

Digital Twin y la modernización.

Autor: Felipe Alveal Oliva

Estudiante de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de La Frontera, Chile, Temuco.

Correo: f.alveal02@ufromail.cl

Fecha: 2026-09-07

Resumen

El presente informe analiza el Digital Twin como herramienta de modernización industrial, considerando su funcionamiento, los requerimientos básicos para su implementación, los costos asociados y sus principales beneficios. A partir de los contenidos desarrollados durante la semana 3, se tomó como referencia una aplicación sencilla sobre equipos industriales, destacando la necesidad de contar con sensores, datos confiables y un modelo capaz de representar adecuadamente el comportamiento del sistema. Los resultados muestran que esta tecnología puede apoyar la supervisión, el mantenimiento y la toma de decisiones, y que su implementación puede realizarse de forma gradual para controlar la inversión. Asimismo, se concluye que su efectividad depende de la correcta integración entre el modelo digital y el proceso físico, junto con una validación continua de los datos y resultados obtenidos.

1. Introducción

La automatización industrial requiere comprender el comportamiento de los procesos antes de intervenirlos, especialmente cuando existen riesgos operacionales, variaciones en las condiciones de funcionamiento o la necesidad de mantener variables dentro de valores determinados. En este contexto, el modelado matemático permite representar las relaciones entre entradas, salidas y variables de estado, facilitando la simulación y el análisis previo del sistema antes de aplicar modificaciones sobre el proceso real. Dentro de estas herramientas de modernización surge el Digital Twin o Gemelo Digital, entendido como una representación vinculada a un sistema físico mediante modelos y datos que permiten observar, actualizar o analizar su comportamiento durante la operación. Por esta razón, un gemelo digital no corresponde únicamente a una simulación o representación gráfica, sino que requiere información proveniente del proceso real y un modelo capaz de representar adecuadamente sus variables y relaciones. La utilidad de esta tecnología depende en gran medida de la calidad de los datos, de los sensores disponibles y de la capacidad del modelo para representar el comportamiento del proceso. Su incorporación puede apoyar la supervisión, el análisis de escenarios y la toma de decisiones antes de intervenir directamente una instalación, convirtiéndose así en una alternativa relevante para la modernización de procesos industriales.

2. Objetivo

Analizar la aplicación de Digital Twin como herramienta de modernización industrial, considerando su funcionamiento, los requerimientos y costos asociados a su implementación, y las principales ventajas que puede aportar el monitoreo, simulación y toma de decisiones en una sección de una planta.

3. Metodología

Para la elaboración de este informe se utilizó como principal fuente de información el contenido de la clase de cátedra correspondiente a la semana 3 del curso de automatización, complementando con la transcripción de la(s) clase(s) entregada por el docente. A partir de este material se identificaron los principales argumentos, ejemplos y situaciones planteadas durante la clase (Alarcón, 2026a). Posteriormente, los argumentos presentados fueron organizados y analizados de manera crítica, considerando las distintas posturas expresadas por los estudiantes como los cuestionamientos planteados por el profesor. Este análisis se orientó a comparar los beneficios, riesgos e implicancias de

las alternativas discutidas. Finalmente, las conclusiones fueron formuladas a partir de la interpretación conjunta de estas discusiones.

3.1. Uso de IA

Para la elaboración del informe se utilizó ChatGPT, como apoyo en la organización de ideas, redacción de borradores y revisión del texto. El autor mantuvo la responsabilidad sobre la conceptualización, metodología y validación del contenido final, revisando y ajustando las respuestas generadas antes de incorporarlas al informe. • Felipe Alveal (Humano): Conceptualización, Metodología y Validación. • ChatGPT (IA): Investigación, Redacción del borrador original y/o Revisión y edición, según corresponda al trabajo realmente realizado. La distinción entre aportes humanos y apoyo instrumental de IA se enmarca en Ciencia Generativa (Alarcón, 2026b).

4. Resultados

El Digital Twin o Gemelo Digital corresponde a una representación digital de un activo o proceso físico que se mantiene vinculada a este mediante datos de sensores y otras fuentes. Su función no se limita a visualizar el equipo, sino que permite representar su comportamiento, analizar su estado y simular diferentes condiciones de operación. Esta característica lo diferencia de una simulación convencional, ya que el gemelo digital se actualiza a partir de información real del sistema. IBM señala además que estos sistemas pueden integrar monitoreo, simulación y análisis durante el ciclo de vida, mientras que Microsoft los plantea como modelos digitales conectados a dispositivos y datos reales (Armstrong et al., 2026; Microsoft, 2025). Como ejemplo de modernización se considera una sección de planta compuesta por dos bombas centrífugas, una en operación y otra de respaldo. Para cada bomba se propone instalar un sensor industrial de vibración y temperatura, cuyos datos serían enviados a un sistema de adquisición común y posteriormente utilizados por el Digital Twin para representar el estado de funcionamiento de cada equipo. En este caso serían necesarios dos gemelos digitales, uno por bomba, integrados dentro de una misma plataforma de supervisión. Esta configuración permitiría comparar el comportamiento de ambas unidades y detectar desviaciones con vibraciones, temperatura o condición mecánica. Los sensores de vibración industriales, como ifm VVB001, están diseñados para monitoreo continuo y mantenimiento basado en condición de máquinas como motores, bombas y ventiladores (ifm electronic, s.f.). Para realizar una estimación económica, se consideró un precio de 505 USD por cada sensor VVB001 y 450 USD por un maestro IO-Link AL1352, capaz de centralizar la comunicación de los sensores. Utilizando el dólar observado a 931,05 CLP al 7 de septiembre de 2026. A esto se agregó como supuesto del informe, un 25% para cableado, instalación y puesta en marcha, además de \$1.500.000 CLP para el desarrollo del modelo, programación e integración de la plataforma. Con estos supuestos, el proyecto piloto tendría un costo aproximado de (DigiKey, s.f.-a, s.f.-b; Banco Central de Chile, s.f.). La Tabla 1 presenta los costos estimados del proyecto. Tabla 1. Costos de proyecto bombas centrífugas

Concepto	Costo estimado
2 sensores de vibración y temperatura	\$1010 USD = \$940.361 CLP
1 maestro IO-Link	\$450 USD = \$418.973 CLP
Instalación y cableado (25% del hardware) *	\$365 USD = \$339.833 CLP
Modelado programación e integración*	\$1.500.000 CLP
Costo total estimado	\$3.199.167 CLP

*Valores estimados para efectos del informe y no correspondientes a una cotización formal.

La principal ventaja de aplicar un Digital Twin en este caso sería disponer de una representación actualizada del estado de cada bomba y utilizar los datos para anticipar posibles problemas antes de que produzcan una falla. NIST señala que los gemelos digitales pueden emplearse para monitorear el estado de máquinas, detectar anomalías, predecir comportamientos y apoyar decisiones de mantenimiento. De esta manera, una variación progresiva de las vibraciones podría advertir sobre desbalance, desgaste de rodamientos u otras anomalías, permitiendo programar una inspección antes de una detención inesperada. El fabricante ifm también indica que este tipo de monitoreo permite detectar daños en etapas tempranas y planificar intervenciones para evitar paradas costosas (NIST, s.f.; ifm electronic, s.f.).

Además, disponer de dos bombas permite comparar el comportamiento del equipo en servicio con el equipo de respaldo, facilitando la identificación de diferencias y el seguimiento histórico de sus condiciones. El Digital Twin también permitiría evaluar virtualmente cambios operacionales antes de aplicarlos al sistema físico, reduciendo la necesidad de realizar pruebas sobre los equipos. Este tipo de uso coincide con aplicaciones industriales donde los gemelos digitales se emplean para analizar escenarios, optimizar la operación y avanzar desde un mantenimiento reactivo hacia estrategias predictivas.

5. Discusión

Los resultados muestran que un Digital Twin puede mejorar la supervisión y mantenimiento de equipos, pero su utilidad depende de la calidad del modelo y de los datos utilizados. Como se discutió en clase, no basta con tener una representación digital; esta debe relacionarse de forma válida con las variables reales del proceso. En el caso de las bombas, los datos de vibración y temperatura solo aportan valor si se interpretan correctamente y se integran en un modelo confiable.

Desde el punto de vista económico, una implementación inicial en una sección pequeña permite reducir la inversión y validar beneficios antes de ampliar la solución. Sin embargo, existe una tensión entre precisión y costo: incorporar más sensores, variables y detalle aumenta la complejidad y el costo del sistema.

Finalmente, el Digital Twin no reemplaza la validación sobre el proceso real. Tal como se observó en clase, incluso un modelo bien fundamentado debe contrastarse con mediciones reales, ya que pueden existir pérdidas, variaciones o errores de medición.

6. Conclusiones

Se concluye que el Digital Twin constituye una herramienta útil para la modernización industrial, ya que permite representar digitalmente el comportamiento de equipos o procesos y apoyar su monitoreo, análisis y mantenimiento. Su implementación puede realizarse de forma gradual, comenzando en una sección pequeña de la planta para controlar costos y validar beneficios antes de ampliar la solución. En síntesis, su efectividad depende de contar con datos confiables, un modelo adecuado y una validación constante con el sistema real. Por ello, el principal aporte del Digital Twin no está solo en digitalizar un proceso, sino en utilizar esa representación para mejorar la comprensión y la toma de decisiones sobre la operación.

7. Declaraciones

Declaro que autorizo la publicación del presente informe con mi nombre y apellido, autorizo modificaciones por coautores posteriores a una revisión editorial y autorizo su publicación en sitios web de informes académicos.

8. Bibliografía

Alarcón, C. (2026a, 31 de agosto). Clase Semana 03 de IIS670: Cátedra, módulo 01 [Transcripción de clase]. Universidad de La Frontera.

Armstrong, M. M., Gallagher, N., y Goodwin, M. (2026, 7 de agosto). What is a digital twin? [Actualización; publicación original del 4 de diciembre de 2020]. IBM Think.
<https://www.ibm.com/think/topics/digital-twin>

Banco Central de Chile. (s.f.). Dólar observado: Serie diaria F073.TCO.PRE.Z.D.
https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_TIPO_CAMBIO/MN_TIPO_CAMBIO4/DOLAR_OBS_ADO?idSerie=F073.TCO.PRE.Z.D

DigiKey. (s.f.-a). AL1352 - ifm efector, inc.: IOLINK MASTER DATALINE; 16DI/8DO.
<https://www.digikey.com.mx/es/products/detail/ifm-efector-inc/AL1352/28878567>

DigiKey. (s.f.-b). VVB001 - ifm efector, inc.: VIBRATION TEMPERATURE SENSOR.
<https://www.digikey.com.mx/es/products/detail/ifm-efector-inc/VVB001/17867043>

ifm electronic. (s.f.). Sensores de vibración con IO-Link.
<https://www.ifm.com/cl/es/shared/productos/condition-monitoring/vvb/vibration-sensors-with-io-link>

Microsoft. (2025, 28 de enero). What is Azure Digital Twins? [Documentación actualizada]. Microsoft Learn.
<https://learn.microsoft.com/en-us/azure/digital-twins/overview>

National Institute of Standards and Technology. (s.f.). Digital twins: The forecasting revolution - Digital twins and the bottom line.
<https://www.nist.gov/digital-twins>

Alarcón, C. (2026b). Generative Science as an analytical framework for integrating the full capabilities of generative artificial intelligence into scientific research while preserving scientific recognition. Generative Science Preprints, 2026(07), 19055673.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.19055673>