

Infraestructura de Inteligencia Urbana

Integración de una red IoT masiva en el Gemelo Digital de Ciudad para la gestión predictiva y la resiliencia urbana



Candidatura a los Premios ASLAN 2026

Transformación Digital en las Administraciones Públicas



Infraestructura de Inteligencia Urbana: Integración de una red IoT masiva en el Gemelo Digital de Ciudad para la gestión predictiva y la resiliencia urbana

1. Resumen ejecutivo

El Ayuntamiento de Málaga presenta una **infraestructura de inteligencia urbana** plenamente operativa, basada en la integración real de una red masiva de sensorización IoT con el Gemelo Digital de Ciudad, orientada a la gestión predictiva y a la resiliencia urbana.

El proyecto no es un piloto ni una prueba de concepto, sino una solución desplegada, integrada y en uso efectivo por distintas áreas municipales, que aprovecha una infraestructura física existente financiada con fondos europeos (FEDER y Red.es) y la eleva a un nuevo nivel funcional mediante inteligencia artificial y simulación avanzada.

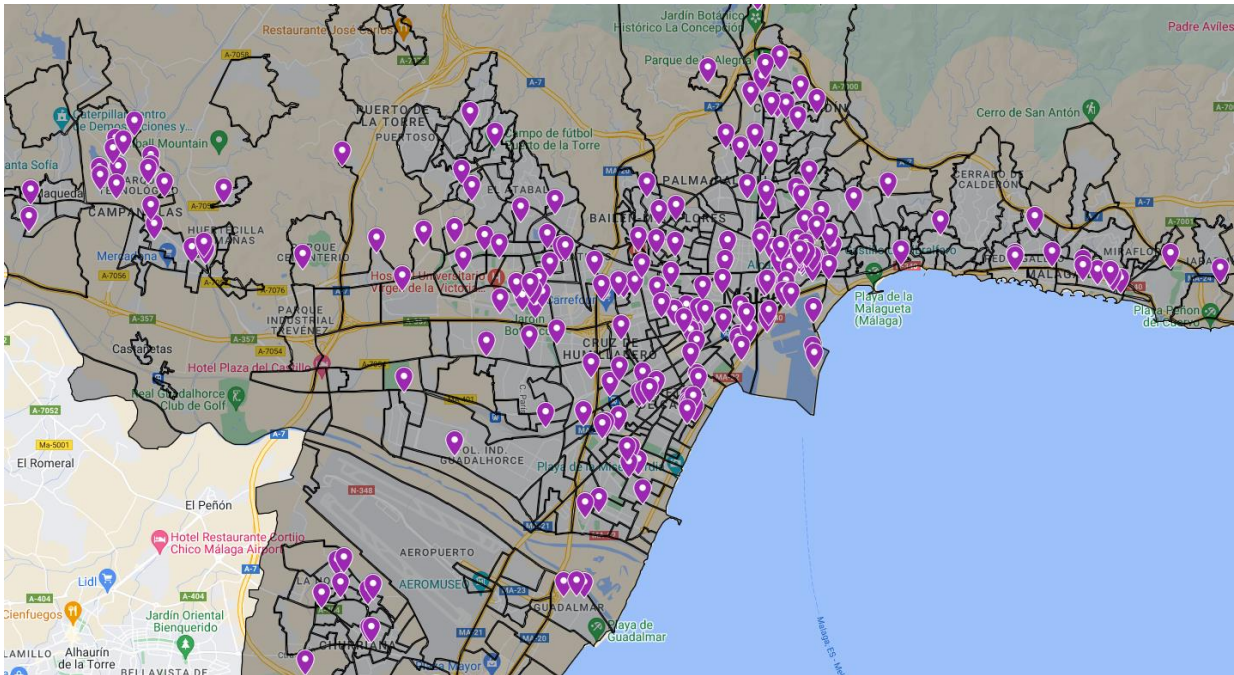
Gracias a esta integración, Málaga ha evolucionado desde un modelo de monitorización reactiva hacia una gobernanza predictiva basada en evidencias, capaz de anticipar fenómenos urbanos complejos —como picos de afluencia turística o episodios de inundación— y de optimizar la toma de decisiones municipales en ámbitos clave como movilidad, seguridad, turismo y protección civil.

El Gemelo Digital se utiliza como instrumento activo de planificación y anticipación, integrado en los flujos de trabajo municipales y orientado a la mejora continua de la gestión urbana, tanto en contextos de gestión ordinaria como en situaciones críticas.

En este marco, el Gemelo Digital se ha utilizado como herramienta operativa de apoyo a la planificación de servicios municipales en zonas de alta presión turística, permitiendo anticipar necesidades y coordinar recursos, y como apoyo a la planificación de una situación real de emergencia, en coordinación con el Centro Municipal de Emergencias (CME), integrando datos reales de inundabilidad, territorio y población vulnerable ante episodios de lluvias intensas.

2. Infraestructura física: los “sentidos de la ciudad”

El proyecto se sustenta sobre una infraestructura física real, compuesta por 218 nodos IoT y edificios inteligentes, desplegados en la ciudad y certificados conforme a la norma UNE 178108, lo que garantiza estandarización, interoperabilidad y sostenibilidad tecnológica.



Esta red constituye los sentidos de la ciudad, capturando datos urbanos de forma continua, fiable y georreferenciada en los siguientes ámbitos:

- **Movilidad y afluencia**

Conteo de personas y vehículos en zonas peatonales, espacios públicos y terminales de transporte, permitiendo medir flujos urbanos y patrones de ocupación.

- **Medio ambiente**

Estaciones meteorológicas urbanas y sensores de calidad del aire, ruido y electromagnetismo, fundamentales para contextualizar el comportamiento urbano y alimentar modelos predictivos.

- **Ciclo integral del agua**

Sensores de nivel, presión, caudal, calidad hídrica y detección temprana de inundaciones en puntos críticos de la ciudad.

- **Edificios, energía y seguridad**

Monitorización del estado, consumo y variables de riesgo en edificios municipales e infraestructuras críticas.

Esta infraestructura, ya financiada y operativa, es reutilizada y maximizada mediante su integración en el Gemelo Digital, evitando duplicidades tecnológicas y asegurando un retorno real de la inversión pública.



3. El Gemelo Digital de Ciudad como plataforma operativa

El Gemelo Digital de Ciudad (GeDIA) se concibe como una plataforma activa de análisis, predicción y simulación urbana, no como un mero visor de información.

Su diseño responde a principios claros de ingeniería:

- arquitectura multicapa y desacoplada,
- soberanía del dato municipal,
- integración con sistemas municipales existentes,
- escalabilidad funcional y tecnológica,
- orientación directa a casos de uso reales.

El Gemelo Digital genera conocimiento nuevo a partir de los datos, permitiendo anticipar escenarios, evaluar impactos y apoyar decisiones operativas y estratégicas.

4. Arquitectura tecnológica

4.1 Capa de acceso a datos (Data Gathering)

Esta capa integra y normaliza datos procedentes de la sensórica IoT de CENTESIMAL y de sistemas municipales como SIG, movilidad, ciclo del agua y emergencias.

Mediante ingesta en tiempo real y procesamiento de eventos, se corrigen anomalías, se unifican formatos y se generan series temporales fiables, garantizando la calidad de los datos que alimentan los modelos predictivos.

Esta capa constituye un elemento crítico del sistema, ya que asegura la consistencia y robustez de la información utilizada en la toma de decisiones.

4.2 Capa de inteligencia artificial y simulación

Es el núcleo computacional del Gemelo Digital, donde se ejecutan:

- modelos de machine learning y deep learning (principalmente redes neuronales LSTM para análisis de series temporales),
- simulaciones Montecarlo para el análisis de incertidumbre,
- simulación basada en agentes para modelar comportamientos colectivos y dinámicas urbanas complejas.

Esta capa permite entrenar modelos con datos históricos reales, reentrenarlos con datos en tiempo real y proyectar escenarios futuros bajo distintas hipótesis operativas.

4.3 Capa de visualización y análisis

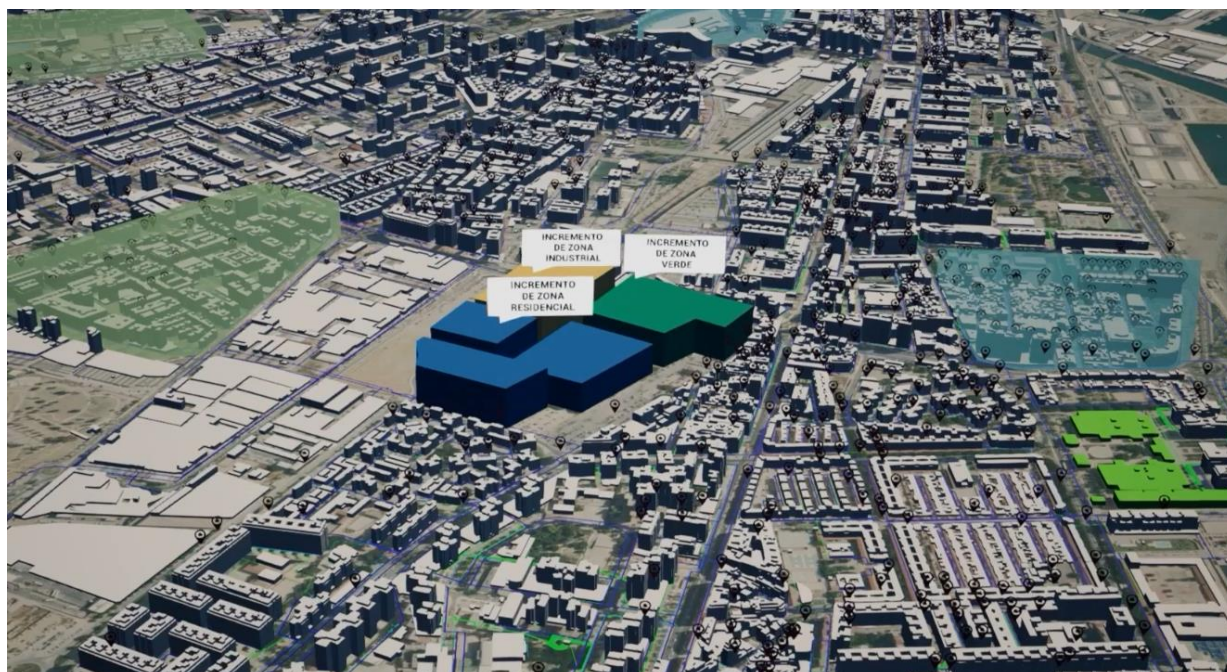
La información se representa en un entorno 3D inmersivo, desarrollado con Unreal Engine 5, integrando cartografía municipal, modelos BIM y datos reales y simulados.

Este entorno permite comprender de forma intuitiva fenómenos urbanos complejos, comparar escenarios y comunicar información crítica a los gestores municipales de manera clara y accionable.

5. Casos de uso estratégicos con impacto real

5.1 Gestión turística predictiva

Málaga, como destino turístico internacional con fuerte estacionalidad, utiliza el Gemelo Digital para anticipar picos de afluencia con granularidad horaria, combinando datos de movilidad, aforos, climatología y eventos.





Los modelos predictivos permiten:

- planificar con antelación servicios de limpieza, seguridad y transporte,
- identificar zonas de saturación en espacios críticos como el Centro Histórico o las playas,
- mejorar la experiencia del visitante minimizando impactos negativos sobre la ciudad.

La gestión turística deja de ser reactiva para convertirse en un proceso proactivo y basado en evidencias, apoyado en datos reales de la ciudad.

5.2 Resiliencia urbana frente a inundaciones

Ante episodios de lluvias torrenciales, el Gemelo Digital integra datos reales procedentes de pluviómetros, sensores de nivel, red de drenaje y capas territoriales, alimentando modelos hidrológicos urbanos y escenarios de simulación orientados a la planificación y gestión de situaciones de emergencia.

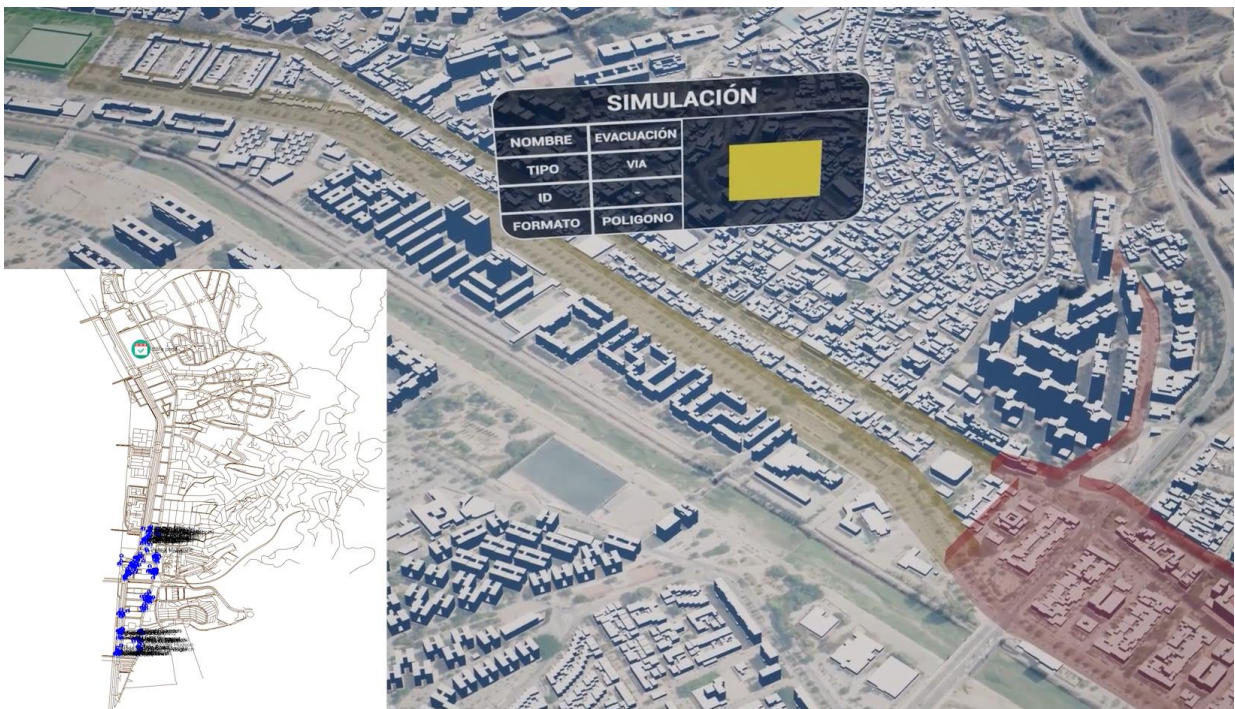
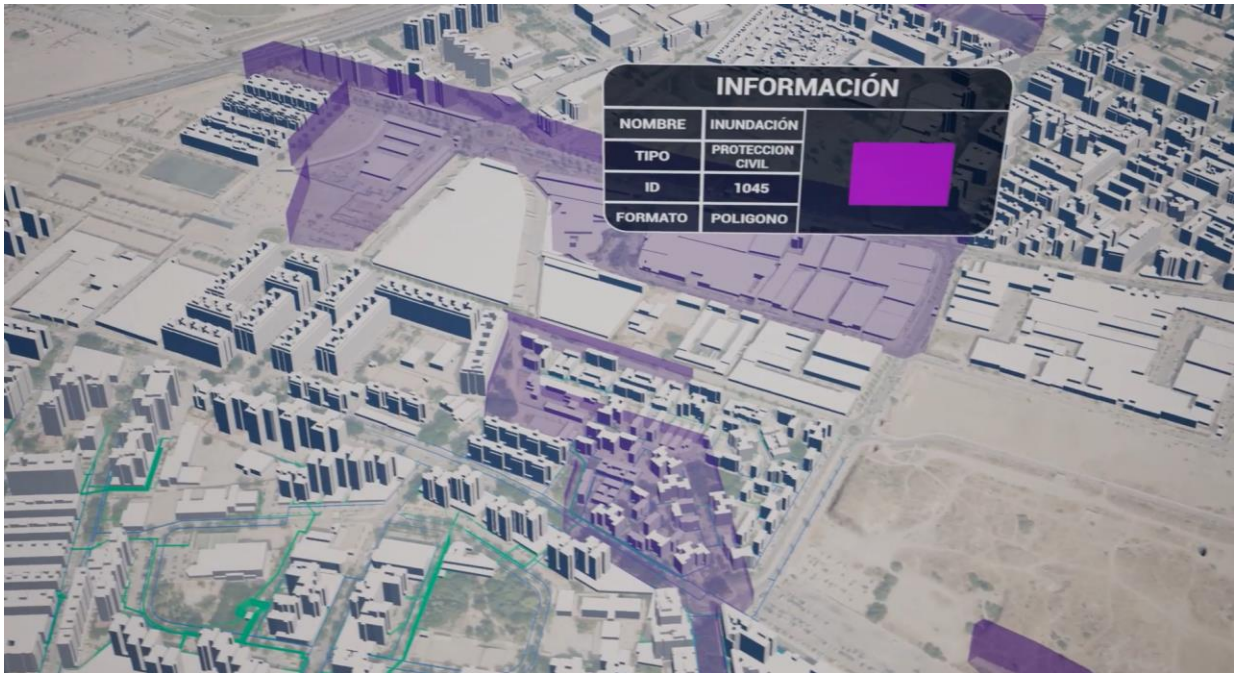
En el contexto de las lluvias intensas previstas en Málaga durante los meses de noviembre y diciembre 2025, este caso de uso fue utilizado de forma operativa y en coordinación con el **Centro Municipal de Emergencias (CME)** como herramienta de apoyo a la planificación preventiva de la situación de emergencia, siguiendo las indicaciones y necesidades planteadas por dicho centro.

El Gemelo Digital permitió **simular la progresión de la crecida del agua en las zonas inundables de la ciudad** bajo distintos escenarios de intensidad de lluvia, integrando información geolocalizada clave para la toma de decisiones, como:

- la **identificación de zonas potencialmente afectadas**,
- la **detección de población vulnerable**, mediante el cruce de información territorial con datos de Urbanismo, padrón de habitantes e IBI, que permitió identificar rangos de edad y tipologías de vivienda en las áreas de riesgo, y
- la **localización de posibles centros de evacuación**, como polideportivos y centros educativos, sobre los que Protección Civil podía articular planes de evacuación y acogida de personas.

El uso del Gemelo Digital en este contexto permitió anticipar escenarios, coordinar actuaciones entre áreas municipales y apoyar la toma de decisiones en fase preventiva, reforzando de forma efectiva la capacidad de planificación y respuesta municipal ante situaciones de riesgo hidrometeorológico.





6. Impacto organizativo, eficiencia y retorno de la inversión

La implantación del Gemelo Digital ha permitido:

- eliminar silos de información entre áreas municipales como Urbanismo, EMASA, Seguridad, Movilidad y Turismo,

- mejorar la coordinación transversal,
- reducir tiempos de respuesta ante situaciones críticas,
- apoyar decisiones estratégicas mediante datos y simulaciones.

Desde el punto de vista económico, el proyecto maximiza el retorno de infraestructuras ya financiadas, evita inversiones redundantes y establece una base tecnológica reutilizable para nuevos casos de uso sin necesidad de grandes costes adicionales.

7. Nivel de madurez y continuidad del proyecto

La infraestructura de inteligencia urbana presentada se encuentra en un nivel de madurez elevado, al tratarse de una solución desplegada, integrada y utilizada de forma efectiva en la gestión municipal, y no de un piloto ni de una prueba de concepto.

El Gemelo Digital de Ciudad se apoya en una infraestructura física IoT ya existente y operativa, financiada mediante fondos europeos, y se encuentra integrado con sistemas municipales reales, lo que garantiza su aplicabilidad práctica y su sostenibilidad en el tiempo.

La plataforma ha sido utilizada como herramienta operativa de apoyo a la planificación municipal, tanto en el ámbito de la gestión turística como en la planificación de una situación real de emergencia por riesgo de inundaciones, en coordinación con el Centro Municipal de Emergencias. Este uso ha permitido validar el Gemelo Digital como instrumento útil para anticipar escenarios, coordinar actuaciones y apoyar la toma de decisiones, especialmente en fases preventivas.

El proyecto no se concibe como una iniciativa puntual, sino como una infraestructura base permanente, sobre la que se están incorporando progresivamente nuevos casos de uso, nuevas fuentes de datos y la participación de distintas áreas municipales. Esta continuidad garantiza la evolución del sistema y su adaptación a futuros retos urbanos, consolidando el Gemelo Digital como un activo estratégico de ciudad.

8. Carácter diferencial de la candidatura

El principal elemento diferencial de esta candidatura reside en que el Ayuntamiento de Málaga presenta una infraestructura de inteligencia urbana real, operativa y en uso, basada en la **integración efectiva de una red IoT masiva existente con un Gemelo Digital de Ciudad**, y no en un planteamiento conceptual o experimental.

A diferencia de otras iniciativas de gemelo digital centradas principalmente en la visualización o en pruebas de concepto aisladas, el proyecto de Málaga se apoya en:

- una infraestructura física IoT ya desplegada, financiada con fondos europeos y certificada conforme a estándares,
- una integración real con sistemas municipales y datos operativos,
- casos de uso aplicados a problemas urbanos concretos, y
- un enfoque claro orientado a la anticipación, la planificación y la resiliencia urbana.

El carácter diferencial del proyecto se materializa en dos casos de uso estratégicos y complementarios:

- **Gestión turística predictiva**, utilizada para anticipar picos de afluencia con granularidad temporal, optimizar la planificación de servicios municipales (limpieza, seguridad, transporte) y mejorar la experiencia del visitante en zonas de alta presión turística.
- **Resiliencia urbana frente a inundaciones**, donde el Gemelo Digital se utilizó como herramienta operativa de apoyo a la planificación de una situación real de emergencia, en coordinación con el Centro Municipal de Emergencias, integrando datos reales de inundabilidad, territorio y población vulnerable para anticipar escenarios y coordinar actuaciones en fase preventiva.

El Gemelo Digital no se concibe como un fin en sí mismo, sino como una **herramienta al servicio de la toma de decisiones públicas**, capaz de integrar datos heterogéneos, simular escenarios y apoyar la coordinación entre áreas municipales en contextos tanto ordinarios como críticos.

Esta combinación de infraestructura real, uso operativo en ámbitos económicos y de seguridad, coordinación institucional y orientación a resultados refuerza la solidez y el grado de madurez de la candidatura, alineándola con los objetivos reales de transformación digital en las administraciones públicas y con las estrategias europeas de ciudad inteligente.

9. Escalabilidad, replicabilidad y alineación estratégica

La solución implantada es escalable, permitiendo incorporar nuevos sensores y casos de uso, y replicable en otros municipios con necesidades similares.



El modelo está alineado con las estrategias europeas de ciudad inteligente, resiliencia urbana y uso eficiente del dato, y no depende de soluciones cerradas ni de un único proveedor, garantizando su sostenibilidad a medio y largo plazo.

10. Conclusión

Málaga se sitúa en una posición avanzada en el ámbito de los Gemelos Digitales urbanos al presentar una infraestructura de inteligencia urbana que no se limita a visualizar la ciudad, sino que la anticipa, la simula y la gestiona como apoyo real a la toma de decisiones públicas.

La integración entre la red IoT CENTESIMAL y el Gemelo Digital GeDIA ha permitido **aplicar esta infraestructura a casos de uso reales**, tanto en la **gestión turística**, apoyando la planificación de servicios municipales en zonas de alta afluencia, como en la **resiliencia urbana frente a inundaciones**, donde el Gemelo Digital se ha utilizado como herramienta operativa de apoyo a la planificación de una situación real de emergencia en coordinación con el Centro Municipal de Emergencias.

Este enfoque demuestra cómo una ciudad puede **transformar una inversión tecnológica en capacidad efectiva de anticipación**, mejorando la eficiencia operativa, la coordinación institucional y la resiliencia urbana, con un impacto directo en la calidad de vida de ciudadanos y visitantes.

Málaga no presenta un concepto: presenta una **infraestructura urbana que ya se utiliza para planificar y gestionar la ciudad de forma anticipativa**.