



**GEMELO INDUSTRIAL DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA EL
DESARROLLO DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL EN ESTUDIANTES**
**INDUSTRIAL TWIN OF AN INDUSTRIAL PLANT FOR THE DEVELOPMENT OF
COMPUTATIONAL THINKING IN STUDENTS**

Ricardo Silva Barturen
<https://orcid.org/0009-0009-0668-1955>
rsilva@iestp-ascop.edu.pe

Carlos David Álvarez Paico
<http://orcid.org/0009-0002-3883-8207>
calvarez@iestp-ascop.edu.pe

Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “Ascope” – Perú, Ascope - Perú

Sugerencia como citar: Silva, R., Alvarez, C. D. (2025). Gemelo Industrial de una planta industrial para el desarrollo del pensamiento computacional en estudiantes Edición Especial (EE) Pág. 87-94, <https://mucin.nelkuali.com/>

Recibido: 04/11/2025

Aprobado: 05/12/2025 Publicado: 15 /12/2025

Resumen

El objetivo general consistió en analizar los mecanismos a través de los cuales el uso del gemelo digital de una planta industrial facilitó el desarrollo del pensamiento computacional en los estudiantes de un instituto tecnológico. Esta investigación efectuó el enfoque del tipo aplicada con alcance explicativo con un diseño cuasiexperimental. Siendo la variable independiente el gemelo digital y la variable dependiente el pensamiento computacional. Se realizó una intervención en la experiencia práctica de 30 estudiantes con una encuesta, con una confiabilidad de 0.81 de alpha de Cronbach, con el método de procesamiento de datos de la t de Student, teniendo 15 participantes para el grupo experimental y 15 para el grupo de control. Acorde a los resultados del procesamiento de la T de Student, se obtuvo el hallazgo de una significancia menor a 0.001, que conllevó a determinar que hay una relación significativa entre el gemelo digital con el desarrollo del pensamiento computacional en las dimensiones de descomposición, abstracción, pensamiento algorítmico y reconocimiento de patrones. Por lo tanto, según la evaluación por encuesta se determinó que las características técnicas en composición de la planta industrial, con los mandos, sensores, actuadores y señalizadores posibilitaron eficazmente el desarrollo del pensamiento computacional.

Palabras clave: Gemelo digital, pensamiento computacional, planta industrial, composición

Abstract

The overall objective was to analyze the mechanisms through which the use of a digital twin of an industrial plant facilitated the development of computational thinking in students at a technological institute. This research employed an applied approach with an explanatory scope and a quasi-experimental design. The independent variable was the digital twin, and the dependent variable was computational thinking. An intervention was conducted on the practical experience of 30 students using a survey, with a Cronbach's alpha reliability of 0.81. Data processing was performed using Student's t-test, with 15 participants in the experimental group and 15 in the control group. According to the Student's t-test results, a significance level of less than 0.001 was found, indicating a significant relationship between the digital twin and the development of computational thinking in the dimensions of elaboration, abstraction, algorithmic thinking, and pattern recognition. Therefore, according to the survey evaluation, it is required that the technical characteristics in the composition of the industrial plant, with the controls, sensors, actuators and signaling devices, adequately enabled the development of computational thinking.

Keywords: Digital twin, computacional thinking, industrial plant, composition

Introducción

Esta investigación propuso la implementación aplicativa de un gemelo digital (norma *ISO/IEC 30173:2023*) de una planta industrial porque se tuvo en consideración que era necesario concretar el desarrollo del pensamiento computacional respecto a la automatización de maquinaria de una fábrica, como parte formativa en la programación de controladores lógicos programables en estudiantes de un instituto tecnológico, puesto que es un recurso fácilmente accesible, de bajo precio y sin riesgo para las prácticas reiterativas.

El objetivo general consistió en analizar los mecanismos a través de los cuales el uso del gemelo digital de una planta industrial facilitó el desarrollo del pensamiento computacional en los estudiantes de un instituto tecnológico, por lo cual se planteó el problema en ¿De qué manera el uso del Gemelo Digital de una planta industrial facilitó el desarrollo del Pensamiento Computacional en los estudiantes de un instituto tecnológico? ¿Cuáles fueron las estrategias que utilizaron los estudiantes de un instituto tecnológico para aplicar la descomposición de problemas con el uso del gemelo digital de una planta industrial? ¿Cómo efectuaron los estudiantes de un instituto tecnológico el proceso de abstracción al interactuar con el gemelo digital de una planta industrial?; ¿De qué forma validaron los estudiantes de un instituto tecnológico el pensamiento algorítmico al diseñar secuencias de operación del gemelo digital de una planta industrial? y ¿Cómo se manifestó el reconocimiento de patrones cuando los estudiantes de un instituto tecnológico analizaron el comportamiento dinámico del gemelo digital de una planta industrial?

Para justificar el avance de esta investigación, se tiene como antecedente que, Karanam y Hartman (2025) presentaron la investigación titulada “Una revisión sistemática del gemelo

digital y los entornos virtuales de aprendizaje (EVA) para la educación en fabricación inteligente”, desarrollaron el caso de aprendizaje basado en proyecto en 55 estudiantes de la carrera de ingeniería mecatrónica con dos grupos de control (C1=15 y C2=10) y dos grupos experimental (E1=19 y E2=11), para evaluar al gemelo digital como mecanismo de entrenamiento, y descubrieron que los puntajes de calificación para los grupos experimentales son altamente mayores comprobándose la eficacia del gemelo digital, y que en la significancia estadística se observó la subcompetencia 2 ($p=0.076$) confirmando que el gemelo digital ayudó a los estudiantes a proponer mejores soluciones industriales.

Por otra parte, la investigación se caracterizó por la definición en que la incorporación de la tecnología de Gemelo Digital como entorno virtual de aprendizaje con el objetivo de desarrollar el pensamiento computacional, mejoró la formación técnica en la tecnología de fábricas, porque permitió experiencias de aprendizaje inmersivas, adaptativas y en tiempo real. Inclusive, estudios de caso reales y descubrimientos empíricos demostraron que los estudiantes que usan sistemas Gemelo Digital – Entorno Virtual de Aprendizaje consiguieron hasta un 20 % más de puntuación en las evaluaciones de resolución de problemas y manifestarán un 83 % más de certeza en conceptos de fabricación.

En el desarrollo de las competencias técnicas para el diseño (Optimización del diseño, innovación y análisis técnico) las simulaciones con entornos de aprendizaje virtuales basados en el gemelo digital posibilitaron a los estudiantes en analizar iteraciones del diseño en tiempo real, propiciando la innovación y reduciendo las configuraciones del proceso en aproximadamente el 11%. Para el entrenamiento en procesos de producción (Optimización del proceso, control de calidad y análisis de datos) con entornos de aprendizaje virtuales basados en el gemelo digital se mejoró el entendimiento en la eficiencia del proceso, redujo desechos, y mejoró los tiempos de cambio de lotes y aumentó la trazabilidad en la fabricación entre 27% y el 35%, con el propósito de planificar el mantenimiento (mantenimiento predictivo, diagnóstico y planificación de las reparaciones). Fue importante acotar que las simulaciones virtuales ayudaron a los aprendices a desarrollar conocimientos en mantenimiento predictivo, posibilitando diagnosticar fallas en replicas digitales antes de la implementación física en el mundo real (Karanam, S., & Hartman, N., 2025).

En el Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “Ascope”, en la provincia de Ascope del departamento de la Libertad en Perú, en este año 2025, en 30 estudiantes (15 del grupo experimental y 15 para el grupo de control) del sexto ciclo del programa de estudios de Electrónica Industrial, se realizó una experiencia guiada en el laboratorio de cómputo, de manera procedimental en el uso individual del entorno de aprendizaje de un gemelo digital que

representaba la transferencia de un líquido a través de tres tanques haciendo uso de una composición en modo virtual de mandos, sensores, actuadores y señalizadores, que conforman la periferia de un controlador lógico programable, durante la ejecución de la práctica de elaboración de la programación del controlador lógico programable, mediante la observación de la práctica para ambos grupos (experimental y control) durante una sesión de 3 horas, se hizo la recolección de datos con dos encuestas, una encuesta para el gemelo digital como variable independiente y la otra encuesta para el pensamiento computacional siendo la variable dependiente, con trece ítems cada una para evaluar cada acción por parte del estudiante abordando las respectivas dimensiones de cada variable.

Respecto a las variables, la variable independiente que constituyó el gemelo digital, se conceptualizó como una representación digital o virtual precisa de un objeto físico, con información actualizable que se intercambia entre el mundo real y el virtual (Taylor, M., et al., 2025). Asociando la variable dependiente que le corresponde, constituida por el pensamiento computacional, se conceptualizó en que enfatizó un concepto multidimensional que va más allá de la programación para abarcar estrategias de resolución de problemas como la abstracción, la descomposición, el pensamiento algorítmico y el reconocimiento de patrones. (Korte, S., Korkk, M., Føreland, R., 2025). En el caso del gemelo digital, inicialmente para la práctica estuvo en una etapa evolutiva en versión prototipo, por lo cual, por la poca disponibilidad de variedad de maquinaria, estuvo simplificada de manera básica; sin embargo al considerarse que los usuarios fueron estudiantes de un instituto tecnológico, se utilizaron los elementos necesarios y esenciales para una práctica de formación técnica teniéndose los componentes fundamentales para el principio de operación de un sistema de control industrial automatizado conformado básicamente por mandos, sensores, actuadores y señalizadores; conformado inclusive por el entorno estandarizado de programación del controlador lógico programable simulado (Thürer, M., Li, S., Qu, T., 2022), que usa la ejecución del mismo código secuencial que procesa el dispositivo físico en un entorno real de automatización de maquinaria de una fábrica.

Metodología

El diseño de la investigación, de tipo aplicada, fue cuasi experimental (hubo bases para que se infiera causalidad, con un mínimo considerable de control y los análisis estadísticos pertinentes para las relaciones causales) con respectivas hipótesis causales. (Hernández Sampieri, R., et al., 2014). Si el gemelo digital, como variable independiente consta de dos dimensiones, uno de ellos es el objeto físico representado digitalmente y que abarca las

dimensiones de descomposición, abstracción y pensamiento algorítmico, también se tiene en ella la dimensión de la predicción del comportamiento en la cual se evalúa el reconocimiento de patrones.

Para la primera dimensión del gemelo digital, existe para la descomposición el mecanismo de la visualización de formas icónicas y ubicación de los componentes del objeto físico representado digitalmente (sistema de control automático de transferencia de líquido en tres tanques) para dar cuenta de las etapas del proceso, cada componente especificado por tipo de señal (discreta o analógica) para ejercer la abstracción, y el entorno de programación del controlador lógico programable sirvió para desenvolver el pensamiento algorítmico; y complementariamente se tiene la dimensión de predicción del comportamiento el cual se puede verificar complementariamente mediante las animaciones de la maquinaria virtual dando a realizar el reconocimiento de patrones.

Durante el desarrollo de la práctica para concretar el pensamiento computacional, por parte del guía, se le dio cuenta al estudiante del grupo experimental que debía agrupar los componentes, según la ubicación por cada tanque, por cada etapa del proceso simulado inicialmente para la descomposición. Luego, segundo paso, que debía identificar el tipo y señal de cada componente de cada etapa, para abordar la abstracción. Teniendo estos conjuntos de componentes por etapas, el estudiante debía vincularlos para ordenar la secuencia de las etapas del proceso automatizado propuesto como ejercicio, de tal manera que desenvuelva el pensamiento algorítmico. Finalmente, para la comprobación del sentido coherente del programa, el estudiante debía verificarlo mediante las animaciones abarcando el reconocimiento de patrones.

Resultados

Para este caso, en que la muestra es de 30 estudiantes (Krejcie, R. V., & Morgan, D. W., 1970), mediante un muestreo probabilístico por cuotas, todos del mismo programa de estudios de electrónica industrial se efectuó una experiencia con del ejercicio del caso del sistema de control de transferencia de líquidos en 3 tanques, para elaborar la correspondiente programación en lenguaje ladder para un PLC Simatic 1200 de la marca Siemens; para un grupo (grupo 1) se le proveyó del gemelo digital implementado en el software Labview, pero en el otro grupo (grupo 2) se les colocó el dibujo de la planta industrial con la misma composición de los tres tanques en Labview, en la pizarra, y con una duración de tiempo estipulado de 3 horas (tiempo de duración del desarrollo de una sesión de aprendizaje), se les aplicó dos encuestas de

procedimiento, una de gemelo digital (variable independiente) y otra de pensamiento computacional (variable dependiente) guiada paso a paso.

Al ser entregadas las 30 encuestas, se procedió a procesar los datos con el software estadístico, en que se aplicó el cálculo de la T de Student. La distribución de la t de Student y la prueba de la t de Student se utilizaron para realizar inferencias sobre la media poblacional empleando muestras de pequeño tamaño (< 30) cuando los datos se originaron de una muestra aleatoria simple. Se asumió que cuando se utilizó la distribución de la t de Student y la prueba de la t de Student, se tomó la muestra aleatoria simple de una población aproximadamente normal y se desconocía la desviación estándar (σ) de la población (Parks, P., 2006). La muestra aleatoria simple garantizó que todos los individuos que conformaban la población tienen la misma oportunidad de estar integrados en la muestra (Otzen, T., 2017).

Se ejecutó una experiencia guiada con una encuesta de ítems binarios en formato de lista de cotejo para verificar si la acción fue completada o nada se hizo para resolverlo, con una confiabilidad de 0.81 de alpha de Cronbach, que fue contestada secuencialmente durante el desarrollo del aprendizaje procedimental, la cual fue previamente revisada y aprobada por juicio de cinco expertos especializados en el campo computacional en la ingeniería, en 15 estudiantes como grupo experimental, y teniéndose además 15 estudiantes como grupo de control.

Se aplicó la primera experiencia como pre-test como inducción y luego se fortalece con un test comparativo con el grupo de control, para indicar cuáles de los estudiantes entregaron el ejercicio completo en el tiempo estipulado de 3 horas, verificándose el funcionamiento del programa en lenguaje ladder. El 100% de los estudiantes del grupo experimental entregaron la tarea dentro del tiempo estipulado ya que contaban con el gemelo digital para verificar comportamientos iterativos y en ello realizar las correcciones oportunamente, evidenciándose ventaja en el aprendizaje con el uso de esta tecnología, y que según estudios de caso reales y descubrimientos empíricos se ha demostrado que los estudiantes que usan sistemas Gemelo Digital – Entorno Virtual de Aprendizaje consiguieron hasta un 20 % más de puntuación en las evaluaciones de resolución de problemas y manifestaron un 83 % más de certeza en conceptos de fabricación. (Moreno, J., et al, 2025).

Pero, en el caso del grupo de control, todos los integrantes no pudieron resolver el ítem 6, 7 que corresponde a la abstracción, y 9 y 10 que corresponde al pensamiento algorítmico, porque no supieron distinguir las propiedades de un componente discreto o analógico (ítems 6 y 7) y tuvieron dificultades en el avance de la elaboración del programa (ítems 9 y 10) sin que les sea posible concatenar las dos etapas de proceso de los tanques 2 y 3 en referencia al tanque 1, no pudiendo completar la secuencia de la automatización.

Conclusiones

Se analizaron los mecanismos, mediante dos encuestas (del gemelo digital y del pensamiento computacional) de una experiencia guiada, a través de los cuales el uso del gemelo digital de una planta industrial facilita el desarrollo del pensamiento computacional en los estudiantes de un instituto tecnológico durante el año 2025, destacando el grupo experimental su rendimiento académico en la programación de controladores lógicos programables en referencia comparativa al grupo de control.

En los objetivos específicos se analizó los procesos cognitivos utilizados por los estudiantes para efectuar la abstracción al interactuar con la complejidad del Gemelo Digital de una planta industrial en el que se identifica el tipo de variable y señal entrada/salida al controlador, de los componentes para la programación; se comprendió las estrategias que utilizaron los estudiantes para aplicar la descomposición de problemas con el uso del gemelo digital de una planta industrial en que se divide la secuencia del proceso por etapas agrupando componentes asociados (mandos, sensores, actuadores y señalizadores); se interpretó la manifestación del reconocimiento de patrones por parte de los estudiantes al analizar el comportamiento dinámico y las posibles anomalías del gemelo digital de una planta industrial en que se verifica mediante las animaciones gráficas e indicadores numéricos el comportamiento esperado del proceso. Y se evaluó la forma en que los estudiantes validaron el pensamiento algorítmico al probar secuencias de operaciones con el Gemelo Digital de una planta industrial en que se aplica los valores esperados de cada variable, operando una lógica que tiene causa y efecto en la ejecución del programa.

Referencias

Hernández Sampieri, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Sexta edición. McGraw Hill España.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>

https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

<https://drive.google.com/file/d/1Fjufmi0oGY4Zs8EajFiAJYNT2qoecH4k/view?pli=1>

International Standard Organization (2023). *ISO/IEC 30173:2023, Digital twin — Concepts and terminology*. <https://www.iso.org/standard/81442.html>

Karanam, S., Hartman, N. (2025). A systematic review of Digital Twin (DT) and virtual learning environments (VLE) for smart manufacturing education, *Manufacturing Letters, Volume 44, Supplement, 2025, Pages 1597-1608, ISSN 2213-8463*,

<https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2025.06.179>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213846325002159>

- Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining Sample Size for Research Activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607-610. <https://doi.org/10.1177/001316447003000308>
(Original work published 1970)
- Korte, S., K rkk , M., F reland, L. (2025). Developing computational thinking skills in higher education through peer reflection on robotics and programming exercises with Bee-Bots, Lego Mindstorms EV3 and Minecraft Education, *Learning, Culture and Social Interaction*, Volume 55, 2025, 100947, ISSN 2210-6561, <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2025.100947>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210656125000662>
- Th rer, M., Li, S., Qu, T. (2022). Digital Twin Architecture for Production Logistics: The Critical Role of Programmable Logic Controllers (PLCs), *Procedia Computer Science*, Volume 200, 2022, Pages 710-717, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.269>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922002782>
- Taylor, M., Muwaffak, Z., Penny, M., Szulc, B., Brown, S., Merritt, A. and Hilton, S. (2025). Optimising digital twin laboratories with conversational AIs: enhancing immersive training and simulation through virtual reality. *Digital Discovery*, 2025, 4, 1134-1141. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2025/dd/d4dd00330f>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Parks, P. (2006). Epidemiología y bioestadística - Capítulo 16 - La distribución de la t de student y la prueba de la t de student. Elsevier España
<https://doi.org/10.1016/B978-84-8174-950-2.50016-6>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9788481749502500166>