar la mejora del tráfico	SCT	2.3.10.1	Documento con la optimización (criterios, análisis, etc.) de los sistemas ITS existentes	

FASE 2. DISEÑO DE LAS FUNCIONALIDADES PREDICTIVAS DEL GEMELO DIGITAL

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	2.3.10.2	- cálculo de indicadores de rendimiento del tráfico	SCT	2.3.10.2	Manual usuario del caso de uso de optimización de los sistemas ITS existentes	
	2.3.11	- reserva de carriles preferentes:	SCT			
	2.3.11.1	- análisis de los modos de transporte y tipo de vehículos que puedan ser segregados o priorizados	SCT	2.3.11.1	Documento con la definición de los algoritmos para la segregación/ priorización de diferentes modos de transporte/tipo de vehículos	
	2.3.11.2	- implantación de carriles preferentes	SCT	2.3.11.2	Manual usuario del caso de uso de reserva de carriles preferentes	
	2.3.11.3	- modificación del funcionamiento de los carriles BUS-VAO: eliminación restricciones, modificación del número de ocupantes, limitación de acceso por tipo de vehículo, sentido de circulación	SCT	2.3.11.3	Manual usuario del caso de uso de reserva de carriles preferentes	
	2.3.11.4	- evaluación de las modificaciones	SCT	2.3.11.4	Manual usuario del caso de uso de reserva de carriles preferentes	
	2.3.11.5	- cálculo de indicadores de rendimiento del tráfico	SCT	2.3.11.5	Manual usuario del caso de uso de reserva de carriles preferentes	
	2.3.12	- elaboración de informe resumen con los resultados de los casos de uso	SCT+DGIM	2.3.12	Informe de resultados de los casos de uso	
2.4	Casos de uso adicionales opcionales					
2.4.1	- predicción del estado y la mejora de los firmes:					
2.4.1.1	- definición de los procesos para el cálculo del estado del firme					
2.4.1.2	- desarrollo del cálculo del estado del firme					
2.4.1.3	- definición de los procesos para la predicción de los valores anteriores y de la mejora de los firmes					
2.4.1.4	- desarrollo del cálculo de la predicción de los valores anteriores y de la mejora de los firmes					
2.4.2	- optimización de los algoritmos de velocidad variable:					
2.4.2.1	- análisis y detección de tramos de vía o conjunto de tramos de vía a optimizar los sistemas de velocidad variable					
			SCT	2.4.2.1	Documento con la optimización de los algoritmos de los sistemas de velocidad variable	2.3.2

FASE 2. DISEÑO DE LAS FUNCIONALIDADES PREDICTIVAS DEL GEMELO DIGITAL

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	2.4.2.2	- efecto sobre la red viaria de la reducción de velocidad y/o implantación del sistema de velocidad variable	SCT	2.4.2.2	Manual usuario del caso de uso de la optimización de los algoritmos de velocidad variable	2.3.2
	2.4.2.3	- cálculo de indicadores de rendimiento del tráfico	SCT	2.4.2.3	Manual usuario del caso de uso de la optimización de los algoritmos de velocidad variable	2.3.2
2.4.3	- restricciones o limitaciones a la circulación:		SCT			
2.4.3.1	- análisis y detección de tramos de vía a implementar restricciones o limitaciones a la circulación según el tipo de vehículo		SCT	2.4.3.1	Documento con la definición de los algoritmos para la implementación de carriles reversibles para el balanceo de tráfico entre vías	2.3.2 2.3.3
2.4.3.2	- implementación de las restricciones o limitaciones a la circulación según el tipo de vehículo		SCT	2.4.3.2	Manual usuario del caso de uso de balanceo de tráfico	2.3.2 2.3.3
2.4.3.3	- cálculo de indicadores de rendimiento del tráfico		SCT	2.4.3.3	Manual usuario del caso de uso de balanceo de tráfico	2.3.2 2.3.3
2.4.4	- ramp-metering:		SCT			
2.4.4.1	- análisis y detección de accesos a implementar medidas de ramp-metering		SCT	2.4.4.1	Documento con la definición de los algoritmos para la implementación de ramp-metering	2.3.2
2.4.4.2	- implementación de medidas ramp-metering para la mejora de la fluidez del tráfico		SCT	2.4.4.2	Manual usuario del caso de uso de ramp-metering	2.3.2
2.4.4.3	- cálculo de indicadores de rendimiento del tráfico		SCT	2.4.4.3	Manual usuario del caso de uso de ramp-metering	2.3.2
2.4.5	- trasvase de movilidad transporte público - vehículo privado:		SCT			
2.4.5.1	- análisis de medidas implementadas		SCT	2.4.5.1	Documento con la definición de los algoritmos para el trasvase de movilidad transporte público - vehículo privado	2.3.3
2.4.5.2	- implementación de medidas de trasvase de movilidad transporte público - vehículo privado (cortes de líneas, mejora de la oferta de transporte público, episodios de contaminación ambiental, tarifas, etc.)		SCT	2.4.5.2	Documento con la definición de los algoritmos para el trasvase de movilidad transporte público - vehículo privado	2.3.3
2.4.5.3	- evaluación del impacto de trasvase de movilidad transporte público - vehículo privado		SCT	2.4.5.3	Manual usuario del caso de uso de trasvase de movilidad transporte público - vehículo privado	2.3.3
2.4.6	- predicción de incidencias viarias:		DGIM			

FASE 2. DISEÑO DE LAS FUNCIONALIDADES PREDICTIVAS DEL GEMELO DIGITAL

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	2.4.6.1	- definición de los procesos para la predicción de incidencias viarias	DGIM	2.4.6.1	Documento con la definición de los algoritmos para el cálculo de la predicción	
	2.4.6.2	- desarrollo del cálculo de la predicción de incidencias viarias	DGIM	2.4.6.2	Manual usuario del caso de uso de cálculo de la predicción	
	2.4.7	- elaboración de informe resumen con los resultados de los casos de uso	SCT+DGIM	2.4.7	Informe de resultados de los casos de uso	
2.5	Estudio de nuevos casos de uso adicionales y desarrollo					
	2.5.1	- benchmarking de nuevos casos de uso adicionales aplicables al ámbito de estudio objeto de análisis	SCT+DGIM	2.5.1	Informe de propuesta de nuevos casos de uso adicionales	
	2.5.2	- definición de los algoritmos para los nuevos casos de uso adicionales	SCT+DGIM	2.5.2	Documento con la definición de los algoritmos para los nuevos casos de uso adicionales	
	2.5.3	- desarrollo de los nuevos casos de uso adicionales	SCT+DGIM	2.5.3	Manual usuario de los nuevos casos de uso adicionales	
	2.5.4	- elaboración de informe resumen con los resultados de los nuevos casos de uso adicionales	SCT+DGIM	2.5.4	Informe resumen de los nuevos casos de uso adicionales	
2.6	Generar protocolos y planes de gestión de tráfico y de la infraestructura basados en los resultados obtenidos para su implementación por CIVICAT, SCT, CCV, DGIM y otros actores					
2.7	Módulos mínimos para desarrollar en la Fase 2					

FASE 3. GEMELO DIGITAL PRESCRIPTIVO Y DE OPERACIÓN

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
3.1	Aprovisionamiento de un sistema de IA prescriptivo de optimización					

FASE 3. GEMELO DIGITAL PRESCRIPTIVO Y DE OPERACIÓN

Tarea	Subarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	3.1.1	- implementar funcionalidades para que el sistema proponga/recomiende intervenciones específicas, como ajustes de velocidad, instalación de radares o cualquier otra medida sea de regulación o de ordenación con el objetivo de optimización	SCT+DGIM	3.1.1	Documento con la definición del desarrollo del modelo de IA para que el sistema proponga/recomiende intervenciones específicas	
	3.1.2	- diseñar un proceso de evaluación para comparar la eficacia de las actuaciones realizadas con la bondad de las prescripciones generadas automáticamente	SCT+DGIM	3.1.2 A 3.1.2 B	Documento con la definición del proceso de evaluación de la eficacia de las actuaciones Manual usuario del proceso	
	3.1.3	- desarrollar un sistema que permita aplicar las prescripciones de manera asistida, dando control a los usuarios antes de implementarlas a la red viaria	SCT+DGIM	3.1.3 A 3.1.3 B	Documento con el desarrollo del sistema para aplicar prescripciones de manera asistida Manual usuario del sistema	
3.2	Casos de uso adicionales a incorporar al módulo de IA prescriptivo de optimización					
	3.2.1	- análisis y elaboración de propuesta de casos de uso adicionales a incorporar al módulo de IA prescriptivo de optimización	SCT+DGIM	3.2.1	Documento sobre el análisis y elaboración de propuesta de casos de uso adicionales a incorporar al módulo de IA prescriptivo de optimización	
	3.2.2	- definición del desarrollo de los casos de uso adicionales a incorporar al módulo de IA prescriptivo de optimización	SCT+DGIM	3.2.2	Documento con la definición del desarrollo para casos de uso adicionales a incorporar al módulo de IA prescriptivo de optimización	
	3.2.3	- desarrollo de los casos de uso adicionales a incorporar al módulo de IA prescriptivo de optimización	SCT+DGIM	3.2.3	Manual usuario de los casos de uso adicionales a incorporar al módulo de IA prescriptivo de optimización	
3.3	Definición de la interfase para actuar sobre la red viaria (PMV, GVV, BUS-VAO, transfers, sistema de alarmas por emisiones, sensórica, etc.)					
	3.3.1	- definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de GVV y PMV: sistema de paneles de mensajería variable de forma asistida	SCT	3.3.1	Documento con la definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de GVV y PMV: sistema de paneles de mensajería variable de forma asistida	
	3.3.2	- desarrollo de la operación de GVV y PMV: sistema de paneles de mensajería variable de forma asistida	SCT	3.3.2	Manual usuario del caso de uso de la operación de GVV y PMV: sistema de paneles de mensajería variable de forma asistida	

FASE 3. GEMELO DIGITAL PRESCRIPTIVO Y DE OPERACIÓN

Tarea	Subarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	3.3.3	- definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación sobre los actuadores BUS-VAO, transfers, carriles reversibles o <i>ramp-metering</i> , de forma simulada en el presente gemelo digital y de forma asistida en plena explotación y operación	SCT	3.3.3	Documento con la definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación sobre los actuadores BUS-VAO, transfers, carriles reversibles o ramp-metering, de forma simulada en el presente gemelo digital y de forma asistida en plena explotación y operación	
	3.3.4	- desarrollo de la operación sobre los actuadores BUS-VAO, transfers, carriles reversibles o <i>ramp-metering</i> , de forma simulada en el presente gemelo digital y de forma asistida en plena explotación y operación	SCT	3.3.4	Manual usuario del caso de uso de la operación sobre los actuadores BUS-VAO, transfers, carriles reversibles o ramp-metering, de forma simulada en el presente gemelo digital y de forma asistida en plena explotación y operación	
	3.3.5	- definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de la sensórica instalada en la red viaria de la DGIM	DGIM	3.3.5	Documento con la definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de la sensórica instalada en la red viaria de la DGIM	
	3.3.6	- desarrollo de la operación de la sensórica instalada en la red viaria de la DGIM	DGIM	3.3.6	Manual usuario del caso de uso de la operación de la sensórica instalada en la red viaria de la DGIM	
	3.3.7	- definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de la sensórica instalada en la red viaria del resto de titulares de carreteras	SCT+DGIM	3.3.7	Documento con la definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de la sensórica instalada en la red viaria del resto de titulares de carreteras	
	3.3.8	- desarrollo de la operación de la sensórica instalada en la red viaria del resto de titulares de carreteras	SCT+DGIM	3.3.8	Manual usuario del caso de uso de la operación de la sensórica instalada en la red viaria del resto de titulares de carreteras	
	3.3.9	- definición de los algoritmos y el desarrollo de los umbrales de emisiones máximos de la red viaria y definición del sistema de alarmas y su protocolo de comunicación y actuación	DGIM	3.3.9	Documento con la definición de los algoritmos y el desarrollo de los umbrales de emisiones máximos de la red viaria y definición de un sistema de alarmas y su protocolo de comunicación	2.3.3
	3.3.10	- desarrollo de los umbrales de emisiones máximos de la red viaria y del sistema de alarmas y el protocolo de comunicación y actuación	DGIM	3.3.10	Manual usuario del caso de uso de los umbrales de emisiones máximos de la red viaria y del sistema de alarmas y su protocolo de comunicación	2.3.3

FASE 3. GEMELO DIGITAL PRESCRIPTIVO Y DE OPERACIÓN

Tarea	Subarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	3.3.11	- definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de vehículos conectados a la infraestructura a través de protocolos V2X y a través de la red de telefonía móvil	DGIM	3.3.11	Documento con la definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de vehículos conectados a la infraestructura a través de protocolos V2X y a través de la red de telefonía móvil	
	3.3.12	- desarrollo de la operación de vehículos conectados a la infraestructura a través de protocolos V2X y a través de la red de telefonía móvil	DGIM	3.3.12	Manual usuario del caso de uso de la operación de vehículos conectados a la infraestructura a través de protocolos V2X y a través de la red de telefonía móvil	
	3.3.13	- definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de vehículos semi autónomos o autónomos por tareas de mantenimiento y conservación de la red viaria	DGIM	3.3.13	Documento con la definición de los algoritmos y el desarrollo para la operación de vehículos semi autónomos o autónomos por tareas de mantenimiento y conservación de la red viaria	
	3.3.14	- desarrollo de la operación de vehículos semi autónomos o autónomos por tareas de mantenimiento y conservación de la red viaria	DGIM	3.3.14	Manual usuario del caso de uso de los umbrales de la operación de vehículos semi autónomos o autónomos por tareas de mantenimiento y conservación de la red viaria	
3.4	Casos de uso adicionales a incorporar al módulo de operación					
	3.4.1	- análisis y elaboración de propuesta de casos de uso adicionales a incorporar al módulo de operación	SCT+DGIM	3.4.1	Documento sobre el análisis y elaboración de propuesta de casos de uso adicionales a incorporar al módulo de operación	
	3.4.2	- definición de los algoritmos y el desarrollo de los casos de uso adicionales a incorporar al módulo de operación	SCT+DGIM	3.4.2	Documento con la definición de los algoritmos y el desarrollo para casos de uso adicionales a incorporar al módulo de operación	
	3.4.3	- desarrollo de los casos de uso adicionales a incorporar al módulo de operación	SCT+DGIM	3.4.3	Manual usuario de los casos de uso adicionales a incorporar al módulo de operación	
3.5	Implementación de herramientas, sistemas y usuarios para operar actuadores					
	3.5.1	- realización de pruebas en el laboratorio de la fase 2	SCT+DGIM	3.5.1	Documento con la definición de las pruebas ejecutadas	2.3 2.4

FASE 3. GEMELO DIGITAL PRESCRIPTIVO Y DE OPERACIÓN

Tarea	Subarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	3.5.2	- ejecución de las herramientas, sistemas y usuarios	SCT+DGIM	3.5.2	Manual usuario de las pruebas ejecutadas	2.3 2.4
3.6	Módulos mínimos para desarrollar en la Fase 3					
	3.6.1	- formación de los módulos o parte de módulos entregados	SCT+DGIM	3.6.1 A 3.6.1 B 3.6.1 C	Documentación de la formación de los módulos o parte de módulos entregados Entrega módulo de IA prescriptivo de optimización y prescripción Entrega módulo de operación	
	3.6.2	- ejecución de varias pruebas de funcionamiento de los módulos o parte de módulos entregados	SCT+DGIM	3.6.2	Informe de la prueba de funcionamiento de los módulos o parte de módulos entregados	

FASE 4. EXPORTACIÓN Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Tarea	Subarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
4.1	Definición de los clientes del gemelo digital y definición de la configuración para cada uno de los clientes y sus necesidades de resultados			SCT+DGIM	4.1 A 4.1 B	Documento con la definición de los clientes Manual de usuario
4.2	Propuesta de interfaces			SCT+DGIM		
	4.2.1	- definición de salidas para diferentes clientes y usos	SCT+DGIM	4.2.1	Documento con la definición de la creación de salidas para diferentes clientes y usos	
	4.2.2	- definición y creación de nuevas salidas para diferentes clientes y usos	SCT+DGIM	4.2.2	Documento con la definición de la creación de nuevas salidas para diferentes clientes y usos	
4.3	Desarrollo de las salidas					
	4.3.1	- bots para clientes humanos:	SCT+DGIM			
	4.3.1.1	- bot para redes interactiva sobre el estado del tráfico y de la infraestructura (X, whatsapp, telegram, etc.)	SCT+DGIM	4.3.1.1 A 4.3.1.1 B	Documento con la definición de la creación de bots de consulta para redes Manual de usuario	

FASE 4. EXPORTACIÓN Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	4.3.1.2	- bot para web en tiempo real para alertas y recomendaciones	SCT+DGIM	4.3.1.2 A 4.3.1.2 B	Documento con la definición de la creación de bots de consulta para webs Manual de usuario	
	4.3.1.3	- bot para APIs para comunicar con Waze y otros servicios externos	SCT+DGIM	4.3.1.3 A 4.3.1.3 B	Documento con la definición de la creación de bots y canales de comunicación y publicación mediante Web APIs abiertas Manual de usuario	
	4.3.1.4	- bot para vehículos conectados para comunicar mediante protocolos V2X mediante telefonía móvil	SCT+DGIM	4.3.1.4 A 4.3.1.4 B	Documento con la definición de la creación de bots y canales de comunicación y publicación mediante protocolos V2X Manual de usuario	
	4.3.1.5	- bot para CIVICAT y CCV para dar apoyo en los centros de control	SCT+DGIM	4.3.1.5 A 4.3.1.5 B	Documento con la definición de la creación de bots de soporte para los centros de control Manual de usuario	
	4.3.1.6	- bot para los gestores de la infraestructura para hacer consultas sobre un punto o tramo de la red	SCT+DGIM	4.3.1.6 A 4.3.1.6 B	Documento con la definición de la creación de bots de soporte para los gestores de la infraestructura Manual de usuario	
	4.3.2	- salidas hacia repositorios y bases de datos:	SCT+DGIM			
	4.3.2.1	- canales de comunicación y publicación por web API para exportación e integración de datos en sistemas SCT, DGIM y externos	SCT+DGIM	4.3.2.1 A 4.3.2.1 B	Documento con la definición de la creación de canales de comunicación y publicación web API para integración con sistemas SCT, DGIM y externos Manual de usuario	
	4.3.2.2	- exportación DATEX, CIT, SALES, etc. de los centros de control viario de la DGIM y otros	SCT+DGIM	4.3.2.2 A 4.3.2.2 B	Documento con la definición de la creación de exportaciones DATEX, CIT, SALES, etc. para los centros de control viario Manual de usuario	
	4.3.2.3	- operación y estado de la infraestructura para la robotización de la conservación	SCT+DGIM	4.3.2.3 A 4.3.2.3 B	Documento con la definición de la creación de salidas para la operación y estado de la infraestructura para la robotización de la conservación Manual de usuario	2.3.4 2.3.5

FASE 4. EXPORTACIÓN Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	4.3.2.4	- inventario digital de la red viaria y de los elementos de la infraestructura (IFC)	SCT+DGIM	4.3.2.4 A 4.3.2.4 B	Documento con la definición de la creación de salidas para el inventario digital de la red viaria de los elementos de la infraestructura (IFC) Manual de usuario	
	4.3.2.5	- canales de comunicación para los contratos de mantenimiento de equipos e infraestructura (incluidos elementos funcionales)	SCT+DGIM	4.3.2.5 A 4.3.2.5 B	Documento con la definición de la creación de canales de comunicación para los contratos de mantenimiento de equipos e infraestructura Manual de usuario	
	4.3.2.6	- inventario digital para integración al punto de acceso digital de la autoridad de tráfico	SCT+DGIM	4.3.2.6 A 4.3.2.6 B	Documento con la definición de la creación de salidas para el inventario digital para integración al punto de acceso digital de la autoridad de tráfico Manual de usuario	
4.3.3		- entorno de ciencia de datos: ingeniería y ayuda a la toma de decisiones con entornos adecuados para el tratamiento de datos resultantes, informes, análisis, etc. Como mínimo con R y Python, y RStudio para la generación de informes. Informes ad-hoc y/o programación de forma periódica y automática.	SCT+DGIM	4.3.3 A 4.3.3 B	Documento para el tratamiento de datos, informes, análisis, etc., para la generación de informes Manual de usuario	
4.3.4		- información geográfica:	SCT+DGIM			
	4.3.4.1	- mapas estado del tráfico, de la infraestructura y del inventario en tiempo real, alertas y recomendaciones, con filtraje de capas y exportación	SCT+DGIM	4.3.4.1 A 4.3.4.1 B	Documento con la definición de la creación de mapas del estado del tráfico, de la infraestructura y del inventario en tiempo real Manual de usuario	
	4.3.4.2	- mapping que sirva de soporte a la conducción semi autónoma y autónoma de los vehículos conectados y autónomos y de vehículos robotizados de conservación	SCT+DGIM	4.3.4.2 A 4.3.4.2 B	Documento con la definición de la creación de salidas gráficas para el mapping Manual de usuario	
4.3.5		- informes predefinidos:	SCT+DGIM			
	4.3.5.1	- dashboards para los casos de uso	SCT+DGIM	4.3.5.1 A 4.3.5.1 B	Documento con la definición de la creación de dashboards Manual de usuario	2.3 2.4

FASE 4. EXPORTACIÓN Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
	4.3.5.2	- informe de los trabajos de conservación	SCT+DGIM	4.3.5.2 A 4.3.5.2 B	Documento con la definición de la creación de informe de los trabajos de conservación Manual de usuario	
	4.3.5.3	- informe de transportes especiales	SCT+DGIM	4.3.5.3 A 4.3.5.3 B	Documento con la definición de la creación de informe de transportes especiales Manual de usuario	
	4.3.5.4	- informe del estado de la infraestructura y del tráfico (PowerBI o similar)	SCT+DGIM	4.3.5.4 A 4.3.5.4 B	Documento con la definición de la creación de informe del estado de la infraestructura y del tráfico Manual de usuario	
	4.3.6	- exportación y presentación de resultados para los diferentes clientes actuales y futuros (definición de las necesidades para desarrollar las salidas iniciales y futuras, y desarrollo de éstas)	SCT+DGIM	4.3.6	Entrega módulo de exportación y presentación de resultados	
4.4	Salidas adicionales					
4.4.1	- análisis y elaboración de propuesta de salidas adicionales a incorporar al módulo de exportación	SCT+DGIM	4.4.1	Documento sobre el análisis y elaboración de propuesta de nuevas salidas		4.2.2
4.4.2	- desarrollo de los casos de uso adicionales	SCT+DGIM	4.4.2 A 4.4.2 B	Documento con la definición de las salidas Manual de usuario		2.5
4.5	Elaboración del Plan de formación y de la documentación para las formaciones					
4.6	Ejecución del Plan de formación					
4.7	Elaboración de toda la documentación final del conjunto del gemelo digital					
4.8	Definición y elaboración de un Plan de seguimiento y mantenimiento del gemelo digital					

FASE 5: CIERRE Y TRANSFERENCIA

Tarea	Subtarea	Descripción	Validador	Entregable	Descripción entregable	Vinculado con
5.1		Transferencia de la solución		5.1	Documento del Plan de transferencia de la solución	
	5.1.1	Plan de transferencia de la solución	SCT+DGIM			
	5.1.2	Ejecución del proceso de transferencia	SCT+DGIM			
5.2		Análisis y evaluación de resultados		5.2	Documento final de ejecución del proyecto y consecución de los resultados	
	5.2.1	Recogida de indicadores e impactos	SCT+DGIM			
	5.2.2	Validación de la efectividad de la solución	SCT+DGIM			
	5.2.3	Propuesta de mejoras	SCT+DGIM			
	5.2.4	Monetización de la solución (coste de uso y de escalado)	SCT+DGIM			

Anexo 5: Relación usuarios y clientes iniciales del gemelo digital

RELACIÓN DE USUARIOS		
Unidad/es responsable/s	Perfil de usuario	Funciones
DGIM+SCT	Superusuario	Gestión de Usuarios, recursos y privilegios
DGIM	Equipo de carreteras conectadas e inteligentes	Planificación estratégica, ciencia de datos y ayuda a la toma de decisiones
DGIM	Oficina técnica	Planificación estratégica, ciencia de datos y ayuda a la toma de decisiones
DGIM	Técnicos de Planificación y Tecnología	Ciencia de datos
DGIM	Técnicos de Conservación y Explotación	Protocolos y planes de actuación
SCT	Equipo de Coordinación de Movilidad Segura y Sostenible	Planificación estratégica, ciencia de datos y ayuda a la toma de decisiones
SCT	Técnicos de Gestión del Tráfico	Protocolos y planes de actuación

RELACIÓN DE CLIENTES	
Unidad/es responsable/s	Tipo de cliente
DGIM+SCT	<ul style="list-style-type: none"> • Director • Subdirectores • Equipo TIC • Oficina de Prensa y Comunicación • Equipos designados por los Servicios Territoriales
DGIM	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de carreteras conectadas e inteligentes • Oficina técnica • Jefe/a del Servicio de Seguridad Vial y Sistemas de gestión • Responsables de los sistemas de gestión • Jefe/a del Servicio de Gestión Vial • Equipos de análisis y gestión de datos viarios • Equipos de explotación de los Servicios Territoriales • Equipos de conservación de los Servicios Territoriales • Jefe/a de los Servicio Territoriales, de Gestión de Túneles y de Vías de Alta Capacidad • Jefe/a de sala del Centro de Control Vial • Operadores del Centro de Control Vial • Técnicos de proyectos • Jefe/a de planificación y equipos técnicos de planificación y tecnología • Jefe/a del Servicio de Programación y Modernización • Directores de los trabajos de conservación
DGIM + Externos	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe/a de trabajos de conservación
SCT	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de Gestión y Planificación de Seguridad Vial • Equipos de Gestión de Tráfico • Responsable de Gestión de Tráfico • CIVICAT • Equipos EMIV • Node DATEX
Externos	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas responsables de contratos • Ciudadanía en general • Redes sociales • Apps de información de tráfico • DGT • MMEE y Policías de tráfico • 112, Emergencias y Protección Civil

Anexo 6: Acrónimos

AMB	Área metropolitana de Barcelona
Apps	Aplicaciones móviles
Big Data	Conjunto de tecnologías creadas para almacenar, analizar y gestionar los conjuntos de datos masivos, y las herramientas para identificar patrones y diseñar soluciones inteligentes o tomar decisiones informadas en el ámbito del tráfico y las infraestructuras viarias
CCV	Centro de Control Viario
CIVICAT	Centro de Información Viaria de Catalunya
DGIM	Dirección General de Infraestructuras de Movilidad
ECF	Departamento de Economía y Finanzas
GVV	Gestión de la Velocidad Variable
Interfaz LLM	Interfaz de comunicación con modelos de lenguaje de última generación (Large Language Models). Esta interfaz se utiliza para aplicar modelos de inteligencia artificial (IA) como los LLM en la gestión del tráfico y las redes viales.
ITS	Inteligente Transporte System (Sistemas de Transporte Inteligentes)
PMV	Panel de Mensajería Variable que muestran información dinámica y en tiempo real a los conductores en carreteras y autopistas.
PK	Punto kilométrico
SCT	Servicio Catalán de Tráfico
TomTom	Empresa tecnológica internacional que provee dispositivos y servicios de navegación GPS. En el contexto del tráfico y la movilidad proporciona soluciones avanzadas para la planificación de rutas, navegación y gestión del tráfico.
Waze	Aplicación de navegación GPS basada en la colaboración y participación de los usuarios para ofrecer información en tiempo real sobre las condiciones de las carreteras.