

Industria 5.0. Análisis de herramientas para la creación de Gemelos Digitales para aplicaciones industriales

Federico Walas Mateo¹ ; Armando De Giusti² 

¹ *Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ), Buenos Aires, Argentina, fedewalas@gmail.com*

² *III-LIDI, Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina, degiusti@lidi.info.unlp.edu.ar*

Abstract. La naciente era de la Industria 5.0 propone una evolución desde el modelo I4.0, para establecer cadenas de valor globales más resilientes, sostenibles y circulares que beneficien a la sociedad en su conjunto. Además, el nuevo marco pone el foco en las personas que intervienen en los procesos industriales, y busca lograr procesos productivos que minimicen el impacto ambiental hacia la neutralidad de la huella de carbono (CO₂) y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo sostenible (ODS) de la ONU.

En este escenario, surgen oportunidades para la adopción de nuevos modelos de negocio, y modelos operativos que deben adaptarse al marco en el que operan empresas industriales tradicionales, entre las herramientas disponibles que presentan mayor potencial se encuentran las soluciones conocidas como Gemelos Digitales.

El trabajo que se presenta a continuación pretende explorar el concepto de estas herramientas, analizar su integración con plataformas industriales, y su desarrollo para facilitar la generación de procesos industriales inteligentes.

Keywords: Gemelo Digital, Industria 5.0, IIoT, UNITY, NodeRed

1 Introducción

Este artículo se desarrolla en el marco del trabajo planteado en [1] y el objetivo es profundizar en el análisis de los Gemelos Digitales (GD) como soluciones facilitadoras del modelo Industria 5.0 (I5.0). Algunos autores [2], [3], conceptualizan el alcance y los objetivos del modelo I5.0. Los autores coinciden en que el nuevo marco busca la sostenibilidad junto con la integración en la cadena de valor, y la centralidad de las personas en el entorno productivo.

El escenario industrial presenta el desafío de llevar a industrias tradicionales al modelo I5.0. En este sentido, los GD presentan una oportunidad para facilitar alcanzar los objetivos del nuevo paradigma [4]. Este artículo pretende indagar y visibilizar herramientas para la generación de GD, que faciliten su adopción y uso en distintos ámbitos. De esta manera establecer las bases para el comienzo de una fase de experimentación y desarrollo de experiencias prácticas que permitan continuar profundizando el conocimiento de los GD.

El trabajo que se presenta a continuación, comienza con el desarrollo del marco conceptual sobre caracterización de gemelos digitales y su aplicación. Mas adelante se detallan un conjunto de herramientas para el desarrollo de este tipo de soluciones, y finalmente se establecen las conclusiones y trabajo futuro.

2 Marco Conceptual

Para iniciar el desarrollo del marco conceptual consideremos que entre las diferentes definiciones que se dan al GD desde su introducción por Grieves en 2003 [5], es posible considerar la propuesta que desarrolla Stark [6], que afirma que “un gemelo digital es la representación digital de un activo único (producto, máquina, servicio, sistema producto-servicio) que replica sus propiedades, condición y comportamiento por medio de modelos, información y datos”. Los elementos que componen el Gemelo Digital según [6] son el Modelo Digital (el modelo, Digital Master Model), la Sombra Digital (los datos del sistema real, Digital Shadow) y su integración.

En el artículo de Stravoulakis et al [7] se establece una clasificación 5 variantes de GD. Esta clasificación se basa en el grado de abstracción y la complejidad del GD en cuanto al análisis de datos. En función de lo que se pretende en el desarrollo de la investigación que genera este trabajo nos focalizaremos en el primer caso. Este caso integra la información gráfica del objeto en 2D o 3D y los datos de funcionamiento, considerando sensores y elementos que permiten recolectar y analizar datos sensibles para realizar una analítica descriptiva que permita analizar el funcionamiento del equipo o proceso bajo estudio. Esto permite realizar análisis estadístico, estudiar modos de fallos, e indicadores críticos como OEE, entre otros.

Benavidez et al. [8] detallan los pasos para el desarrollo de un GD según el primer tipo de GD que es el que se estudiará con profundidad. Para este caso, los autores definen tres instancias: el desarrollo del modelo, creación del GD, y la etapa de ajuste y configuración. La primera instancia consiste en reproducir la estructura virtual que reproduce al elemento físico (equipo o proceso) que se desea estudiar. La segunda consiste en integrar los datos que le darán vida al modelo virtual. La tercera etapa consiste en configurar los parámetros o los distintos softwares que se requieran para su funcionamiento. Algunos de los parámetros son los correspondientes a los elementos que funcionarán como sensores o actuadores dentro del modelo, por lo cual se debe configurar velocidades, rangos de los sensores, entre otros aspectos.

Finalmente considerando hallazgos en trabajos anteriores [9] debe considerarse la importancia de la infraestructura IIoT/IoT para la integración, es decir llevar los datos desde el piso de planta al modelo. En ese sentido debe contemplarse aspectos de ciberseguridad que permitan una operación robusta del GD, para ello se deberá considerar el acceso a datos de operación a través del protocolo de comunicación OP UA.

3 Herramientas para el desarrollo de GD

La investigación desarrollada permitió conocer que existen numerosas herramientas para generar GDs. A continuación, se presentan algunas opciones que se han analizado.

Para comenzar se puede observar el caso de la empresa Siemens que posee un amplio portfolio de soluciones para implementar GD en la industria [10] que van desde la generación del modelo gráfico a través de diversas herramientas de CAD, hasta la integración de los datos a través de plataformas IoT/IIoT. Otra empresa proveedora de soluciones de automatización que provee herramientas para GD es Rockwell, que facilita la solución Emulated 3D [11].

Dentro de las herramientas investigadas, se debe considerar que las distintas herramientas se pueden segmentar entre aquellas de código abierto, que requieren mayor esfuerzo de desarrollo. El segmento de aquellas que poseen componentes libres y herramientas pagas, y finalmente las que son totalmente pagas. Estas últimas como el caso de los productos de Siemens, facilitan y aceleran el desarrollo de modelos de GD, pero limitan el acceso.

El artículo de Gonzalez-Herbon et al. [12] presenta un caso de desarrollo de un GD a partir de integrar la solución gráfica UNITY. El manejo de los datos lo genera a partir de utilizar la herramienta NodeRed. Esta es una herramienta de programación de bajo código para conectar dispositivos de hardware, API y servicios en línea [13]. Además, proporciona un editor sobre un navegador web que facilita el desarrollo de flujos mediante nodos pre configurados. Esta herramienta surge de la plataforma Node.js, y está basado en eventos.

Dado que el formato de los datos se presenta como series de tiempo, se deberá considerar almacenamiento en BD no relacional, en este sentido se puede considerar soluciones como MongoDB, InfluxDB, entre otras.

También se analizó un framework desarrollado en Python para trabajar en casos de la industria de procesos integrado con la solución de modelado gráfico ANSYS.

4 Conclusiones y trabajo futuro

El estudio y análisis de las metodologías de desarrollo de GD y de las herramientas disponible permitió conocer con mayor profundidad la complejidad y consideraciones a observar para desarrollar herramientas de GD.

Considerando los resultados de la investigación se percibe que el espectro es muy amplio y diverso con distintas alternativas para desarrollar GD según distintos tipos de análisis y aplicación en la industria.

Para avanzar en el desarrollo de una experiencia concreta se definió focalizar los esfuerzos en un caso de manufactura discreta, y avanzar con el desarrollo de un prototipo de GD utilizando UNITY para el modelo digital, y conectar los datos mediante tecnología NodeRed para la integración, con el uso de un motor de BD MongoDB como la sombra del GD .

En principio esto permitirá generar la herramienta para simulación compleja y preparar el modelo de GD para comenzar a experimentar y realizar el estudio de un caso para avanzar en la aplicación de modelos de inteligencia artificial que nos permita predecir el comportamiento del equipo. El plan de trabajo consistirá en el desarrollo completo de un GD y el desarrollo de un caso de uso que permita analizar la performance de un equipo y trabajar en la optimización del funcionamiento del equipo escogido. Casos de

uso posible podría ser, por ejemplo, disminuir consumo de energía, y la huella de CO₂, optimizar el tiempo de ciclo, entre otros.

Como objetivo a mediano plazo se pretende que a partir de los datos generados se logre profundizar en técnicas de aprendizaje automático para lograr predicciones para la mejor operación del equipo.

Referencias

1. Federico Walas Mateo, Dolores Rexachs, Mercè Planas, Eva Bruballa, Francisco Epelde6 Álvaro Wong, Emilio Luque, Joel Acosta, Sonia Fretes, Ayelén Elisabet Cayuqueo, Gustavo Guitera, Claudia Russo, Leonardo Esnaola, Hugo Ramón, Adrián Jaszczyszyn, Laura De Giusti, Marcelo Naiouf, Santiago Medina, Armando De Giusti. (2024). Gemelos Digitales: Aplicación en la Industria de Procesos, en la Gestión Sanitaria y en el área Agrícola. Congreso WICC. UNSJB. Puerto Madryn.
2. Di Nardo, M.; Yu, H. Special Issue. Industry 5.0: The prelude to the sixth industrial revolution. *Appl. Syst. Innov.* 2021, 4, 45.
3. Doyle-Kent, M.; Kopacek, P. Industry 5.0: Is the manufacturing industry on the cusp of a new revolution? *Adv. Mech. Eng.* 2020, 432–441
4. Ricondo-Iriondo, I., Uriarte-Zearra, A., Kortabarria, A. (2020). DISCRETE EVENT SIMULATION PROCEDURE TO BUILD THE PRODUCTION DIGITAL TWIN OF HIGHLY AUTOMATED AND COMPLEX PRODUCTION SYSTEMS. *DYNA*, 95(5). 478-481. DOI: <https://doi.org/10.6036/9394>.
5. Negri E, Fumagalli L, y Macchi M, “A Review of the Roles of Digital Twin in CPS-based Production Systems”, *Procedia Manuf.*, Vol. 11, p. 939-948, 2017. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.198>.
6. Stark, R, Kind S, y Neumeyer S, “Innovations in digital modelling for next generation manufacturing system design”, *CIRP Ann.*, Vol. 66- 1. p. 169-172, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.045>.
7. Stravoulakis, G.E;Charalambidi, B.G.;Koutsianitism P. Review of Computational Mechanics, Optimization, and machine Learning. Tools for digital twins applied to infrastructure. *Applied Sciences*, 2022, 12, 11997. <https://doi.org/10.3390/app122311997>
8. A. Benavidez, J. F., y Pascuas, W. (2023). Cálculo de la Efectividad Global del Equipo (OEE) basado en el concepto de gemelo digital bajo un entorno de transformación digital industrial. *Mutis*, 13(2), 1 - 27. <https://doi.org/10.21789/22561498.2019>
9. Walas Mateo, F.; De Giusti, A. Industry 5.0. Digital Twins in the process industry. A bibliometric analysis. XII Jornadas de Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics. 06/2024 Facultad de Informatica UNLP.
10. SIEMENS <https://www.sw.siemens.com/en-US/technology/digital-twin/>, accedido el 20/06/2024.
11. Rockwel. <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/the-journal/fundamentals-of-digital-twins-explained.html> , accedido el 20/06/2024.
12. Gonzalez-Hebron, R.; Gonzalez-Mateos, G.; Rodriguez-Ossorio, J.R.;Dominguez, M.;Alonso, S.;Fuentes, J.J. Approach to develop Digital Twin in Industry. *Sensors* 2024, 24, 998. <https://doi.org/10.3390/s24030998>
13. OpenJS Foundation & Contributors. Node-RED. <https://nodered.org>. Author, F.: Contribution title. In: 9th International Proceedings on Proceedings, pp. 1–2. Publisher, Location (2010).