

GEMELOS DIGITALES Y CIUDADES INTELIGENTES

Yohoni, Cuenca Sarzuri, Ph.D.
yohoni@gmail.com
Ingeniería Informática
Universidad Mayor de San Andrés
La Paz - Bolivia

Resumen: En este artículo, se presenta una revisión de las últimas investigaciones y desarrollos en el ámbito de los Gemelos Digitales que en estos últimos años de crecimiento e innovación tecnológica ha permitido brindar soporte en el control, administración y predicción de sistemas reales, particularmente en ámbito urbano se ha mostrado como una tecnología potente al momento de tomar decisiones en la administración y gestión urbana. En un primer momento se describen los conceptos asociados a Gemelos Digitales y Ciudades Inteligentes. En un segundo momento se describen los proyectos basados en Gemelos Digitales en un contexto general como el caso de Singapur que es uno de los primeros países en aplicar esta tecnología disruptiva. En un tercer momento se describen los proyectos en el contexto de América latina. Finalmente se concluye que los Gemelos Digitales han permitido en gran medida la organización, planificación y administración de áreas urbanas como también la prevención de situaciones de riesgo para el área urbana, reduciendo en gran medida los gastos innecesarios en el desarrollo urbano y priorizando los proyectos que permitirán garantizar los servicios básicos y comodidad del ciudadano. En América latina existen pocos países que están adoptando esta tecnología, por los casos citados en el presente trabajo es de mucha importancia contar con esta tecnología para considerar las múltiples variables asociadas al desarrollo urbano en nuestro contexto social y poder responder al crecimiento exponencial de las áreas urbanas.

Palabras clave. Crecimiento poblacional, Ciudad inteligente, Desarrollo urbano, Gemelos digitales.

Abstract: In this article, a review of the latest research and developments in the field of Digital Twins is presented, which in recent years of growth and technological innovation has allowed us to provide support in the control, administration and prediction of real systems, particularly in urban environment has shown itself to be a powerful technology when making decisions in urban administration and management. At first, the concepts associated with Digital Twins and Smart Cities are described. In a second moment, projects based on Digital Twins are described in a general context, such as the case of Singapore, which is one of the first countries to apply this disruptive technology. In a third moment, the projects are described in the context of Latin America. Finally, it is concluded that the Digital Twins have allowed to a great extent the organization, planning and administration of urban areas as well as the prevention of risk situations for the urban area, greatly reducing the necessary expenses in urban development and prioritizing projects that They will guarantee basic services and the comfort of the citizen. In Latin America there are few countries that are adopting this technology, for the cases cited in this paper it is very important to have this technology to consider the multiple variables associated with urban development in our social context and to be able to respond to the exponential growth of areas. urban.

Keywords. Digital twins, Population growth, Smart city, Urban development,.

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo tiene por objeto realizar una descripción de los trabajos o proyectos urbanos apoyados en la tecnología de Gemelos Digitales también conocido como Digital Twin con la finalidad de comprender cómo esta tecnología en su auge actual está logrando mejorar significativamente la toma de decisiones para controlar y gestionar un área urbana como también prevenir posibles casos de urgencia que pueda afectar al área urbana. Para esto es necesario conocer algunos casos en los cuales se adoptó el uso de Gemelos Digitales y comprender los beneficios logrados por el área urbana. Un problema central en toda área urbana es su crecimiento poblacional por lo cual es necesario proyectar a futuro los proyectos que puedan brindar sostenibilidad a los ciudadanos. La simulación ha permitido analizar una parte del sistema real por medio de su modelo, permitiendo realizar el control y predicción del modelo cambiando el valor de las variables de entrada, al respecto los Gemelos Digitales se muestran como una versión avanzada de la simulación que contiene bastante información en tres dimensiones del sistema con el cual se puede probar los posibles efectos en la salida a partir del valor de las entradas. También es importante indicar que un elemento importante para proyectar una ciudad a ciudad inteligente es la implementación de su Gemelo Digital.

Gemelos digitales

Gelernter (1991) muestra una primera aproximación al concepto de gemelo digital en su libro “el mundo en espejo” en el cual muestra un momento en el desarrollo tecnológico que permite ver partes físicas del mundo e interactuar con ella desde la pantalla de la computadora, esta visión futurista muestra un momento en el desarrollo tecnológico en el cual pueda verse a escala partes del mundo real como en una maqueta dinámica con el cual puedes interactuar hacer cambios que puedan reflejarse en el mundo real. El concepto de un virtual, equivalente digital a un producto físico o gemelo digital fue introducido en 2003 por Grieves (2014) en la universidad de Michigan Curso ejecutivo de gestión del ciclo de vida de un producto, en el cual se muestran tres partes principales: productos físicos en un espacio real, productos virtuales en un espacio virtual y las conexiones de datos e información que vincula el espacio virtual y físico, esta primera aproximación muestra que un componente real puede asociarse a su gemelo virtual que comparte las mismas características que su gemelo real haciendo referencia a las variables de entrada y salida del gemelo virtual. También se atribuye el concepto de gemelo digital a la NASA según Negri et al. (2017) en sus informes o presentación de proyectos asociadas al diseño y control de naves, pero como se observó ya hay antecedentes previos que involucran a Grieves (2014), para la NASA (2015) el concepto de gemelo digital es un enfoque que integra un conjunto de soluciones multidisciplinarias, modelos basados en la física que representan todos los materiales, procesos y productos físicos, en última instancia incorpora estas capacidades en la

producción y operación de naves espaciales. Entonces haciendo referencia al último enunciado un Gemelo Digital permite diseñar y experimentar de manera virtual con máquinas antes de su implementación real como también la evaluación de su rendimiento ante situaciones extremas, esto es relevante para proveer los insumos y procesos que se requiera en la implementación de la máquina o sistema real.

A. Aplicaciones de un gemelo digital.

Las aplicaciones de los gemelos digitales se han extendido ampliamente en varias áreas del conocimiento, por ejemplo, en la elaboración y gestión de sistemas de producción (Negri et. al 2017), en el diseño, producción y operación de naves espaciales (NASA, 2015), en las construcciones civiles (Martínez-Manso y Delgado-Fernández, 2023), en la industria automotriz (Hossain et al., 2023), en el campo de la robótica (Kousi et al., 2019), para personalizar el cuidado de la salud (Abdollahi y Rahmim, 2023), como soporte para la gestión y control de las ciudades inteligentes (Bentley, 2021) y otras áreas del conocimiento.

Dilmegami (2023) sintetiza la aplicación de gemelos digitales en cuatro áreas:

- Fabricación
 - Desarrollo de los productos
 - Diseño personalizado
 - Mejorando el rendimiento del área de producción
 - Mantenimiento predictivo
 - Campo aeroespacial
 - Campo automotriz
 - Desarrollo de vehículos autónomos
- Cuidado de la salud
 - Mejorando la eficiencia operativa de las operaciones de atención médica
 - Mejorando un cuidado personalizado
- Cadena de suministro
 - Predicción del rendimiento de los materiales de empaquetamiento
 - Mejorando la protección de envío
 - Optimización el diseño de los almacenes y el rendimiento operativo
 - Creación de una red logística
- Venta a minoristas
 - Modelación y simulación personalizada

En esta variedad de aplicaciones puede resaltarse la implementación de un gemelo digital de una ciudad, el cual podría proporcionar los insumos necesarios para proyectar la ciudad a una ciudad inteligente.

B. Ciudades inteligentes con gemelos digitales

Según el Prospecto de Urbanización de las Naciones Unidas del Mundo 4.2 billones de personas viven en áreas urbanas, para el 2050 se espera que este número pueda expandirse a 6.7 billones (Bentley, 2021). Muchas ciudades están fijando sus objetivos a un desarrollo sostenible como:

- Acceso seguro a servicios de agua, sanidad y energía
- Combatiendo el clima cambiante y sus impactos
- Implementación de transporte inteligente
- Mejorando la planificación de todos los sistemas de la ciudad

Estos problemas centrales en las áreas urbanas también son considerados en las Ciudades Inteligentes, Una ciudad Inteligente refiere a aquellas urbes que colocan al ser humano en el centro del desarrollo, incorporando Tecnologías de la Información y Comunicación en la gestión urbana y usa estos elementos como herramientas para estimular la formación de un gobierno eficiente que incluya procesos de planificación de manera colaborativa haciendo partícipe a la ciudadanía (Bouskela et al., 2016). Aparte de los recursos tecnológicos en los que se pueda apoyar la gestión del área urbana en una ciudad inteligente también es considerando el uso de energía renovable buscando la armonía con el medio ambiente, una ciudad inteligente al servicio del medio ambiente (Rodríguez-Rojas, 2019).

El campo de la Inteligencia Artificial también está inmerso en temas de mejora y administración urbana, por ejemplo, en Savoie (s.f.) se muestra algunas áreas de aplicaciones de la Inteligencia Artificial en las Ciudades Inteligentes:

- Promoción de la salud pública, prevención y manejo de enfermedades (incluyendo rastreos de contacto).
- Espacio de trabajo digital compartido, herramientas de productividad y colaboración
- Herramientas de autoservicio para empleados
- Monitoreo de la seguridad de la infraestructura de Tecnologías de la Información
- Gestión de préstamos y subvenciones
- Monitoreo ambiental (calidad del aire, calidad del agua, monitoreo del clima
- Gestión de flujos de trabajo, documentos y contenidos digitales
- Gestión de instalaciones y edificios

- Seguridad pública, seguridad, vigilancia

Un recurso central en las Ciudades Inteligentes para el logro de sus metas se orienta en el soporte tecnológico y la Inteligencia Artificial que en estos últimos años está implícito en el soporte tecnológico, al respecto dentro de este soporte tecnológico se tiene a los gemelos digitales que pueden apoyar al cumplimiento de estos y a otros objetivos en el desarrollo urbano, por ejemplo Bentley (2021) menciona el soporte que proporciona un gemelo digital:

- Visualizar planos y proyectos en el campus en escalas de la ciudad
- Optimizar el crecimiento de la movilidad y su transportación.
- Desarrollar estrategias para responder a las inundaciones
- Administración de proyectos públicos de trabajo
- Apoyar las iniciativas para mejorar la calidad de vida de los residentes

En el caso de Irlanda, el gemelo digital de Dublin, ha permitido acelerar la transformación digital, el proyecto del gemelo digital de Dublin es una iniciativa integrada en febrero del 2020 por la ciudad de Dublín, Bentley Systems y Microsoft para crear un modelo digital a gran escala de la capital de Irlanda y grandes ciudades, esta propuesta permitirá ejecutar soluciones urbanas en los años siguientes, como también medir el impacto en el clima, simular y predecir problemas para medidas preventivas (Bentley, 2021).

Göteborg es la segunda ciudad más grande de Suecia, está creciendo rápidamente y planea acomodar 150.000 nuevos residentes y 80.000 nuevas casas y oficinas para el año 2035. Göteborg considera que el uso de un entorno 3D podría involucrar a los habitantes en la planificación urbana, así se creó un modelo 3D completo del área metropolitana, se difunde modelos en 3D de proyectos a los residentes de Göteborg socializando en línea en dispositivos móviles y salas de exposición, esto permite que los mismos residentes estén inmersos en las decisiones sobre la organización urbana (Bentley, 2021).

En Finlandia, el 2017 Helsinki, invirtió un millón de euros para generar una representación 3D de toda la ciudad, el modelo en la actualidad es proporcionado como datos abiertos para involucrar al público e incentivar la investigación y desarrollo comercial. Se muestra un crecimiento de las ciudades inteligentes con gemelos inteligentes. Los objetivos trazados por Helsinki según Bentley (2021) son:

- Desarrollo de nuevos servicios digitales para la ciudad
- Alcanzar la neutralidad del carbono para el 2035

- Proporcionar acceso abierto al público, industria y desarrolladores externos

Singapur utiliza un gemelo digital para la gestión de tierras en 3D, la plataforma de gemelo digital de Singapur recopila datos geoespaciales en 3D de la Isla en un solo lugar, el gemelo digital de Singapur muestra todas las partes de la nación en representaciones 3D altamente detalladas, desde edificios hasta árboles individuales y postes de luz (Bentley, 2021).

En Suecia, Estocolmo se comunica de manera efectiva en el desarrollo urbano, Estocolmo planea construir 140.000 apartamentos para el 2030 a fin de cumplir con las proyecciones de crecimiento, se entiende que la comunicación con los ciudadanos es importante para evitar malos entendidos que puedan retrasar la planificación urbana, para lo cual considera un gemelo digital 3D del área metropolitana que abarca unos 500 kilómetros cuadrados que es socializado con los ciudadanos para la elaboración de proyectos urbanos (Bentley, 2021).

En Bélgica, la Agencia de Información Geográfica de Flandes desea mejorar su sistema de mapas de carreteras en 3D para lo cual se contrató a la empresa Image-V para trabajar con imágenes de 65 kilómetros de carretera y producir un mapa actualizado y accesible en la web, parte de los requerimientos es que los ciudadanos puedan acceder al historial y ver cómo cambia la ciudad en el tiempo (Bentley, 2021).

C. Ciudades inteligentes con gemelos digitales en américa latina

La ciudad de Medellín en Colombia el 2021 inicio en el Corregimiento de Santa Elena capturando más de 120.000 imágenes de la ciudad, con este proyecto la Oficina de Registros Públicos de Medellín tiene un soporte que le permitirá tomar decisiones con proyectos futuros de la ciudad, estos modelos en 3D a gran y pequeña escala detallan aspectos que no se lograron con otras metodologías, el gemelo de Medellín cubre 17.500 hectáreas de terreno (Jaramillo, 2023).

En Brasil se implementó un gemelo digital para el sistema de aguas de Joinville, en el estado de Santa Catarina. Joinville. El proyecto de modelado inició el 2020 con el objetivo de crear el gemelo digital del sistema para comprender cómo funciona el sistema de suministro y evaluar las opciones considerando múltiples variables: variabilidad extrema en las precipitaciones, flujos de ríos, tratamiento de agua, almacenamiento en diferentes embalses, demanda de la ciudad y diversas actividades de red (Quiroga, 2022).

En Chile, el gemelo digital Puna Arenas que consiste en un visor territorial integrado en 3D ya está disponible en la web y cuenta con información proporcionada entidades públicas y privadas de la comuna, contiene información para la planificación urbana, como viabilidad, predios fiscales, catastro y construcciones, instalaciones, edificaciones de redes de servicios básicos y factibilidad, plan regional de Ordenamiento territorial y otros (CDT, 2022), para Chile el

uso de un gemelo inteligente es la puerta para alcanzar el estatus de una ciudad inteligente .

En Perú se observa el centro comercial Plaza Santa que cuenta con una extensión de 11.000 metros cuadrados y mas de 9.000 metros cuadrados de espacio en renta distribuido en tres niveles. La Plaza Santa Catalina tiene una amplia oferta de cines, farmacias, restaurantes, tiendas, un gimnasio y 200 espacios de estacionamientos. A fin de facilitar el mantenimiento de toda esta infraestructura se considera un Gemelo Digital que ayuda a reducir la complejidad de los edificios, poder responder a incidentes y facilitar la toma de decisiones (Boviatsou, 2023).

CONCLUSIONES

Como se observó en los casos de estudio un Gemelo Digital proporciona muchos beneficios para controlar, administrar y gestionar el área urbana y responder a la demanda de los ciudadanos como es el caso del crecimiento poblacional. Las aplicaciones pioneras se encuentran por Asia y Europa, en esos contexto se observó que problemas de la ciudad como la alta demanda por el crecimiento poblacional requiere que se pueda prever los servicios básicos como los espacios para nuevas construcciones, también se observó que existe ciudades que al año deben enfrentar situaciones de riesgo como inundaciones, escases de agua y otros recursos vitales, los cuales deben ser pronosticados para tomar los recaudos, establecer espacios que permitan al ciudadano poder interactuar en los proyectos urbanos, todos estos requerimientos han sido abordados mediante los gemelos digitales y se ha obtenido resultados importantes que permiten reducir gasto en los proyectos urbanos priorizando los proyectos que garanticen una mejor calidad de vida del ciudadano. En el caso de América latina las situaciones críticas como las inundaciones y escasez de agua también son abordados con el uso de gemelos digitales como también el control de las áreas de las áreas de la ciudad. En nuestro contexto social no estamos exentos del crecimiento poblacional que involucra el garantizar la distribución de los servicios básicos, el tema de seguridad ciudadana, las inundaciones, la escasez de agua, el tema de la basura y otros, por lo que es de mucha importancia en nuestra sociedad socializar e implementar gemelos digitales que puedan responder a estos problemas de la ciudad.

REFERENCIAS

- Abdollahi, H. y Rahmim, A. (2023). digital twins for personalized healthcare: application to radiopharmaceutical. *frontiers in biomedical technologies*.
- Bentley (2021). Cities Driving Sustainable development through digital transformation. advanced infrastructure. https://www.bentley.com/wp-content/uploads/ebook_digital_cities_digital_transformation_en.pdf
- Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., de luca, c. y facchina, m. (2016). la ruta hacia las smart cities, migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente. *bid*.

<https://publications.iadb.org/es/la-ruta-hacia-las-smart-cities-migrando-de-una-gestion-tradicional-la-ciudad-inteligente>

Boviatsou, P. (2023). gemelo digital para mejorar las funciones de un centro comercial en Perú. hexagon. <https://leica-geosystems.com/es-es/case-studies/reality-capture/creating-the-first-digital-shopping-center-in-peru>

CDT (2022). lanzan el primer gemelo digital de Chile en Punta Arenas. <https://www.cdt.cl/lanzan-primer-gemelo-digital-de-chile-en-punta-arenas/>

Dilmegami, C. (2023). 15 digital twin applications/ use cases by industry in 2023. ai multiple. <https://research.aimultiple.com/digital-twin-applications/>

Gelernter, D. (1991). Mirror Worlds: or the day software puts the universe in a shoebox...how it will happen and what it will mean. Oxford University Press.

Grieves, M. (2014). digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. https://www.researchgate.net/publication/275211047_digital_twin_manufacturing_excellence_through_virtual_factory_replication

Hossain, S. M., Saha, S. K., Banik, S. y Banik T. (2023). a new era of mobility: exploring digital twin applications in autonomous vehicular systems. <https://arxiv.org/pdf/2305.16158.pdf>

Jaramillo, D. (2023). Medellín, primera ciudad de Latinoamérica en tener un gemelo digital. telemedellin. <https://telemedellin.tv>

Kousi, N., Gkournelos, C., Aivaliotis, S., Giannoulis, C., Michalos, G. y Makris, S. (2019). digital twin for adaptation of robots' behavior in flexible robotic assembly lines. international conference on changeable, agile, reconfigurable and virtual production. www.sciencedirect.com

Martínez-Manso, H. y Delgado-Fernández, T. (2023). Arquitectura básica de diseño de gemelos digitales para la construcción. Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-83062022000200327&lang=es

NASA (2015). NASA technology roadmaps ta 12: materials, structures, mechanical systems, and manufacturing. https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2015_nasa_technology_roadmaps_ta_12_materials_structures_final.pdf

Negri, E., Fumagalli, L. y Macchi, M. (2017). a review of the roles of digital twin in cps-based production systems. 27th international conference on flexible automation and intelligent manufacturing. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917304067>

Quiroga, C. P. (2022). aplicando un gemelo digital. <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/aplicando-un-gemelo-digital/8025040.article>

Rodríguez-Rojas, Y.L. (2019). ciudades inteligentes al servicio del ambiente. productividad con smartcities. universidad nacional de Colombia. <https://repository.unimilitar.edu.co>

Savoie C. (s.f.) ai and digital twins in smart cities. IDC government insights. https://cdn.idc.com/ap/smartcities/resources/attachments/ebook-ai_and_digital_twins_in_smart_cities.pdf