CONAMA 2026

# Gemelos Digitales para la planificación urbana sostenible

## ArcGIS Urban como herramienta para la evaluación de escenarios urbanísticos

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

**Edita:** Fundación Conama

**Año:** 2026

Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

## Personas autoras de la presente comunicación técnica

Autor Principal de la comunicación: Laura García Campo. Especialista en datos geoespaciales. ESRI España.

# Índice

**1. Resumen ..... 1**

**2. Introducción ..... 2**

**3. Marco normativo ..... 4**

3.1. Del urbanismo tradicional al urbanismo sostenible ..... 4

3.2. Desarrollo urbano sostenible como proceso integrado ..... 4

**4. Metodología y aplicación ..... 6**

4.1. Enfoque metodológico ..... 6

4.2. ArcGIS Urban como plataforma de análisis ..... 7

4.3. Datos que alimentan el gemelo digital ..... 9

4.3.1. Datos de movilidad y accesibilidad ..... 9

4.3.2. Datos sobre el parque edificatorio ..... 12

4.3.3. Datos sociodemográficos ..... 15

4.4. Generación de escenarios ..... 18

**5. Resultados ..... 21**

**6. Conclusiones ..... 22**

**7. Bibliografía ..... 24**

# 1. Resumen

La transición hacia modelos urbanos más sostenibles y resilientes exige herramientas digitales capaces de anticipar los efectos de las decisiones de planificación antes de su materialización sobre el territorio. En este contexto, los **gemelos digitales urbanos** están emergiendo como una nueva herramienta de **apoyo a la toma de decisiones**, integrando información geoespacial, normativa, ambiental y socioeconómica en entornos digitales capaces de simular escenarios de desarrollo urbano antes de su aprobación o modificación.

Los **marcos europeos** más recientes para el desarrollo urbano sostenible destacan la necesidad de **adoptar enfoques integrados** que combinen planificación territorial, acción climática, movilidad sostenible, digitalización y gobernanza basada en evidencia. El **Handbook of Sustainable Urban Development Strategies** [1], una guía metodológica y de aprendizaje de políticas publicada por el Joint Research Centre (JRC) de la Comisión Europea, promueve la utilización de herramientas que permitan evaluar de forma objetiva las estrategias urbanas y medir sus impactos mediante indicadores verificables. Paralelamente, las **directrices europeas para los Planes de Movilidad Urbana Sostenible (SUMP)** [2] refuerzan la importancia de analizar la accesibilidad, la proximidad a servicios y los patrones de movilidad de la población como elementos clave del desarrollo urbano sostenible. Asimismo, la **Nueva Carta de Leipzig** [3] reconoce la digitalización como una dimensión transversal para acelerar la transformación de las ciudades hacia modelos más justos, verdes y productivos.

Este trabajo presenta una **metodología de evaluación multicriterio** de escenarios urbanísticos basada en modelos paramétricos y apoyada en tecnologías de gemelo digital, concretamente en la herramienta **ArcGIS Urban** de ESRI como entorno de simulación y análisis. La metodología se aplica al barrio de Las Torres, en Las Palmas de Gran Canaria, donde se escenarios de ordenación que influyen directamente en los indicadores urbanísticos, ambientales y de accesibilidad del barrio.

Los resultados obtenidos muestran cómo los gemelos digitales permiten analizar, diseñar y cuantificar en tiempo real y de forma sencilla distintas propuestas urbanas que influyen sobre variables como la densidad residencial, la mezcla de usos, la accesibilidad a equipamientos, la movilidad sostenible, la disponibilidad de espacio público o la infraestructura verde. El trabajo concluye que **los gemelos digitales constituyen la herramienta más eficaz para avanzar hacia modelos de planificación urbana** basados en evidencia, facilitando procesos de decisión más transparentes, objetivos y alineados con los objetivos europeos de sostenibilidad urbana.

**Palabras clave:** Gemelo Digital Urbano, ArcGIS Urban, planificación urbana sostenible, evaluación de escenarios, Agenda Urbana Española, movilidad sostenible, urbanismo basado en evidencia.

# 2. Introducción

Las ciudades europeas afrontan actualmente algunos de los mayores desafíos de su historia reciente. La adaptación al cambio climático, la reducción de emisiones de carbono, la creciente presión sobre la vivienda, la necesidad de mejorar la movilidad sostenible o la preservación de los recursos naturales obligan a replantear los modelos tradicionales de planificación urbana.

En este contexto, las instituciones europeas han impulsado durante la última década un conjunto de iniciativas orientadas a promover un desarrollo urbano integrado y sostenible. Entre ellas destacan la Agenda Urbana Española [4], la Nueva Carta de Leipzig, la Agenda Territorial 2030 [5] y la EU Mission Climate-Neutral and Smart Cities [6], todas ellas coincidentes en la necesidad de incorporar nuevas capacidades de análisis y evaluación que permitan fundamentar las decisiones urbanísticas sobre datos objetivos y medibles.

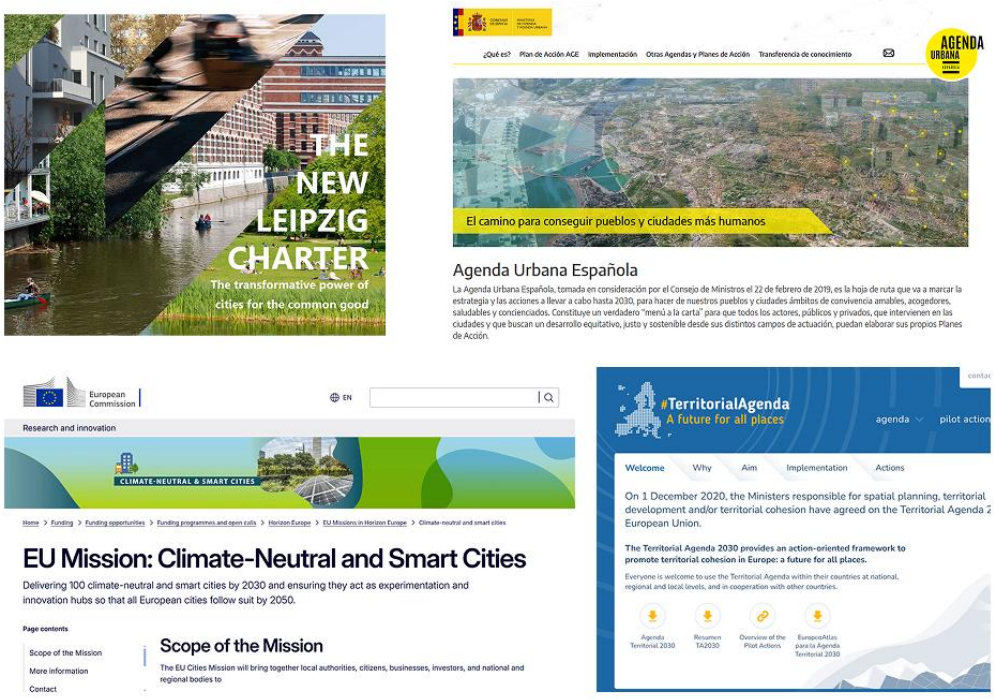



**Figura 1.** Iniciativas europeas y españolas para promover el desarrollo urbano sostenible.
Fuente: Propia.

La Agenda Urbana Española establece como objetivos estratégicos la utilización racional del suelo, la reducción de la dispersión urbana, la movilidad sostenible, la resiliencia climática y la transformación digital de las ciudades, incorporando para ello sistemas de indicadores que permitan medir el avance de las actuaciones urbanas. De forma complementaria, la Nueva Carta de Leipzig reconoce que las tecnologías digitales constituyen un elemento transversal para la construcción de ciudades más sostenibles, reforzando la necesidad de integrar información territorial, ambiental y social en los procesos de planificación urbana.

Paralelamente, el desarrollo reciente de los gemelos digitales urbanos está modificando de forma significativa la forma en que se conciben los procesos de planeamiento. Más allá de los tradicionales modelos cartográficos o representaciones tridimensionales estáticas, los gemelos digitales permiten crear representaciones virtuales dinámicas del territorio capaces de simular mediante cambios en el destino de uso de suelo futuros escenarios urbanos y cuantificar sus posibles impactos permitiendo a urbanistas y administraciones publicas guiar sus territorios y ciudades hacia el escenario más sostenible.

En este sentido, herramientas como ArcGIS Urban facilitan la integración de información territorial, normativa y tridimensional de gran complejidad en un entorno común donde diferentes alternativas de ordenación pueden ser evaluadas rápidamente mediante indicadores de sostenibilidad, accesibilidad, capacidad residencial o calidad ambiental entre otros.

Tal y como refleja la Agenda Urbana Europea [7], las áreas urbanas concentran simultáneamente los principales retos relacionados con vivienda, transición energética, movilidad, inclusión social y competitividad económica. En este contexto, los gemelos digitales urbanos se presentan como una herramienta clave para trasladar los objetivos estratégicos europeos al proceso de planificación, permitiendo integrar datos de múltiples fuentes, evaluar escenarios alternativos y apoyar la toma de decisiones mediante indicadores objetivos y cuantificables.

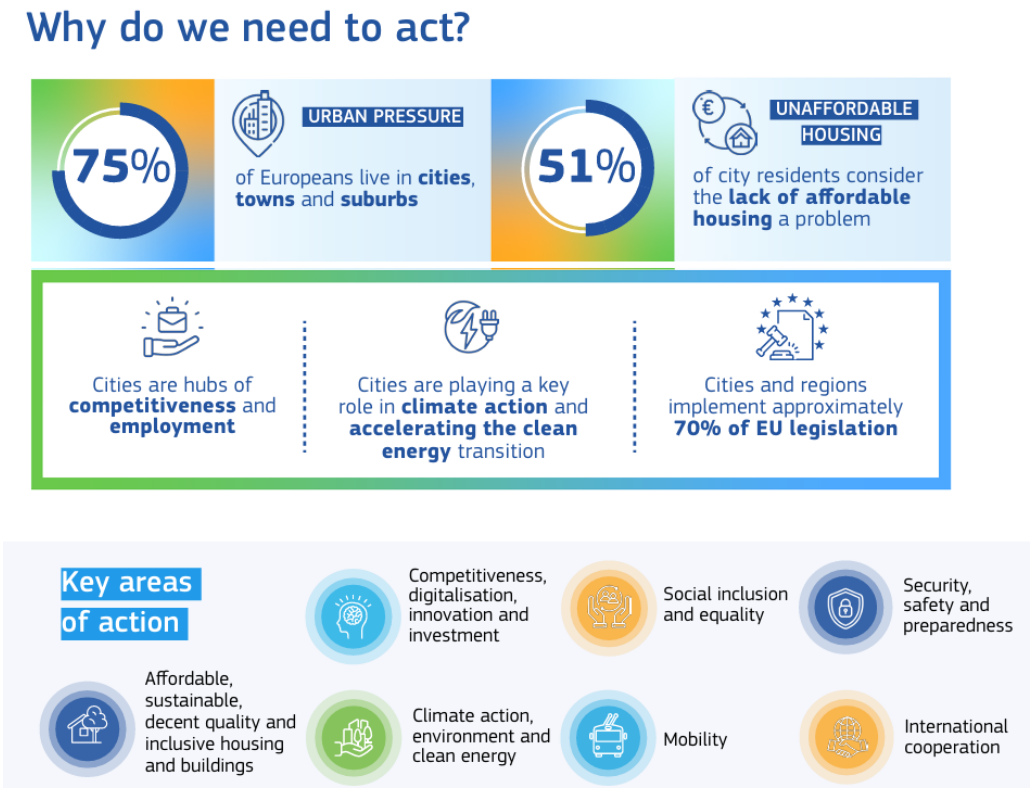



**Figura 2.** Infografia de la EU Agenda for Cities Driving Growth and Prosperity. Diciembre 2025
Fuente: Comisión europea

# 3. Marco normativo

## 3.1. Del urbanismo tradicional al urbanismo sostenible

Tradicionalmente, los procesos de planificación urbana se han apoyado en documentos normativos, estudios sectoriales y procedimientos de evaluación desarrollados de forma relativamente independiente por las distintas áreas de la administración. Sin embargo, la creciente complejidad de los retos urbanos contemporáneos exige enfoques y agentes capaces de analizar simultáneamente y de forma holística múltiples dimensiones del territorio.

La planificación urbana actual está evolucionando hacia modelos basados en datos y evidencias, donde las decisiones de diseño y ordenación deben poder ser evaluadas mediante indicadores cuantificables y escenarios comparables que se alimente de datos recogidos casi en tiempo real. Este enfoque aparece reflejado de manera explícita en el Handbook of Sustainable Urban Development Strategies, una guía de la Unión Europea que promueve la utilización de metodologías que permitan vincular la formulación estratégica con sistemas de seguimiento y evaluación basados en indicadores territoriales dinámicos.

Desde esta perspectiva, la planificación urbana deja de entenderse exclusivamente como un proceso regulatorio para convertirse en un proceso continuo de análisis, simulación y evaluación del territorio, un nuevo modelo hacia el que deben dirigirse nuestras ciudades y territorios de forma urgente.

## 3.2. Desarrollo urbano sostenible como proceso integrado

Uno de los principios fundamentales de las actuales políticas urbanas europeas es la integración de diferentes dimensiones de la sostenibilidad dentro de una misma estrategia urbana.

La Agenda Urbana Española plantea diez objetivos estratégicos que abarcan aspectos muy diversos relacionados con el uso eficiente del suelo, la movilidad sostenible, la resiliencia climática, la cohesión social, la digitalización y la gobernanza. Estos objetivos representan una evolución respecto a enfoques tradicionales centrados exclusivamente en la regulación urbanística. De forma similar, el Handbook of Sustainable Urban Development Strategies propone abordar el desarrollo urbano desde una perspectiva transversal en la que confluyen planificación territorial, medio ambiente, economía, gobernanza y calidad de vida, todo ello sin olvidar la parte de participación ciudadana dentro del proceso.

En este contexto, la sostenibilidad urbana puede entenderse como la capacidad de una ciudad para equilibrar, simultáneamente, cuestiones como:

- La eficiencia en el uso del suelo
- La reducción del impacto ambiental
- La correcta accesibilidad a servicios y equipamientos
- La cohesión social en todo el territorio
- La competitividad económica
- La resiliencia frente al cambio climático
- La participación ciudadana en los procesos de planificación

Este planteamiento requiere herramientas que permitan a los planificadores o gestores del territorio analizar de forma integrada múltiples y complejas variables, para lo cual se hace imprescindible la transición hacia modelos basados en gemelos digitales urbanos.




**Figura 3.** Proceso para una adecuada planificación urbana sostenible de las ciudades y territorios.
Fuente: Propia generada con IA

# 4. Metodología y aplicación

## 4.1. Enfoque metodológico

La metodología propuesta en este trabajo parte de la hipótesis de que los gemelos digitales urbanos pueden actuar como una herramienta de apoyo de alto valor en la toma de decisiones en el ámbito de la planificación ya que nos permiten evaluar, de forma cuantitativa y reproducible, diferentes alternativas de desarrollo urbano antes de su aprobación. Lejos de constituir únicamente una herramienta de representación gráfica, los gemelos digitales se configuran como plataformas de análisis capaces de transformar grandes volúmenes de información territorial en conocimiento útil para la valoración de estos escenarios.

A diferencia de los procesos tradicionales de planeamiento, donde gran parte de la evaluación se realiza mediante documentación estática y análisis sectoriales independientes, el enfoque propuesto integra información territorial, urbanística, edificatoria, social, ambiental y de movilidad dentro de un único entorno digital y permite la actualización constante de datos en un entorno web gobernado, seguro y centralizado evitando la duplicidad de versiones.

La metodología propuesta se estructura en cuatro fases:

### Fase 1. Construcción del gemelo digital urbano

Integración de información geoespacial de referencia, indicadores de contexto, normativa existente y modelos tridimensionales del ámbito de estudio que nos ayuden a entender los condicionantes existentes.

### Fase 2. Construcción de indicadores

Definición de indicadores urbanísticos, ambientales y de accesibilidad relacionados de forma directa o indirecta con el destino de uso de suelo que nos ayuden a entender como afectaría la transformación o el desarrollo de un nuevo ámbito urbano.

### Fase 3. Definición de escenarios urbanísticos

Diseño y construcción de diversos escenarios de ordenación mediante la modificación del modelo tridimensional y/o de los parámetros urbanísticos y usos del suelo actuales.

### Fase 4. Comparación multicriterio

Análisis comparativo de resultados obtenidos a través de los indicadores para identificar las alternativas que mejor responden a los objetivos de sostenibilidad urbana de la ciudad o barrio analizados.

Se busca que el enfoque resulte coherente con los principios de planificación basada en evidencia promovidos por la Agenda Urbana Española, y las directrices europeas formuladas a través de guias como el Handbook of Sustainable Urban Development Strategies y las SUMP.

## 4.2. ArcGIS Urban como plataforma de análisis

La plataforma seleccionada para el desarrollo del estudio ha sido ArcGIS Urban, una solución específica para planificación urbana y evaluación de escenarios desarrollada sobre el ecosistema ArcGIS de ESRI y que ya ha sido probada en proyectos urbanos de referencia como la ciudad de Seestadt en Viena [8]

ArcGIS Urban permite crear representaciones digitales de la ciudad combinando, entre otros datos:

- Planeamiento vigente
- Parcelario catastral y edificación existente
- Indicadores urbanos de movilidad y eficiencia energética
- Datos sociodemográficos
- Infraestructuras urbanas y equipamientos existentes
- Datos de climatología y vientos

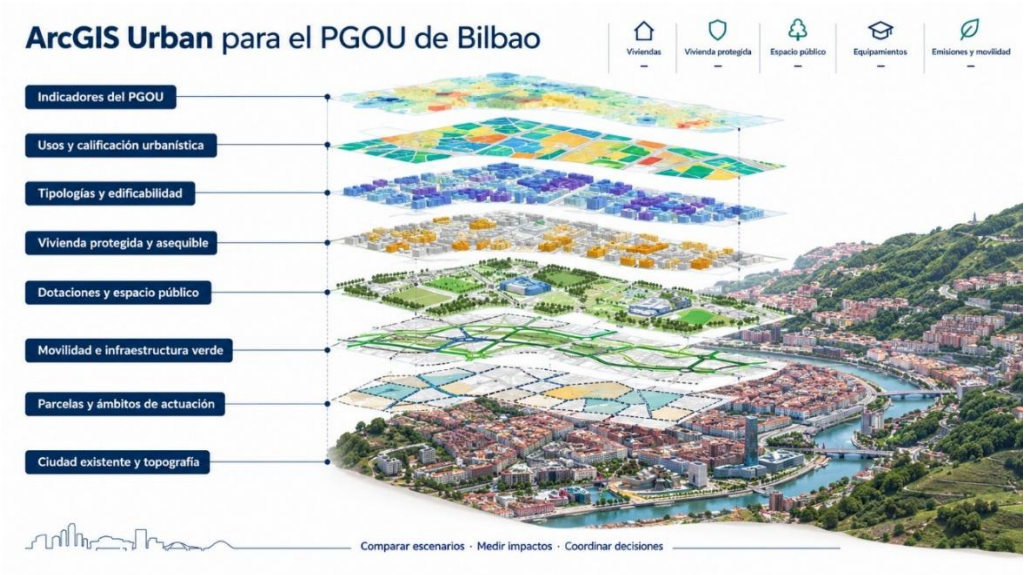



**Figura 4.** Referencia de capas y elementos referenciables en ArcGIS Urban
Fuente: Propia generada con IA

No obstante, el principal valor de la plataforma no reside en la visualización 3D, sino en su capacidad para responder preguntas estratégicas de planificación urbana como:

- ¿Dónde debería crecer/transformarse la ciudad?
- ¿Qué capacidad residencial existe con el planeamiento existente? ¿Qué efectos tendrá un aumento de densidad en este barrio?
- ¿Cómo afecta una modificación urbanística a la movilidad de la zona?¿Cuales de los viajes estimados serán por razón de destino/origen el hogar y cuales por razones de origen/destino trabajo?
- ¿Qué escenarios ofrecen mejores condiciones de accesibilidad para sus habitantes/trabajadores?
- ¿Qué impacto estacional de turismo tendrá este desarrollo urbano?

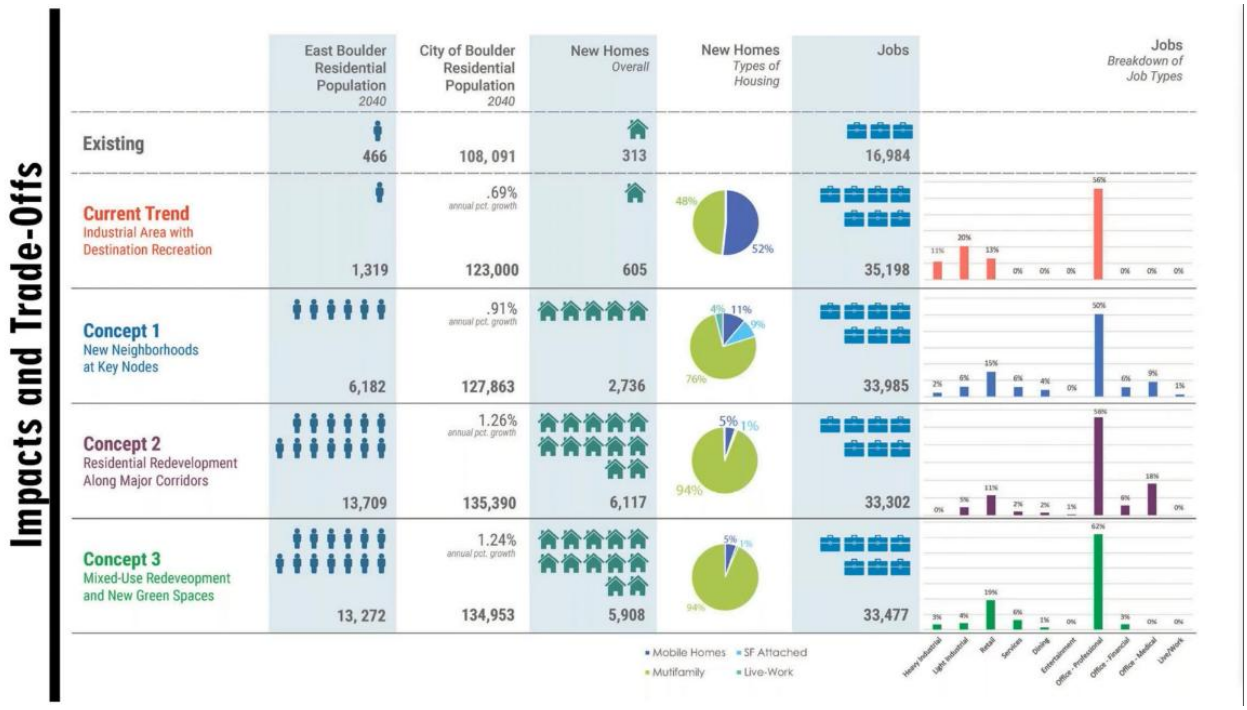



**Figura 5.** KPIs generados a partir de distintos escenarios de planificación urbana y su relación con las condiciones existentes
Fuente: ESRI.

Estas cuestiones convierten el gemelo digital en una herramienta de evaluación, más que de representación tridimensional de la realidad y es posible gracias a su concepción como un modelo paramétrico donde cada m2 de uso de suelo propuesto genera un impacto en indicadores totalmente configurables.




**Figura 6.** Funcionamiento y configuración de las métricas de ArcGIS Urban.
Fuente: ESRI.

# 4.3. Datos que alimentan el gemelo digital

La importancia de contar con datos de calidad es un parámetro diferencial a la hora de tomar decisiones. Debemos ser conscientes de las limitaciones y sesgos de cada fuente de datos antes de tomar decisiones basados en ellos. Por eso es importante contar con fuentes diversas y de calidad que nos ayuden a extraer la información y el conocimiento más fiel a la realidad existente.

## 4.3.1. Datos de movilidad y accesibilidad

La movilidad constituye uno de los principales retos de la sostenibilidad urbana contemporánea. Las directrices europeas para el desarrollo de **Planes de Movilidad Urbana Sostenible (SUMP)** establecen que la planificación urbana y la planificación de la movilidad deben abordarse de manera coordinada, evaluando conjuntamente las implicaciones territoriales de las decisiones urbanísticas.

El modelo de ciudad de proximidad promovido por estas directrices plantea que los servicios esenciales deben encontrarse accesibles mediante desplazamientos peatonales, ciclistas o en transporte público, reduciendo la dependencia del vehículo privado. Como consecuencia, los indicadores de accesibilidad y conectividad adquieren un papel cada vez más relevante en la evaluación de alternativas de desarrollo urbano y para su correcta evaluación deben contar con datos de calidad.

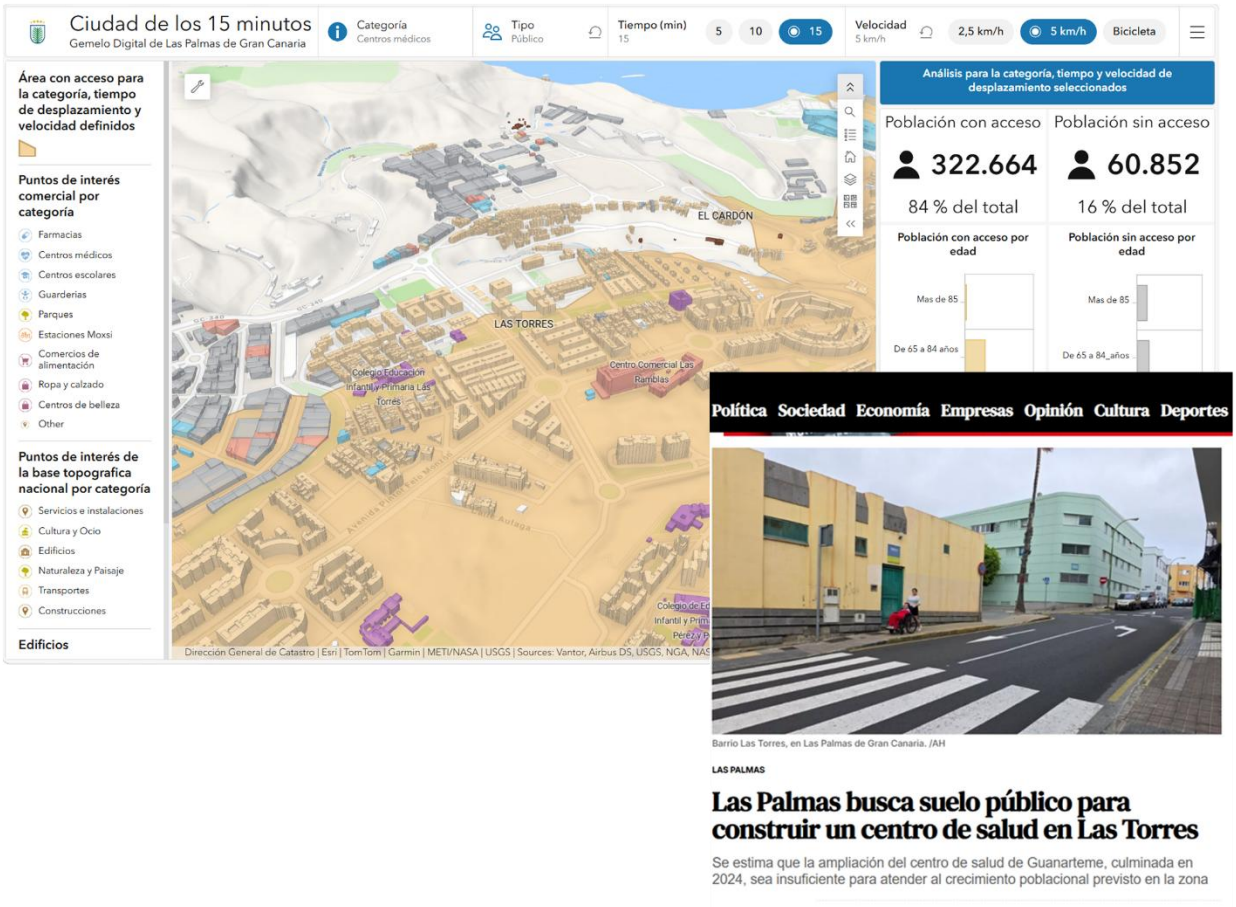



**Figura 7.** Necesidades de equipamientos del barrio analizado y análisis de proximidad a equipamientos públicos sanitarios en el barrio de Las Torres.
Fuente: Propia.

Los gemelos digitales permiten incorporar estas variables de accesibilidad dentro de un entorno común de análisis con otros datos como la estimación de transeúntes en vía o el tráfico diario, facilitando una profunda comprensión de la movilidad y la comparación entre diferentes escenarios urbanísticos.

Por ello es necesario contar con datos diversos de fuentes diversas y que incluyan tanto fuentes públicas como comerciales para analizar la movilidad desde diferentes perspectivas como:

- Estado de carga de la red
- Análisis de accesibilidad multimodal
- Intensidades medias diarias de tráfico por barrios, manzanas o tramo de vía
- Patrones de viajes origen-destino de los habitantes y de la población flotante (turistas).

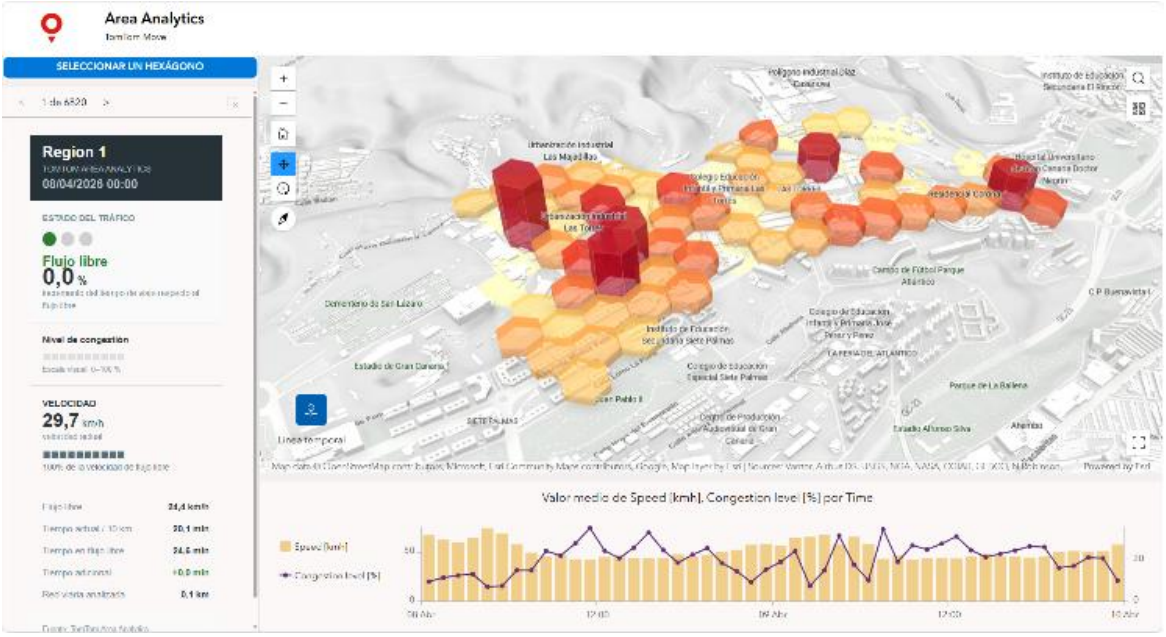



**Figura 8.** Análisis de tráfico diario con datos de TomTom a partir de datos GPS para el barrio de Las Torres. Fuente: Propia.

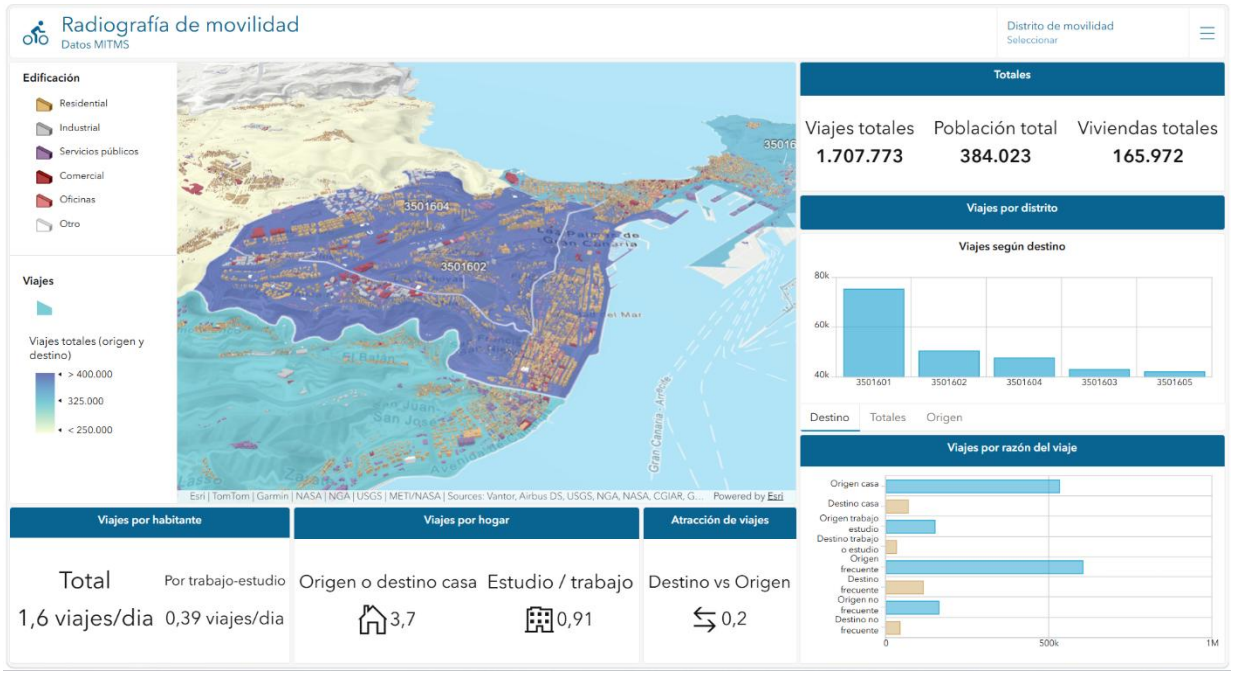



**Figura 9.** Análisis de movilidad con datos de telefonía móvil del MITMS. Indicador de estimación de viajes diarios por habitante y hogar para las distintas zonas de movilidad de Las Palmas de Gran Canaria. Fuente: Propia.

Frente a una visión convencional centrada exclusivamente en la capacidad viaria, la combinación de todos estos datos permiten analizar el impacto que tendría una determinada propuesta

urbanística, ya sea un nuevo desarrollo o una transformación del tejido urbano consolidado, sobre la generación de viajes y por tanto el impacto en la infraestructura existente, ya que estos análisis no se utilizan únicamente como referencia cartográfica, sino que alimentan las métricas configuradas en ArcGIS Urban mediante parámetros espaciales.

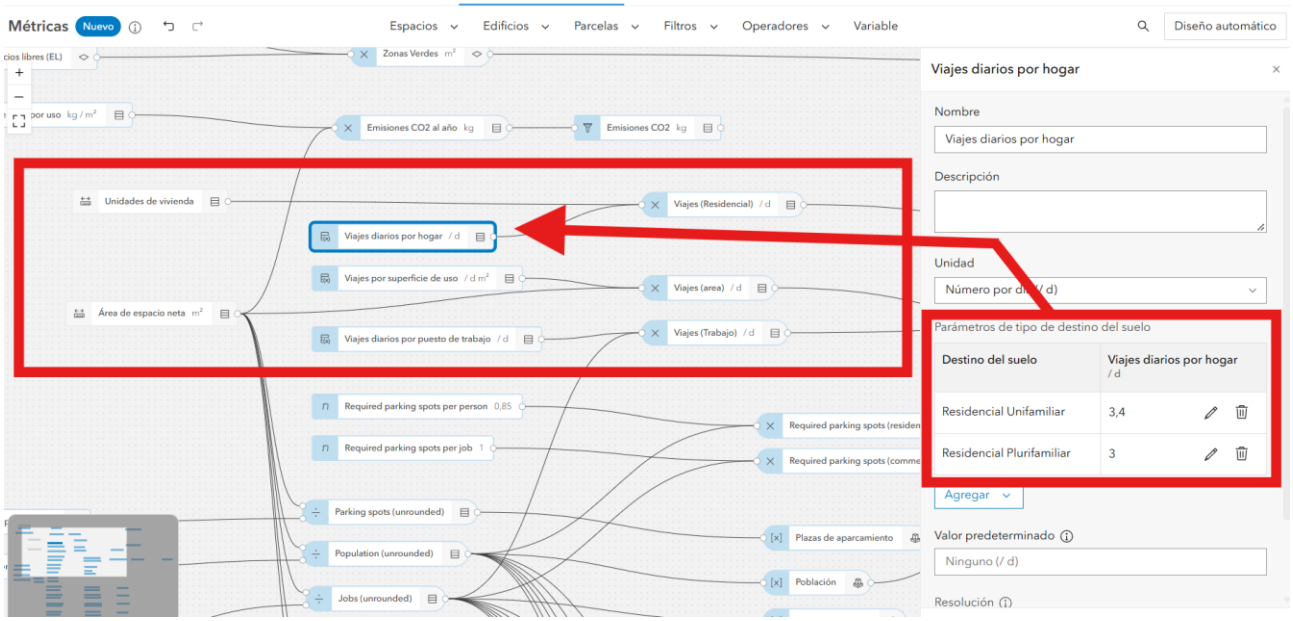



**Figura 10.** Configuración de la métrica “Viajes estimados” en ArcGIS Urban a partir de datos de hogares y puestos de trabajo estimados.
Fuente: Propia.

Los datos de movilidad también sirven para realizar estudios de idoneidad de parcelas a partir de parámetros zonales dentro de la herramienta. Así, las parcelas con diferentes niveles de accesibilidad a paradas de transporte publico pueden convertirse en parámetros para el cálculo de indicadores asociados a reparto modal esperado por parcela y, por tanto, a la generación de viajes estimada en cada parcela del barrio (variación según tasa de captura esperada).

De esta forma, la movilidad y la accesibilidad dejan de ser análisis descriptivos para convertirse en parámetros dinámicos que dotan de información valiosa a los escenarios de planeamiento.

## 4.3.2. Datos sobre el parque edificatorio

La mejora del comportamiento energético de los edificios constituye uno de los principales desafíos urbanos en el contexto de la transición ecológica y los objetivos europeos de descarbonización. En España, una gran parte del parque residencial fue construida con anterioridad a la entrada en vigor

de las actuales normativas de eficiencia energética, lo que se traduce en elevados consumos de energía, mayores emisiones de gases de efecto invernadero y una menor calidad de habitabilidad.

Por este motivo, el análisis del parque edificatorio se incorporó como una de las dimensiones fundamentales del gemelo digital desarrollado para el ámbito de Las Torres.

A diferencia de los análisis convencionales basados exclusivamente en información catastral o urbanística, el modelo integra información detallada procedente de fuentes especializadas de caracterización energética y edificatoria, permitiendo analizar simultáneamente aspectos constructivos, energéticos, sociodemográficos y urbanísticos.

## Radiografía del parque edificatorio

Como primera fase del análisis se elaboró una caracterización detallada de los edificios existentes con el objetivo de identificar patrones de antigüedad, tipología y condiciones de habitabilidad.

Entre las variables incorporadas destacan:

- Año de construcción.
- Número de plantas.
- Uso predominante.
- Superficie construida.
- Tipología edificatoria.
- Número estimado de viviendas.
- Número estimado habitantes por vivienda.
- Disponibilidad de ascensor.
- Disponibilidad de plazas de aparcamiento.
- Superficies destinadas a comercio, oficinas e industria.

La integración de estos datos permite identificar **áreas prioritarias para actuaciones de rehabilitación** urbana y establecer estrategias diferenciadas según las características del tejido construido.

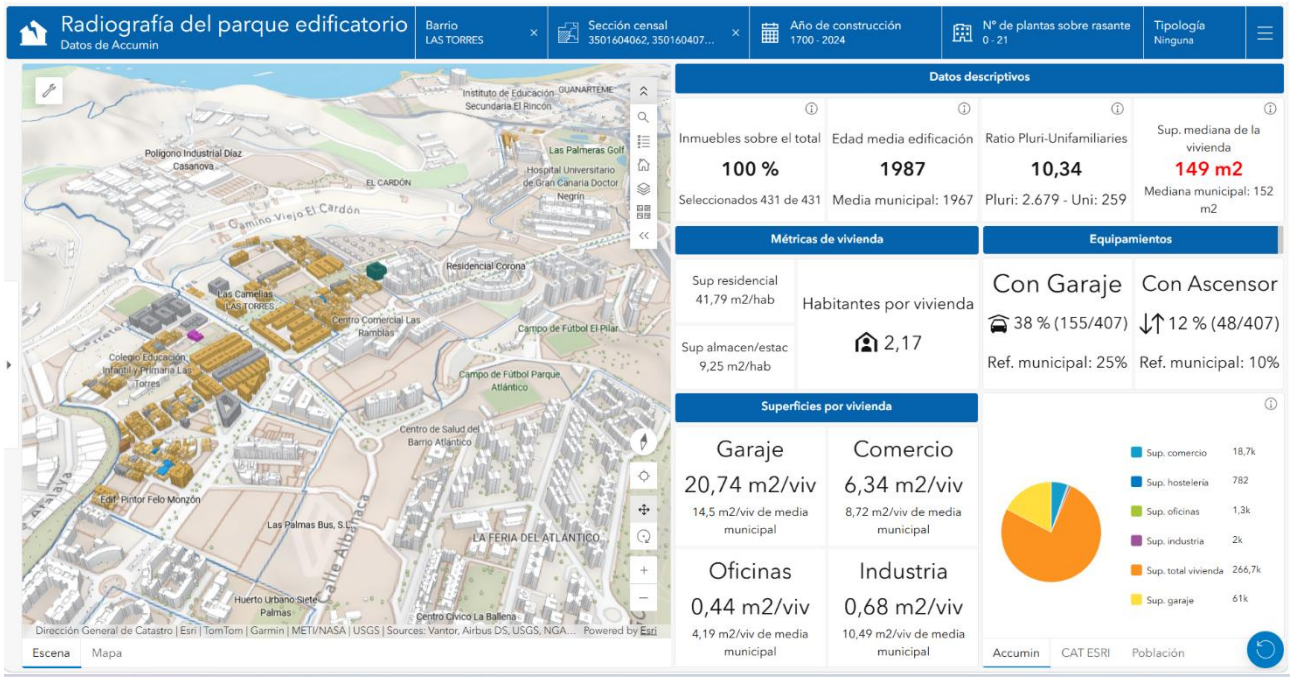



**Figura 11.** Radiografía del parque edificatorio del barrio de Las Torres con datos de Accumin.
Fuente: Propia.

En el caso analizado, el barrio presenta un parque residencial relativamente homogéneo y desarrollado principalmente durante las décadas finales del siglo XX, configurando un escenario especialmente adecuado para actuaciones de rehabilitación energética a escala de barrio.

## Caracterización energética

Una vez definido el estado actual del parque edificatorio, se incorporaron indicadores relacionados con el comportamiento energético de los inmuebles.

Los datos utilizados permiten estimar:

- Consumo energético anual.
- Demanda energética total.
- Demanda de calefacción.
- Demanda de refrigeración.
- Demanda de agua caliente sanitaria.
- Emisiones asociadas de $CO_2$.
- Calificación energética.
- Potencial de instalación fotovoltaica.

- Costes potenciales de rehabilitación.

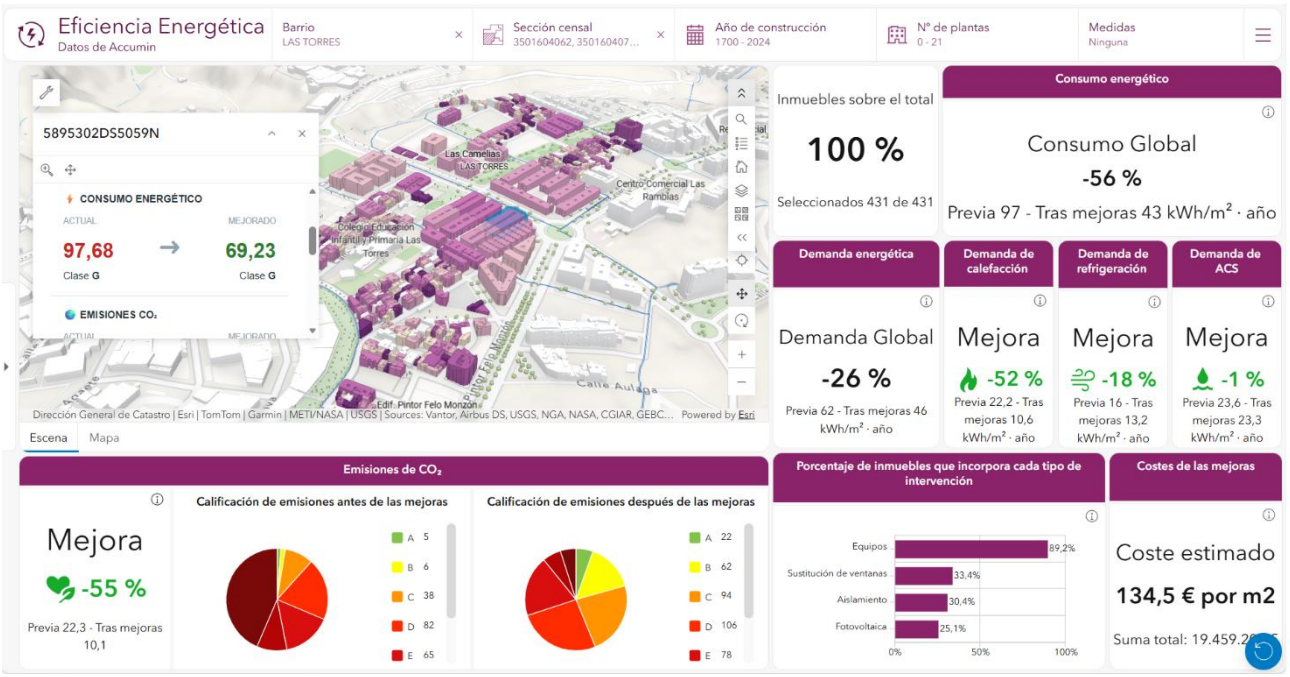



**Figura 12.** Radiografía de la eficiencia energética del parque edificatorio del barrio de Las Torres con datos de Accumin.
Fuente: Propia.

La incorporación de estas variables dentro del gemelo digital permite asociar cada edificio a parámetros energéticos específicos que posteriormente pueden utilizarse para modelar escenarios de mejora.

## 4.3.3. Datos sociodemográficos

La sostenibilidad urbana no puede analizarse únicamente desde una perspectiva física o ambiental. Los actuales marcos europeos de desarrollo urbano sostenible destacan la necesidad de incorporar variables sociales y económicas que permitan evaluar cómo las decisiones urbanísticas afectan a la población residente y contribuyen a reducir situaciones de vulnerabilidad.

Por este motivo, el gemelo digital incorpora una capa específica de información sociodemográfica destinada a caracterizar la realidad social del ámbito de estudio y apoyar la identificación de áreas prioritarias para actuaciones de regeneración urbana.

La integración de esta información permite complementar los análisis urbanísticos, energéticos y de movilidad previamente descritos, proporcionando una visión más completa de las dinámicas urbanas presentes en el barrio.

La información incorporada procede de fuentes estadísticas oficiales y conjuntos de datos enriquecidos a escala de sección censal, permitiendo realizar análisis con un elevado nivel de detalle territorial.

Entre las variables utilizadas destacan:

- Población residente.
- Densidad de población.
- Pirámide poblacional.
- Renta disponible.
- Tasa de desempleo.
- Composición de hogares.
- Esfuerzo económico asociado al alquiler.

Estas variables se integran espacialmente dentro del gemelo digital y pueden consultarse tanto a escala de barrio como de sección censal, permitiendo identificar diferencias internas dentro de un mismo ámbito urbano.

El análisis realizado sobre el barrio de Las Torres muestra un ámbito residencial consolidado que concentra aproximadamente el 10 % de la población del término municipal. Los indicadores obtenidos reflejan una situación relativamente equilibrada respecto a la media municipal, aunque con diferencias significativas entre distintas áreas del barrio.

La representación espacial de estas variables permite visualizar patrones territoriales que difícilmente pueden identificarse mediante tablas estadísticas convencionales.

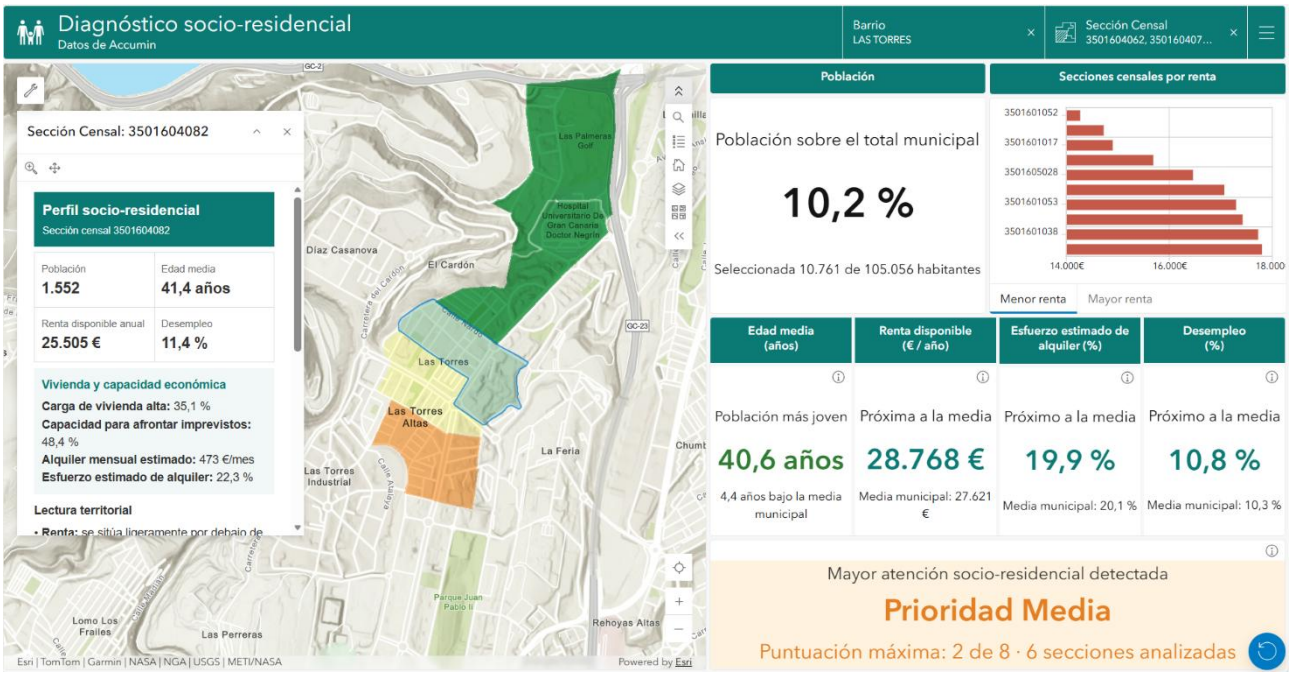



**Figura 13.** Diagnóstico socio-residencial del ámbito de Las Torres a nivel de sección censal con datos de Accumin.
Fuente: Propia.

Uno de los aspectos más relevantes del análisis consiste en identificar la capacidad que tienen determinados ámbitos para absorber procesos de transformación urbana. La combinación de indicadores sociales y residenciales permite detectar situaciones como el riesgo de vulnerabilidad socioeconómica, la presión residencial o el envejecimiento demográfico y detectar zonas con potencial impacto social de proyectos de rehabilitación.

## Integración con los escenarios urbanísticos

La principal aportación del gemelo digital consiste en que todos estos indicadores no se utilizan exclusivamente para describir la situación existente, sino que pueden incorporarse al proceso de evaluación de escenarios.

De esta forma, cualquier propuesta urbanística puede analizarse considerando simultáneamente sus implicaciones sobre:

- La población potencial residente.
- La demanda futura de equipamientos.
- La accesibilidad a servicios básicos.
- La presión sobre el mercado residencial.

- El acceso a zonas verdes y espacios públicos.
- Las necesidades de movilidad cotidiana.

Por ejemplo, un incremento de población derivado de una nueva actuación residencial puede traducirse automáticamente en una mayor necesidad de equipamientos educativos, sanitarios o deportivos, permitiendo anticipar posibles déficits antes de la ejecución del proyecto.

La incorporación de variables sociodemográficas transforma el gemelo digital en una herramienta de análisis integral capaz de relacionar personas, edificios y territorio dentro de un mismo modelo.

Desde esta perspectiva, la evaluación de escenarios deja de centrarse exclusivamente en parámetros físicos como la edificabilidad o la ocupación del suelo para incorporar indicadores relacionados con la calidad de vida, la equidad territorial y la cohesión social.

En el caso de Las Torres, la combinación de información urbanística, movilidad, eficiencia energética y diagnóstico socio-residencial permite construir una visión holística del barrio y evaluar el impacto potencial de las actuaciones desde una perspectiva ambiental, económica y social.

# 4.4. Generación de escenarios

Una vez construido el gemelo digital urbano e integradas las diferentes fuentes de información territoriales, se procedió a la creación de escenarios alternativos de evolución y transformación urbana del barrio de Las Torres. La finalidad del ejercicio no consistía únicamente en representar visualmente distintas propuestas urbanísticas, sino en evaluar cómo determinadas actuaciones de regeneración urbana afectan a indicadores clave relacionados con movilidad, energía, accesibilidad y calidad urbana.

El caso de estudio se planteó sobre un ámbito urbano consolidado caracterizado por un parque edificatorio construido mayoritariamente durante las décadas de 1980 y 1990, con importantes oportunidades de mejora en términos de eficiencia energética, reducción de emisiones, accesibilidad de los edificios y adaptación a los objetivos de transición ecológica. A diferencia de los procesos convencionales de planeamiento, donde los distintos estudios sectoriales suelen elaborarse de forma independiente, la metodología propuesta permite integrar simultáneamente toda esta información dentro de un único entorno de análisis.

Se definieron dos escenarios principales:

## Escenario 0. Situación actual

Representa el estado existente del barrio y constituye la línea base para la evaluación de resultados.

Sobre este escenario se analizan indicadores relacionados con:

- Población residente.

- Vivienda existente.
- Emisiones de $CO_2$.
- Accesibilidad a equipamientos y servicios sanitarios.
- Movilidad diaria generada.

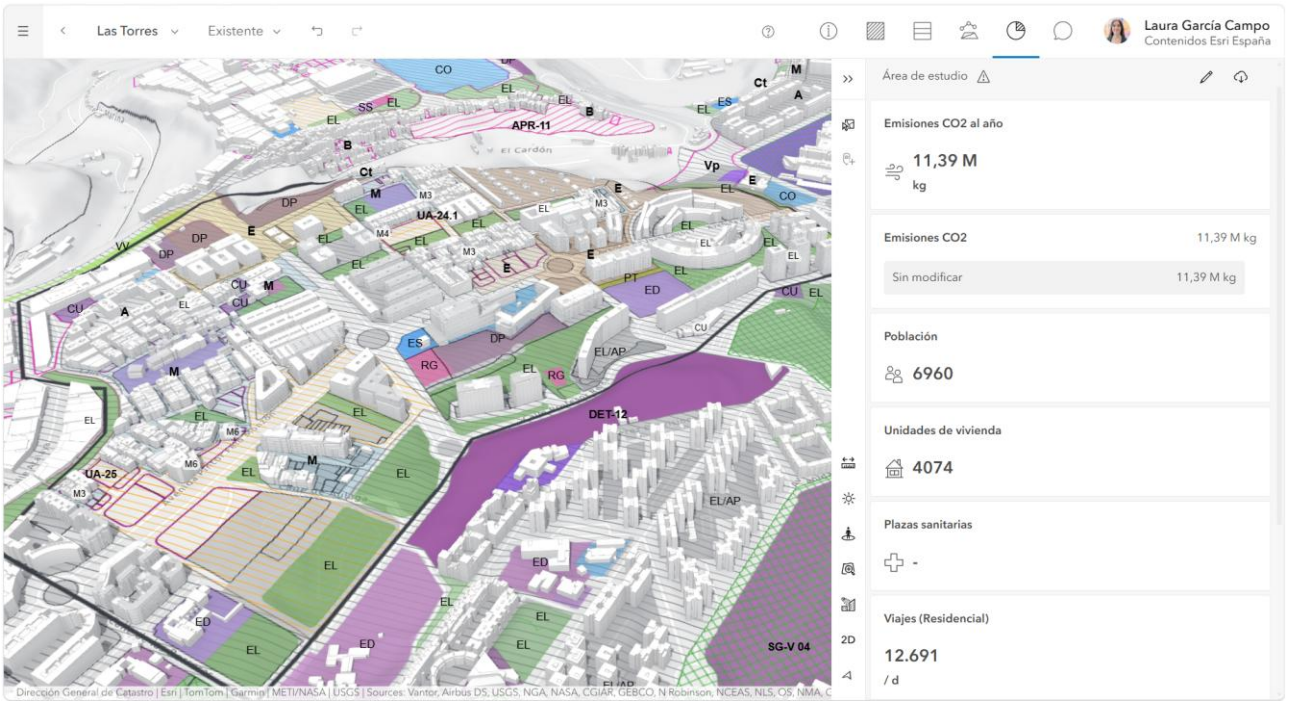



**Figura 14.** Modelo de ArcGIS Urban con los indicadores de la ciudad existente.
Fuente: Propia.

## Escenario 1. Barrio Rehabilitado

Este escenario incorpora una estrategia de regeneración urbana basada en la rehabilitación energética del parque residencial y la mejora de las condiciones de accesibilidad y proximidad a servicios sanitarios (propuesta de un nuevo centro de salud).

Las principales hipótesis consideradas fueron:

- Sustitución de tipologías edificatorias por modelos energéticamente rehabilitados para:
  - Reducción de factores de consumo energético.
  - Disminución de emisiones asociadas al parque residencial.

- Propuesta del desarrollo de un nuevo centro de salud en proximidad
    - Aumento del numero de plazas sanitarias en proximidad
    - Reducción del número de desplazamientos por razones sanitarias a centros externos

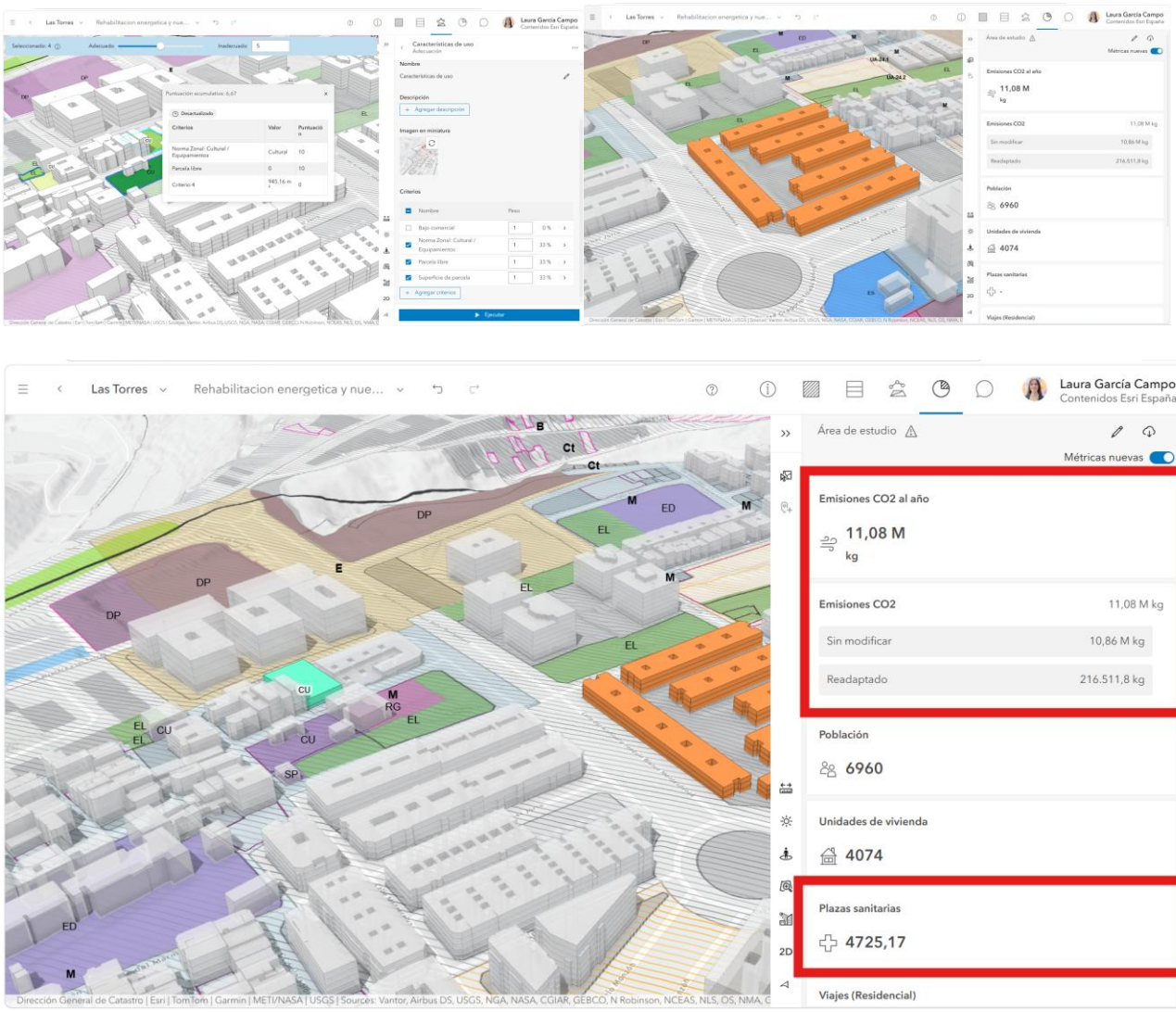



**Figura 15.** Modelo de ArcGIS Urban con los indicadores del escenario “Rehabilitación energética y nuevos equipamientos”.
Fuente: Propia.

La particularidad del ejercicio reside en que el escenario no modifica únicamente la geometría de los edificios o la distribución urbana, sino que modifica los parámetros asociados a las métricas urbanas que permiten estimar los efectos de las actuaciones planteadas.

# 5. Resultados

La comparación entre ambos escenarios pone de manifiesto las capacidades de los gemelos digitales para evaluar de forma inmediata el impacto potencial de las actuaciones urbanas sobre indicadores estratégicos y analizar simultáneamente indicadores agrupados en cuatro categorías: urbanísticas, energéticas, de calidad urbana y económicas.

## Resultados urbanísticos

La plataforma permite estimar automáticamente la evolución de variables como:

- Número de viviendas.
- Población residente.
- Superficie edificada.
- Distribución de usos del suelo sin edificación (ej. Zonas verdes)

Estos indicadores constituyen la base sobre la que se calculan posteriormente métricas relacionadas con movilidad, accesibilidad o demanda de equipamientos.

## Resultados energéticos

La incorporación de datos procedentes de diagnósticos energéticos del parque edificatorio permite estimar:

- Reducción potencial del consumo energético.
- Disminución de emisiones de $CO_2$.
- Inversión necesaria para actuaciones de rehabilitación.

La integración de estos parámetros dentro del gemelo digital permite evaluar el impacto de diferentes estrategias de renovación urbana y recursos económicos necesarios sin necesidad de recurrir a herramientas independientes.

## Resultados de movilidad y accesibilidad

Los indicadores construidos a partir de los datos de movilidad permiten analizar:

- Generación potencial de viajes por hogar.
- Accesibilidad a equipamientos.

La actualización automática de estas métricas resulta especialmente relevante en escenarios donde se modifican densidades residenciales o la localización de servicios urbanos.

### Resultados sobre calidad urbana

La incorporación de indicadores territoriales relacionados con nuevas zonas verdes y servicios de proximidad facilita el análisis de variables ligadas al bienestar urbano, permitiendo cuantificar cómo determinadas actuaciones pueden mejorar las condiciones de habitabilidad del barrio.

### Resultados finales

Los resultados obtenidos evidencian que el verdadero potencial de los gemelos digitales urbanos no reside exclusivamente en la representación tridimensional de la ciudad, sino en su capacidad para integrar información procedente de fuentes heterogéneas y convertirla en conocimiento útil para la toma de decisiones.

En el caso analizado, la integración de datos abiertos procedentes de organismos públicos con información comercial especializada permitió construir indicadores que difícilmente podrían obtenerse a partir de los sistemas tradicionales de planeamiento. Entre ellos destacan los indicadores derivados de patrones de movilidad basados en telefonía móvil, información de tráfico procedente de dispositivos GPS y los datos procedentes de certificados de eficiencia energética del parque edificatorio.

Esta aproximación permite superar una de las principales limitaciones de los procesos urbanísticos convencionales: la fragmentación de la información entre departamentos, estudios especializados y sistemas de gestión independientes.

ArcGIS Urban actúa en este contexto como un entorno común en el que información de movilidad, energía, urbanismo y socioeconomía puede incorporarse a un modelo paramétrico capaz de recalcular automáticamente indicadores ante cualquier modificación de los escenarios planteados.

El enfoque resulta especialmente interesante para procesos de regeneración urbana, donde las decisiones adoptadas afectan simultáneamente a múltiples dimensiones de la sostenibilidad y donde la capacidad de comparar alternativas de manera transparente se convierte en un elemento clave para mejorar la calidad de la planificación.

# 6. Conclusiones

Como hemos visto, la principal aportación de los gemelos digitales al planeamiento urbano reside en la posibilidad de comparar alternativas antes de que estas se materialicen sobre el territorio.

Mediante plataformas como ArcGIS Urban, los parámetros urbanísticos de una propuesta pueden modificarse dinámicamente para evaluar sus efectos sobre indicadores de sostenibilidad previamente definidos.

Este enfoque resulta especialmente adecuado para el análisis de ámbitos de transformación urbana donde diferentes configuraciones de densidad, edificabilidad, usos del suelo o espacios libres pueden generar consecuencias significativamente relevantes sobre la calidad urbana resultante.

La evaluación comparativa de escenarios constituye, por tanto, un mecanismo de apoyo a la toma de decisiones alineado con los principios de planificación basada en evidencia promovidos por las políticas urbanas europeas y la Agenda Urbana Española.

# 7. Bibliografía

[1] European Commission (2025): Handbook of Sustainable Urban Development Strategies. Directorate-General for Regional and Urban Policy.

[2] European Commission (2019): Guidelines for Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan (SUMP), Second Edition. European Urban Mobility Observatory.

[3] Consejo de la Unión Europea (2020): *Nueva Carta de Leipzig. El poder transformador de las ciudades para el bien común*. Reunión Informal de Ministros responsables de Desarrollo Urbano.

[4] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2019): Agenda Urbana Española. Gobierno de España

[5] Council of the European Union (2020): *Territorial Agenda 2030. A Future for all Places*. European Union.

[6] European Commission (2024): *EU Mission: Climate-Neutral and Smart Cities*. Horizon Europe Mission Programme.

[7] European Urban Initiative (2024): *Urban Agenda for the European Union (UAEU)*. European Commission.

[8] Esri (2023): “Inside One of Europe’s Largest Urban Development Projects—aspern Seestadt”, *Esri Blog*. Disponible en: https://www.esri.com/about/newsroom/blog/vienna-seestadt-smart-city-prototyping

CONAMA 2026