

El Gemelo Digital urbano como herramienta eficaz en la gestión de Smart Villages // The urban Digital Twin as an effective tool in the management of Smart Villages



Los Gemelos Digitales (Digital Twin), están cobrando protagonismo como método de trabajo en las nuevas tecnologías a partir de la transformación digital que el desarrollo multiplicador de las bases de datos y su implicación en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) está produciendo, pero esta tecnología no se limita exclusivamente al sector industrial y tampoco se basa únicamente en modelos virtuales tridimensionales. Su desarrollo es más complejo, basándose fundamentalmente en modelos matemáticos que permiten predecir comportamientos y anticipar situaciones y soluciones. La tecnología de los gemelos digitales deben ser bidireccionales basados en la monitorización y la sensorización. Por otra parte, la digitalización de la sociedad es un reto que se está impulsando por los gobiernos y entre sus principales estrategias se encuentra el desarrollo de las Smart Villages, en las que está implícita la necesidad de la tecnología como elemento principal para disminuir la distancia con los grandes centros urbanos y las convierta en enclaves atractivos. En este artículo se aborda una experiencia desarrollada en la población de Prádena del Rincón de la comunidad de Madrid donde gracias a la tecnología de los gemelos digitales se han obtenido unos interesantes resultados para este enclave rural.



Digital Twins are not limited to the industrial sector and are not always three-dimensional virtual models. Their world is much more complex and is based on mathematical models that seek to predict behavior. Those 3D models with the consideration of Digital Twin must be bidirectional: this is achieved with the incorporation of monitoring and sensorization. Taking into account the large volume of data that this generates, its development has been favored with the incorporation of Information and Communication Technologies (ICT): IoT, Big Data, Cloud Computing or Machine Learning.

On the other hand, the digitalization of society is a challenge that governments are promoting. This strategy is fundamental in the case of Smart Villages, because implicit in their definition is the need for technology as an element that reduces the distance with large urban centers and turns them into attractive enclaves.

The article addresses the experience of Prádena del Rincón, and the contribution of a Digital Twin to the empowerment of this rural enclave.

Gemelos digitales, desarrollo rural, TIC, Smart Villages

Twin Digital , Rural develop, TIC, Smart Villages



1* Introducción: el gemelo digital y las tecnologías de la información.

Frecuentemente se asocia la “digitalización” con el sector productivo, de negocio o con la Administración, no obstante, su alcance es muy superior, ya que también está presente en otros ámbitos como la educación, la comunicación, la sanidad, la cultura, etc. Sin embargo, el motivo realmente poderoso que parece impulsarla es la modernización de la economía, así como la mejora de la producción y competitividad, por ello, en los últimos años, los gobiernos están destinando cantidades importantes de fondos públicos a su desarrollo: en España, el Gobierno ha establecido una hoja de ruta para la digitalización del país conocida como España Digital 2026.(1)

El gemelo digital o Digital Twin, como se conoce en inglés (DT), es una de las tecnologías que se asocian con la industria 4.0 (2) y una de las herramientas digitales que se impulsan como elemento transformador del mundo industrial. En este sector se vinculan los DT con representaciones virtuales, sin embargo, es necesario ampliar el punto de vista y comprender que abarcan todo tipo de modelos matemáticos inteligentes diseñados para la aprobación de decisiones, con un funcionamiento basado en la gestión masiva de datos y metadatos. De este modo se encuentran en esferas insólitas, como en la toma de determinaciones políticas y de gobierno de ciudades o incluso países: es el caso conocido del empleo de algoritmos de Inteligencia Artificial por parte del gobierno neozelandés y su interés por regularizarlo (3) . Estos son modelos hiperconectados, con conexiones digitales permanentes entre el mundo físico y el virtual, cuyo valor se distingue por soportar el procesamiento de información relevante favoreciendo su consulta y empleo. Esta característica los convierte tanto en herramientas de diagnóstico, como de predictibilidad, permitiendo anticiparse a las necesidades y demandas, de modo que las administraciones y poderes legislativos pueden emplearlos en la elección de resoluciones y elaboración de reglamentos, leyes y propuestas políticas en general, previniendo sus impactos y resultados.

Otras aplicaciones que no son exactamente las del sector productivo son las que tienen que ver con la lucha contra el cambio climático. En este caso es especialmente significativo el proyecto: Destination Earth (DestinE)(4) que por iniciativa de la Comisión Europea, trabaja para realizar un gemelo digital de la Tierra de alta precisión y a escala global. DestinE utilizará capacidades de observación y simulación sin precedentes, sumado el empleo de computación e inteligencia artificial, con el fin de responder a grandes desastres naturales, al cambio climático y predecir el impacto socioeconómico se pretenderá implementar un Gemelo Digital del planeta Tierra.

FIGURA 01 » Esquema de redes de interconexión en la tierra. Fuente: “European Centre for Medium-Range Weather Forecasts”.



FIGURA 02 » Un gemelo digital en la industria automovilística. Fuente: “Gemelos Digitales, el camino hacia la eficiencia industrial”. Mafre Global Risks.

<https://www.mapreglobalrisks.com/gerencia-riesgos-seguros/articulos/gemelos-digitales-el-camino-hacia-la-eficiencia-industrial/>

No obstante, es honesto reconocer que las expectativas más elocuentes se han generado en la industria productiva, (dejando en un segundo término las ciencias de la salud, que no se han mencionado, pero en las que los gemelos están generando logros de mucho interés) y la ecología, y ya en tercer lugar otras aplicaciones señaladas. Su empleo, sobre todo en los procesos de producción, se relaciona con la realización de ensayos previos a la fabricación, que permiten el análisis de procesos reales y la creación de escenarios hipotéticos para la predicción de comportamientos. Sin embargo, la integración de la sensorización y monitorización convierte a estas réplicas informáticas en herramientas aún más versátiles, incorporando datos en tiempo real que pueden captarse mediante sensores para procesarlos mediante tecnologías de análisis. Resulta interesante, para entender la escalabilidad de su potencial a través de estas incorporaciones, la división que realiza el profesor García Martínez (2022) entre "simulación" y "gemelo digital": define el primero como un proceso estático y al segundo le confiere la condición de dinámico. La diferencia es evidente en el ámbito industrial, pero no tanto en el de la arquitectura y el urbanismo: desde la aparición del Building Information Modeling (BIM), la referencia a gemelos digitales incluye estos modelos estáticos, actualizables e inteligentes, pero desconectados, por el momento, del mundo real. Estos, en el entorno BIM, no alcanzan generalmente el estándar de simulación: por el momento no se implementan para la verificación de comportamientos, salvo en una cuarta dimensión (4D) (5) y alguna otra excepción, y fundamentalmente se destinan a mejorar la fiabilidad del proyecto y la eficiencia en su ejecución. Quizá los empleados en Facility Management serían los más próximos, por lo menos en expectativas. Por tanto, los simulados reales, son los que permiten la validación de un producto o proceso y de su cadena de producción, pero se debe entender que estos no trabajan en tiempo real, mientras que un DT recibe, gestiona y devuelve flujos de información, a través de la sensorización, que permite desde el mantenimiento preventivo, a la toma de decisiones al comprender y predecir el funcionamiento del activo, proceso o producto. Su empleo industrial se produce en escenarios tales, como:

- Comprobaciones del nivel de idoneidad de producto en su producción frente a las características determinadas en su fase de diseño.
- Verificación de su comportamiento y usabilidad.
- Programación de posibles fallos, para obtener la información que permita su anticipación y solución.
- Establecimiento de puntos de mejora y valoración de su implementación.
- Programación de mantenimientos preventivos, detección de vida útil y calendarización de paros por intervenciones, minimizando los tiempos improductivos.

En general, para la reducción de los costes de producción, logística, administración y mantenimiento de los productos o procesos.

Definido su empleo, podemos reconocer que convivimos con los DT hace más tiempo del que parece. Su origen se establece en la segunda mitad del siglo XX; Danette Allen (2021) relaciona el origen del concepto con las misiones Apolo de los años 60. Con todo, la aproximación más directa aparece en la publicación “Mirror Worlds” de David Gelernter (1993) en 1991, y fue Michael Grieves, en una conferencia en la Universidad de Michigan en 2003, quien lo vinculó por primera vez a un ciclo de vida. Entre las primeras experiencias y las últimas ha habido una clara evolución del concepto hacia el contenedor-generador de información, pero dado que su singularidad emana de los datos, el salto cualitativo hubiera sido distinto sin el desarrollo paralelo de las TIC como Internet of the Things (IoT), Big Data, Cloud Computing o el Machine Learning, y muy recientemente de la Inteligencia Artificial (IA) que permiten la gestión de la información de forma muy eficiente. Así, gracias al desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) el concepto ha evolucionado del simple entorno del proyecto a otro múltiple y conectado, sin límites a la vista.

El objetivo, cuando se trata de ciudades en el siglo XXI, es el empleo de datos y metadatos masivos en línea, tanto de la ciudad, como de la edificación, todos ellos procesados por las nuevas tecnologías de computación e inteligencia artificial en clones virtuales, los cuales permitirían someter estos sistemas a diversos tipos de tensiones para comprobar su respuesta y establecer los ajustes que mejoren o corrijan su comportamiento. No es por tanto lo más significativo, como cabe suponer, la conexión individual de edificios a prototipos digitales, que sería relevante, dada la cantidad de información que el parque inmobiliario puede generar; el verdadero reto es el gemelo virtual urbano como herramienta para el funcionamiento de manera sostenible e integrada de las metrópolis del siglo XXI. Para ello será fundamental:

- Superar las representaciones tridimensionales desconectadas o unidireccionales hacia sistemas bidireccionales.
- Multiplicar la capacidad de los actuales sistemas de almacenamiento, gestión y análisis de datos.
- Monitorizar y digitalizar de forma masiva procesos urbanos: tráfico, energía, medioambiente, etc

2. Las Smart Villages y la digitalización.

“Una Ciudad Inteligente es aquella que coloca a las personas en el centro del desarrollo, incorpora Tecnologías de la Información y Comunicación en la gestión urbana y usa estos elementos como elementos para estimular la formación de un gobierno eficiente que incluya procesos de planificación colaborativa y participación ciudadana. Al promover un desarrollo integrado y sostenible, las Smart Cities se tornarán más innovadoras, competitivas, atractivas y resilientes, mejorando así las vidas” (BOUSKELA, 2016).

FIGURA 03 » Este artículo quiere presentar un primer acercamiento a su obra.



Las pequeñas poblaciones no son ajenas a las oportunidades que les ofrece la digitalización para el desarrollo y avance de las condiciones sociales, económicas y ambientales. Estos entornos luchan contra la pérdida de población, sobre todo en países con baja natalidad y con tendencia al envejecimiento. Sin embargo, en el año 2020, a raíz de la pandemia producida por el virus SARS-CoV-2, los medios de comunicación se hicieron eco del aumento de demanda de viviendas en zonas rurales por parte de personas que descubrieron la posibilidad de teletrabajo. Esta fórmula se ha ido imponiendo y es una oportunidad para estos entornos. Para que sea posible el desplazamiento de la vida desde una gran urbe a un pequeño pueblo, en individuos que viven plenamente la conectividad de la tercera década del siglo XXI, es necesario que servicios e infraestructuras mínimas estén a su disposición en estos enclaves. A través de su digitalización se pretende, además, que se conviertan en motores para el cambio y centros productivos eficaces, ya que, para contrarrestar la despoblación, resulta tan determinante retener habitantes, como atraer otros nuevos.

La Comisión Europea (CE), sensible al hecho, apoya programas como *Smart Rural 21* (6) para promover proyectos de aldeas inteligentes, analizar y establecer resultados que trasladar a otras experiencias.

La CE comenzó a elaborar actos legislativos en los que aparece el término Smart Villages en 2015 (SZPOR, 2021), sin perjuicio de otras iniciativas previas destinadas a la promoción del mundo rural; el programa "Horizonte 2020" (7), con origen en el año 2014, ya ofrecía financiación específica para acciones relacionadas con "Ciudades y Comunidades Inteligentes". Sin embargo, es el documento *"EU Action for Smart Villages"* (8) publicado por la Comisión Europea el 11 de abril de 2017 el que abarca con claridad iniciativas de desarrollo rural, desarrollo regional, investigación, políticas y fondos de transporte, energía y digitales. Otro hito destacable es el que se produce en 2018 al crearse la red de pueblos inteligentes, "Smart Village Network" (2018), para intercambiar información y experiencias diferentes de 8 estados; sus miembros adoptaron el 7 de febrero de 2019 la "Declaración de la Red de Pueblos Inteligentes". Del mismo modo, la declaración conocida como *"A smart and sustainable digital future for european agriculture and rural areas"* (9), resulta de vital importancia al hacer mención expresa a la incorporación de la digitalización para el progreso de las poblaciones, ya que decía: "tecnologías como la inteligencia artificial, la robótica, el "blockchain", el Internet de las cosas, la informática de alto rendimiento y la banda ancha rápida, incluido el 5G, ya están provocando profundas transformaciones en nuestras economías y sociedades, y serán particularmente críticos para la agricultura inteligente y las zonas rurales. Europa tiene activos muy valiosos sobre los que construir, como nuestra fortaleza en robótica para la agricultura de precisión y sistemas de implementación de la PAC basados en soluciones de gestión de datos digitales".

Sin embargo, el término "aldeas inteligentes" no quedó oficialmente definido hasta 2020 por el informe de resultados del proyecto piloto "Smart Eco-Social Villages Pilot Project" (10), impulsado por el Parlamento Europeo y llevado a cabo por un consorcio bajo la responsabilidad de la Comisión Europea:

"Los Pueblos Inteligentes son comunidades de zonas rurales que utilizan soluciones innovadoras para mejorar su resiliencia, aprovechando las fortalezas y oportunidades locales. Se basan en un enfoque participativo para desarrollar e implementar su estrategia para mejorar sus condiciones económicas, sociales y/o ambientales, en particular mediante la movilización de soluciones ofrecidas por las tecnologías digitales. Los Pueblos Inteligentes se benefician de la cooperación y alianzas con otras comunidades y actores en áreas rurales y urbanas. El inicio y la implementación de estrategias de Smart Village (SV) pueden basarse en iniciativas existentes y pueden ser financiados por una variedad de fuentes públicas y privadas".

La definición pretendió ser amplia e inferir gran flexibilidad al concepto. En una nota explicativa se justificaba: "ha buscado abarcar la amplitud de las actividades actuales y las posibilidades futuras, así como la necesidad de flexibilidad para facilitar su uso en diversos contextos nacionales y locales. También considera el contexto político, y en particular la propuesta para la PAC (Política Agrícola Común) después de 2020, que prevé una mayor flexibilidad en las opciones políticas para los Estados miembros. La idea es permitir a los Estados miembros alinear y centrar sus políticas en sus necesidades específicas, y, por tanto, también en relación con el diseño y la implementación de intervenciones de apoyo a Smart Villages. Por lo tanto, el propósito de la definición es inspirar y explicar el potencial del concepto, para que las comunidades de las zonas rurales actúen, así como para los responsables políticos a la hora de tomar decisiones sobre el apoyo futuro a los Pueblos Inteligentes".

Vista la íntima relación entre la tecnología y las Smart Village procede matizar que su empleo se debe dirigir fundamentalmente a la mejora de elección de decisiones, a la utilidad en la gestión y a la eficacia de los servicios urbanos, contribuyendo a la creación de oportunidades para ciudadanos y empresas, pero siempre garantizando el uso sostenible de los recursos y la calidad de vida, presente y futura. Por tanto, pueden respaldar la calidad de vida o un incremento de su nivel, servicios públicos de calidad, aprovechamiento de los recursos, un menor impacto en el medio ambiente y nuevas oportunidades para las cadenas de valor rurales. Su presencia en estos ámbitos geográficos podrá servir para diluir las barreras existentes entre el mundo urbano y el rural, y servir de influencia a áreas más allá de su término territorial. Será especialmente interesante cuando incluyan más de un asentamiento y se diluyan los límites administrativos inmediatos, porque esto supondrá avances inminentes en otras colaboraciones y proyectos de cohabitación, así como el incremento de enfoques participativos que mejoren su atractivo y convivencia.

Una vez establecido que la digitalización será un pilar fundamental del concepto de Smart Village su incorporación debe tener como una estrategia prioritaria la usabilidad, donde la sensibilización y la formación serán imprescindibles desde los primeros pasos, como se ha establecido con carácter general en otros entornos estudiados. Por tanto, la estimulación de la participación debe ser un objetivo en sí mismo y acompañar a la digitalización como ingrediente de éxito. El gemelo como herramienta de transformación rural se debe diseñar para ser utilizable por los residentes en todo su potencial, aun partiendo de una baja alfabetización y una edad elevada. Debe integrar herramientas adecuadas para que la ciudadanía haga uso de él y lo halle de interés. Del mismo modo, los administradores locales deben ser conscientes y prescriptores de las oportunidades que brinda esta tecnología.

FIGURA 04 » Imagen aérea de Prádena del Rincón. Fuente Google Earth..



“3. El modelo de Prádena del Rincón.

La Localidad de Prádena del Rincón, en la Comunidad de Madrid (41°02'38"N 3°32'24"O / 41.043888888889, -3.54), con una población censada en 2022 de 147 habitantes, se localiza en la comarca de la Sierra Norte sobre una suave pendiente hacia el cauce del arroyo de la Garita. Dista de la capital apenas 80 kilómetros y forma, junto con otras 6 localidades, la conocida como Reserva de la Biosfera de la Sierra del Rincón, reconocida en el marco del programa MAB (UNESCO, 2015) (11): La Hiruela, Horcajuelo de la Sierra, Madarcos (municipio en trámite de inclusión), Montejo de la Sierra, Prádena del Rincón y Puebla de la Sierra. Poblaciones como las que conforman esta reserva, estratégicamente ubicadas, estuvieron entre las demandadas en 2020, debido a su valor natural y su aislamiento ante la amenaza de la pandemia, junto con otros atractivos tradicionalmente reconocidos en mundo rural frente a los males urbanos que condicionan la vida en las ciudades. Por ello, cuando en 2021, se presentó el proyecto “Construyendo el futuro rural: Smart Villages y la transformación hacia pueblos inteligentes”, las autoridades municipales entendieron que podía dar respuesta al fenómeno que experimentaban: el aumento masivo de visitas a las poblaciones rurales en exploración de una nueva forma de vivir.



FIGURA 05 » Imagen del centro histórico de Prádena del Rincón. Foto del autor.

Una Reserva de la Biosfera debe conducir sus esfuerzos a conservar la biodiversidad e implementar un modelo de desarrollo sostenible, por lo que el crecimiento debía ser dirigido y controlado. Sin embargo, se ha señalado la particularidad de muchas áreas rurales que, formando comunidades cercanas, no colaboran en soluciones conjuntas, lo que les hace duplicar esfuerzos y ser menos eficaces de lo que podrían aunando recursos. En el plan de la Comunidad de Madrid se buscaba, como uno de sus objetivos, establecer sinergias para la generación de una red de servicios entre las localidades que conforman áreas vinculadas.

Prádena del Rincón, con el punto de mira en el modelo Smart Villages, encontró en el proyecto la oportunidad de realizar una firme apuesta por tecnologías de la comunicación. Así, ofreció dirigir la dotación a la contratación de medios materiales y humanos para la experimentación de un gemelo digital urbano. De este modelo se esperaba una contribución firme en la gestión municipal, con el fin de lograr una mayor eficiencia en los procesos urbanos y del control de la edificación. Es preciso señalar que existen múltiples fuentes de información geoespacial disponibles, pero en poblaciones pequeñas, reducen el detalle o incluso se encuentran desactualizadas y no han sido revisadas (Vizcaíno et al., 2020).

El Gemelo Digital debería, entonces, ayudar a afrontar los desafíos demográficos que tras la pandemia se vislumbraban en la reserva. El terreno es bastante inédito y ajeno a los resultados más conocidos y relacionados con los gemelos digitales de la industria productiva, que han logrado captar el interés de otros campos de actividad tan dispares como los ya mencionados. Se esperaba que, dado que están indicados para fines sociales como anticipar desviaciones en los procesos reales, detectar enfermedades o necesidades de atención en las personas, podrían en este caso, mejorar la experiencia de usuario con la Administración, poner a prueba los planes urbanísticos frente a flujos masivos de personas o catástrofes naturales, o incluso incrementar y desarrollar la participación de la ciudadanía en los procesos de toma de

decisiones, entre otros planteamientos. Estos, los propuestos en Prádena, eran propósitos más concretos y modestos, que sin embargo no renunciaban a las otras expectativas, a mayores, presentes al estudiar proyectos similares de transformación digital de comunidades, y que colocan en la primera línea metas como la regeneración de los fines e intereses democráticos, a través de maximizar la participación de la sociedad en políticas públicas y en la elección de resoluciones, implicándola de manera que aumente su sentido crítico hacia males como la corrupción o los conflictos de intereses (Calvo, 2022).

Así pues, asumiendo la participación ciudadana como un objetivo irrenunciable, se buscó el enfoque práctico de los gemelos digitales urbanos, como representaciones virtuales de entornos municipales, que permiten geolocalizar servicios, potenciando actividades y negocios (Deng, Zhang y Shen, 2021), siendo esto especialmente interesante en la actividad turística de ámbitos rurales. El Gemelo Digital que tenía que actuar como coadyuvante de la digitalización se planteó originalmente como una herramienta para la visualización remota de la localidad tanto con fines turísticos, como de interés inmobiliario; algo tan efectista, como asequible. Debía incorporar herramientas para la obtención de datos métricos y urbanísticos para particulares, en un nivel de utilidad que superase la mera visualización y que pueden permitir otras tecnologías como Google Maps.

Posteriormente, en una segunda etapa, el trabajo se dirigiría hacia soluciones más avanzadas e incluso sofisticadas, canalizadas para dar cobertura a las necesidades de administración municipal, tales como el desarrollo y la gestión de las “Normas Subsidiarias”. Sin embargo, esta aplicación ha cobrado mayor relevancia de la esperada y en un menor lapso, de manera que su empleo en la revisión y diseño de desarrollos de unidades de actuación a través de planes parciales y de rehabilitación urbana ha comenzado a producir resultados significativos siguiendo otras experiencias exitosas (Schrotter y Hürzeler, 2020). Ha sido especialmente interesante tanto para diseño, gestión e información pública del desarrollo de la Unidad de Ejecución 1; inicialmente abordada desde medios tradicionales, se migró a la nube cuando esta estuvo operativa. El reparto en la unidad, complejo y conflictivo de cara a la población fue, sin embargo, asimilado con gran naturalidad. Como resultado se produjo la rehabilitación de parcelas que se encontraban en situación de marginalidad, al no cumplir con los requisitos de frente mínimo según las Normas de Ordenación Urbanística. Este proceso ha sido fundamental para la revitalización de bolsas de suelo en el interior del casco y se encuentra estrechamente relacionado con el desarrollo que se está llevando a cabo en la Unidad de Ejecución 2.

El proyecto en estado de madurez, o tercera etapa, posibilitará el desarrollo de infraestructuras, nuevas redes o la adecuación y soterramiento de las existentes. Cumplirá, además una de las misiones más esperadas, como verificador del impacto de soluciones energéticas renovables en la transición a la descarbonización de la Reserva del Rincón. En el campo social se esperan las novedades más interesantes con la incorporación de herramientas que aporten en la atención médica, el acceso a servicios, la prevención del aislamiento social y la soledad, registrando las señales de un sistema de alertas geriátricas (Costa, 2018).



FIGURA 06 » Nube de puntos de la iglesia parroquial. Imagen del autor

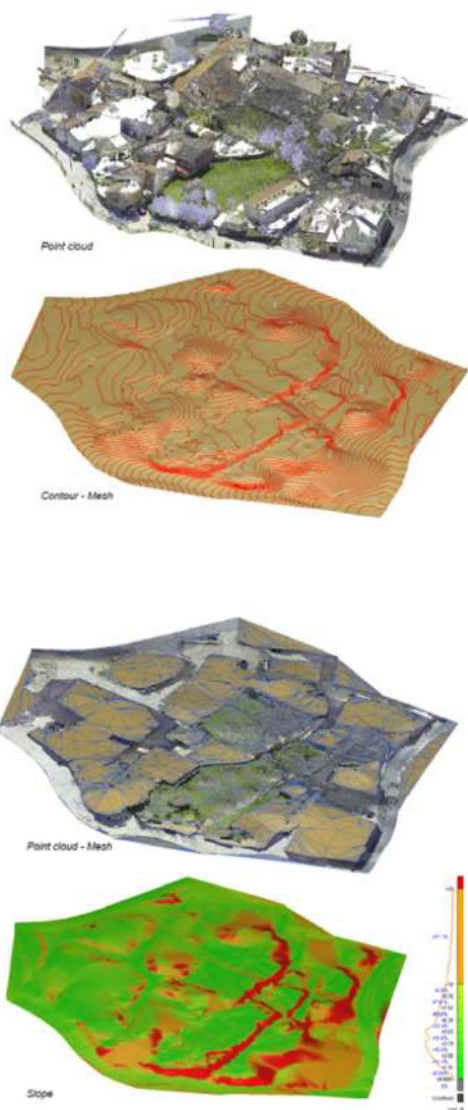


FIGURA 07 » Superposición de las estaciones sobre imagen de Google Maps. Imagen del autor.



FIGURA 08 » Superposición de las estaciones sobre imagen de Google Maps. Imagen del autor.

"Sin embargo, el modelo inicialmente diseñado y en funcionamiento es unidireccional; destinado a extraer datos, no alcanzará su verdadero potencial hasta la implementación de la monitorización y sensorización, que posibilitará la incorporación, en tiempo real, de sistemas de análisis y predicción. Esto, en principio que supone una inversión de recursos asequible para el pueblo debido al gran desarrollo y abaratamiento de los medidores y sus conexiones, y por tanto, favorecerá la mejora de la eficiencia de los sistemas de agua y energía, la gestión de residuos o la movilidad. Con el punto de mira en el futuro inmediato y en estas funcionalidades, se ha elegido un gemelo de definición alta, puesto que, aunque será empleado por técnicos, también se destinará al público o incluso personas que no han visitado la ciudad, por lo que se ha dotado de un nivel de detalle importante, tanto de geometría, como de textura. Esto, además, garantizará una mayor longevidad y la incorporación de nuevos usos generados por nuevos tipos de usuarios y necesidades.

Dado este interés por una nube detallada, los técnicos del equipo, urbanistas, personal de la administración municipal y arquitectos establecieron un itinerario de estaciones de gran densidad. La herramienta elegida fue la solución de Leyca: RTC360. Esta, combina el RTC360, un escáner láser 3D de alto rendimiento, la aplicación para dispositivo móvil Leyca Cyclone FIELD 360 que registra automáticamente los escaneos en tiempo real, y el Leica Cyclone REGISTER 360, un software que le permite integrar perfectamente el modelo 3D al flujo de trabajo. Se ha obtenido, así, una nube que ha permitido en tiempo récord actualizar límites de la propiedad, obtener datos topográficos como de cotas de nivel, definir y documentar elementos patrimoniales, además de actualizar el soporte cartográfico de las infraestructuras de la Villa. Adicionalmente se ha aprovechado para convertir la información en documentos en 2 dimensiones para completar la documentación de gestión urbanística.

Finalmente se publicó la información un formato propio de las Leica bajo las siglas de LGS y se empleó, asimismo el software de Leica, TruView Digital Reality Viewer para compartir los datos de nubes de puntos, modelos de diseño y marcas. El software permite tomar mediciones sobre el modelo, crear recorridos virtuales y simulaciones de cualquier proyecto futuro a partir de la nube. Para su puesta en servicio inmediata se incluyó la elaboración de un CDE (Entorno Común de Datos) para la gestión municipal. El desarrollo actual incluye la creación de unas directrices de clasificación mediante lenguaje abierto: OpenBIM (OmniClass). Este es un sistema de clasificación internacional de datos aplicado al sector AECO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operaciones) y creado por el CSI (Construction Specifications Institute), que está diseñado para cubrir el ciclo de vida completo de un edificio, pero se adapta notablemente a un modelo urbano. Estos datos son organizados en tablas y en cada una de las cuales, las entidades, atendiendo a diferentes consideraciones, como función, forma, tipo de actividad, material, las propiedades, servicios... entre otros, son fácilmente consultables (Lou, Choen Weng y Steven Goulding, 2008). Esta clasificación es accesible a técnicos y permite cubrir las principales necesidades que demanda la gestión municipal. Para la ciudadanía se está diseñando un sistema más asequible basado en formatos como es el PDF interactivo que, sobre una reproducción cartográfica, permite obtener información urbanística.

4 Conclusiones.

Tres siglos después del inicio de la Revolución Industrial, parece que nos dirigimos a una sociedad donde las máquinas podrán asumir muchas de las actividades desarrolladas tradicionalmente por los humanos, ya que las máquinas no solo podrán afrontar el trabajo más físico como sucedió inicialmente con el desarrollo de robots, sino que progresivamente están adquiriendo capacidad para realizar trabajos intelectuales y creativos. No son máquinas como las que se imaginaban en el siglo XVIII; algunas, ni siquiera son físicas, por lo que se está digitalizando el mundo para hacerlo legible a estos sistemas. Técnicas, como LiDAR, han permitido modelos viables y económicamente asequibles. Actualmente los encontramos en dispositivos cotidianos como teléfonos móviles, y Hexagón (Leyca Geosystems) ha anunciado un sistema cuatro veces más eficiente y que cuadriplica la resolución de la imagen; aseguran que en solo 5 meses y con una sola aeronave puede levantar toda Alemania con una precisión de 10 centímetros(12).

En el estudio realizado para esta comunicación se han repasado algunos gemelos digitales pequeños, grandes; intentando mostrar su realidad y como se están convirtiendo en una herramienta muy útil tanto para el sector privado, como para el público. Y como se espera que tendrán efectos sobre las infraestructuras, las comunicaciones, la ecología y la salud. El desarrollo de las TIC, en los últimos años los están convirtiendo en herramientas que se pueden considerar “inteligentes” y capaces de sugerir soluciones a desafíos complejos.

Por otra parte, los activadores de pueblos inteligentes o Smart Villages pretenden transformar pequeñas poblaciones rurales, ajenas al desarrollo tecnológico y al crecimiento demográfico, en oportunidades de cambio a través de la implementación de la digitalización en áreas que aún conservan el beneficio de lo rural. La acción, como se ha podido comprobar, supera la iniciativa particular o municipal, y tiene el impulso y respaldo de la Comisión Europea. Los gemelos urbanos, en este caso, se proponen como herramientas especialmente eficaces para la implementación de agendas urbanas, permitiendo el trabajo en diversas escalas: mobiliario, alumbrado, sistemas generales, territorial, etc. Se revelan, en este ámbito, como instrumentos interesantes para la transformación rural, posibilitando el acceso asequible de los ciudadanos a la información municipal, y son, para la gestión consistorial, un instrumento de enorme efectividad. Además de los Gemelos Digitales, el empleo de Internet y de las TIC generan oportunidades laborales y de negocio en remoto, mejoran la eficiencia de los procesos y aumentan las posibilidades de habitar en pequeñas poblaciones. Si bien, la brecha digital se manifiesta como la principal dificultad para un uso masivo de herramientas digitales en áreas rurales, esta desigualdad de acceso a la información y a las comunicaciones se reduce con el diseño de procesos amables, que facilitan la aproximación de la población con pocos conocimientos técnicos.



FIGURA 09 » Nube de puntos de Prádena del Rincón. Imagen del autor.

En Prádena del Rincón la implementación del Gemelo digital, aquí esbozada, ha supuesto una herramienta de gran utilidad para la gestión urbanística, desarrollada con una pequeña inversión que ha podido ser asumida por esta pequeña localidad. El mayor interés, a futuro, se espera que permita trasladar su potencial a la verificación y control del impacto ambiental de manera que se manifieste como una herramienta interesante en la identificación de estrategias efectivas para la conservación del medioambiente y los valores de la ruralidad. Se vislumbra la posibilidad de emplearla en acciones que favorezcan la cohesión social y el desarrollo de servicios. Y siguiendo con el desarrollo de la experiencia ya realizada, confiando en la eficacia demostrada hasta el momento, dada la pequeña inversión realizada y la confianza en conseguir el retorno de beneficios.

Referencias:

- ALLEN, B. Danette. 2021. Digital Twins and living models at NASA. En Digital Twin Summit.
- BOUSKELA, Mauricio, et al. 2016. La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente. Inter-American Development Bank.
- CALVO, Patricia, 2022. Gemelos digitales y Democracia. En Revista del CLAD. Reforma y Democracia, vol. 82.
- COSTA, P. M. B. D. P., 2018. Sistema de internet das coisas para o apoio aos cuidados de saúde da população idosa. Master's thesis. Évora: Universidade de Évora.
- DENG, T., ZHANG, K., y SHEN, Z. J. M., 2021. A systematic review of a Digital Twin city: A new pattern of urban governance toward smart cities. En Journal of Management Science and Engineering, n. 2 (vol. 6), pp. 125-134.
- GARCÍA MARTÍNEZ, Daniel. 2022. "Gemelo Digital" en: UEM STEAM Essentials.
- GELERNTER, David. 1993. Mirror worlds: Or the day software puts the universe in a shoebox... How it will happen and what it will mean. Oxford University Press.
- LOU, Choen Weng y GOULDING, J. S., 2008. Building and construction classification systems. Architectural Engineering and Design Management, n. 3-4 (vol. 4), pp. 206-220.
- SCHROTTER, G., y HÜRZELER, C., 2020. The Digital Twin of the city of Zurich for urban planning. En PFG– Journal of Photogrammetry, Remote Sensing, and Geoinformation Science, n. 1 (vol. 88), pp. 99-112.
- SZPOR, Grażyna. 2021. The concept of " smart village" in legal acts and official documents of the European Union. En GIS Odyssey Journal, vol. 1, no 1.
- UNESCO. (s.f.). Man and the Biosphere (MAB) Programme. <https://es.unesco.org/node/302852/>
- VIZCAÍNO, M. E. L., Patiño, C. L. I., y Ocampo, M. E. C., 2020. Propuesta metodológica para la georreferenciación de la población y primeras aplicaciones en Galicia. En Revista de estudios regionales, n. 117, pp. 17-43.
- VVAA, 2018. Smart Village Network. <https://www.smart-village-network.eu/>

Notas al Pie

1 La agenda España Digital es la hoja de ruta para la transformación digital de España. Pretende el aprovechamiento de las nuevas tecnologías para el crecimiento económico y la cohesión territorial del país. <https://espanadigital.gob.es/>

2 Un término que fue acuñado en 2011 por el economista Klaus Schwab, Fundador del Fondo Económico Mundial. Este concepto define la fabricación informatizada, que combina avanzadas técnicas de producción con tecnologías inteligentes que se integrarán en las organizaciones y la vida de las personas.

3 El 28 de julio de 2020, el gobierno de Nueva Zelanda presentó Algorithm charter for Aotearoa New Zealand. Se creó así la primera norma que regulaba cómo las administraciones públicas deberían usar y vigilar el funcionamiento de los algoritmos y de las herramientas de IA utilizadas por la Administración neozelandesa. Se fijaban, en el documento, los principios que se deberían aplicar cuando existiera un riesgo relevante en el uso de algoritmos por parte de los organismos públicos, garantizando los derechos fundamentales de sus ciudadanos.

4 Este modelo monitoreará, simulará y predecirá la interacción entre los fenómenos naturales y las actividades humanas. Contribuirá a alcanzar los objetivos de la doble transición, verde y digital, como parte del Pacto Verde y la Estrategia Digital de la Comisión Europea. La Unión Europea se ha comprometido a tener en 2030 la réplica digital del planeta. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth>

5 La cuarta dimensión del BIM (BIM 4D) incorpora el tiempo a la información y, permite analizar y controlar la duración total y parcialmente por actividades de construcción. Aplicaciones como Synchro4D permiten animaciones del desarrollo de los trabajos.

6 Proyecto apoyado por la Comisión Europea (DG AGRI) con la intención de promover e inspirar a pequeñas poblaciones a desarrollar e implementar enfoques y estrategias de aldeas inteligentes en toda Europa. En España, se ha sumado a este programa la localidad pirenaica Ansó, de 450 habitantes. <https://www.smartrural21.eu/>

7 La Unión Europea en el período 2014-2020 a través del programa conocido como Horizonte 2020 abordó los principales retos sociales del periodo, promovió el liderazgo industrial en Europa y reforzó la excelencia de su base científica. El presupuesto disponible ascendió a 76.880 M€.

8 EU Action for Smart Villages: el 11 de abril de 2017, la Comisión Europea presentó este documento para iniciar reflexiones sobre los pueblos del futuro. Anunciaba una serie de iniciativas dentro de las políticas y fondos de desarrollo rural, desarrollo regional, investigación, transporte, energía y digital de la UE. Este Plan de Acción era una continuación de la Declaración de Cork de septiembre de 2016, en la que una de las diez prioridades era "invertir en viabilidad y vitalidad rural". https://ec.europa.eu/enrd/news-events/news/eu-action-smart-villages_en.html

9 A smart and sustainable digital future for european agriculture and rural areas", firmado el 9 de abril de 2019. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/eu-member-states-join-forces-digitalisation-european-agriculture-and-rural-areas>

10 The Pilot Project on Smart Eco-Social Villages. El proyecto piloto sobre aldeas ecosociales inteligentes, iniciado por el Parlamento Europeo, fue completado por un consorcio formado por Ecorys, Origin for Sustainability y RED entre enero de 2018 y abril de 2019. https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cmef/rural-areas/smart-eco-social-villages-pilot-project_en

11 En el marco del Programa de la UNESCO sobre el Hombre y la Biosfera (MAB), las reservas de biosfera han sido establecidas para promover y demostrar una relación equilibrada entre los seres humanos y la biosfera. Las reservas de biosfera son designadas por el Consejo Internacional de Coordinación del Programa MAB a petición del Estado interesado. <http://rerb.oapn.es/>

12 Hexagon (Leyca. Geosystems) ha anunciado lo que denomina Smart Digital Reality HxDR. Esta solución de Realidad Digital Inteligente es una plataforma de almacenamiento, visualización y colaboración basada en la nube para la captura de la realidad y datos geoespaciales, donde se fusionan los mundos espejo de ciudades y países completos. Las primeras ciudades que se agregarán al programa de datos de modelos de ciudades digitales incluyen Múnich, Colonia, Stuttgart, Frankfurt, Viena, Milán, Ámsterdam, Estocolmo, Dallas, Nueva York y Tokio. <https://leica-geosystems.com/es-es/about-us/news-room/customer-magazine/reporter-90/germanys-digital-twin>. 117, pp. 17-43.



FIGURA 10 » Imagen creada por Leyca Hexagon: Smart Digital Reality HxDR. Fuente Leyca