

# Pinocchio en DigitalTwinLand

ULISES CORTÉS

*These are men who walk... reduced to their essential structure, without thickness, without profile, without face... pure, anonymous humanity.*  
J.P. Sartre<sup>1</sup>

Leonardo da Vinci utilizó modelos y una especie de técnica de *simulación* temprana tanto en el arte como en la ingeniería, construyendo experimentos físicos y visuales para probar cómo se verían o funcionarían las cosas. Es conocido que da Vinci preparó notas detalladas, diagramas y secuencias de bocetos para realizar *experimentos mentales*, por ejemplo, sobre el vuelo, el flujo de fluidos y la mecánica corporal, *imaginando* paso a paso cómo se desarrollarían las fuerzas, el movimiento y sus restricciones. Podemos afirmar que sus bocetos secuenciales de esos mecanismos funcionan como *prototipos virtuales*, de forma similar a cómo los ingenieros de hoy iteran diseños en entornos digitales antes de llevarlos a fábrica<sup>2</sup>.

A lo largo de los siglos XIX y XX, diferentes disciplinas científicas comenzaron a emplear simulaciones como herramientas para entender fenómenos complejos: desde los modelos mecánicos en física y astronomía hasta las simulaciones ecológicas, sociales o económicas. Dichas prácticas surgieron de manera independiente, sin un marco unificador que las relacionara entre sí.

Este panorama cambió a mediados del siglo XX con la aparición de dos corrientes científicas decisivas: la teoría general de sistemas<sup>3</sup>, formulada por Ludwig von Bertalanffy, y la cibernética<sup>4</sup>, desarrollada, entre otros, por Norbert Wiener y Arturo Rosenbleuth.

Ambas teorías transformaron de forma decisiva el modo de concebir la ciencia al desplazar el énfasis del estudio de los elementos aislados hacia el análisis de las relaciones, interacciones y procesos de organización dentro de los sistemas. Ambas teorías propusieron que los fenómenos —biológicos, sociales o tecnológicos— podían entenderse como sistemas interconectados mediante flujos de información, control y retroalimentación.

Esto combinado con la difusión del uso de computadoras en todos esos campos, ha llevado a cierta unificación y una visión más sistemática del conocimiento científico y su aplicación. A partir de entonces, la simulación, el modelado y la interconexión entre disciplinas se convirtieron en rasgos distintivos de la *ciencia contemporánea*, marcada por la exploración de sistemas cada vez más complejos y por la búsqueda de patrones comunes entre la naturaleza y la tecnología.

El concepto de *mimesis*, entendido como imitación o representación fiel de la realidad, no una copia cualquiera, sino una construcción que selecciona y organiza rasgos del mundo, ha estado presente en muchas de las preguntas fundamentales que articulan la investigación en Inteligencia Artificial, de, entre ellas, quizá la más conocida por el gran público es el juego de la imitación de A. Turing<sup>5</sup>.

En este sentido, un gemelo digital<sup>6</sup> es un conjunto de construcciones de información virtual que imita la estructura, el contexto y el comportamiento de un sistema natural, artificial o social o, más bien, un sistema de sistemas. Este se actualiza de forma dinámica con datos provenientes de sensores instalados en su gemelo físico, tiene capacidad *predictiva* y fundamenta decisiones que generan valor. La interacción bidireccional entre lo virtual y lo físico es fundamental para el gemelo digital<sup>7</sup>. Los gemelos digitales extienden la visión de Leonardo al crear *réplicas vivas* conectadas a datos reales o simulados si no existen, permitiendo simulaciones en tiempo real.





*Un modelo físico puede transformarse en uno matemático, cuyas ecuaciones funcionan, en cierto modo, como algoritmos. Estos modelos aumentan su nivel de complejidad conforme crece el número de variables que interactúan y las situaciones aún desconocidas de su comportamiento.*

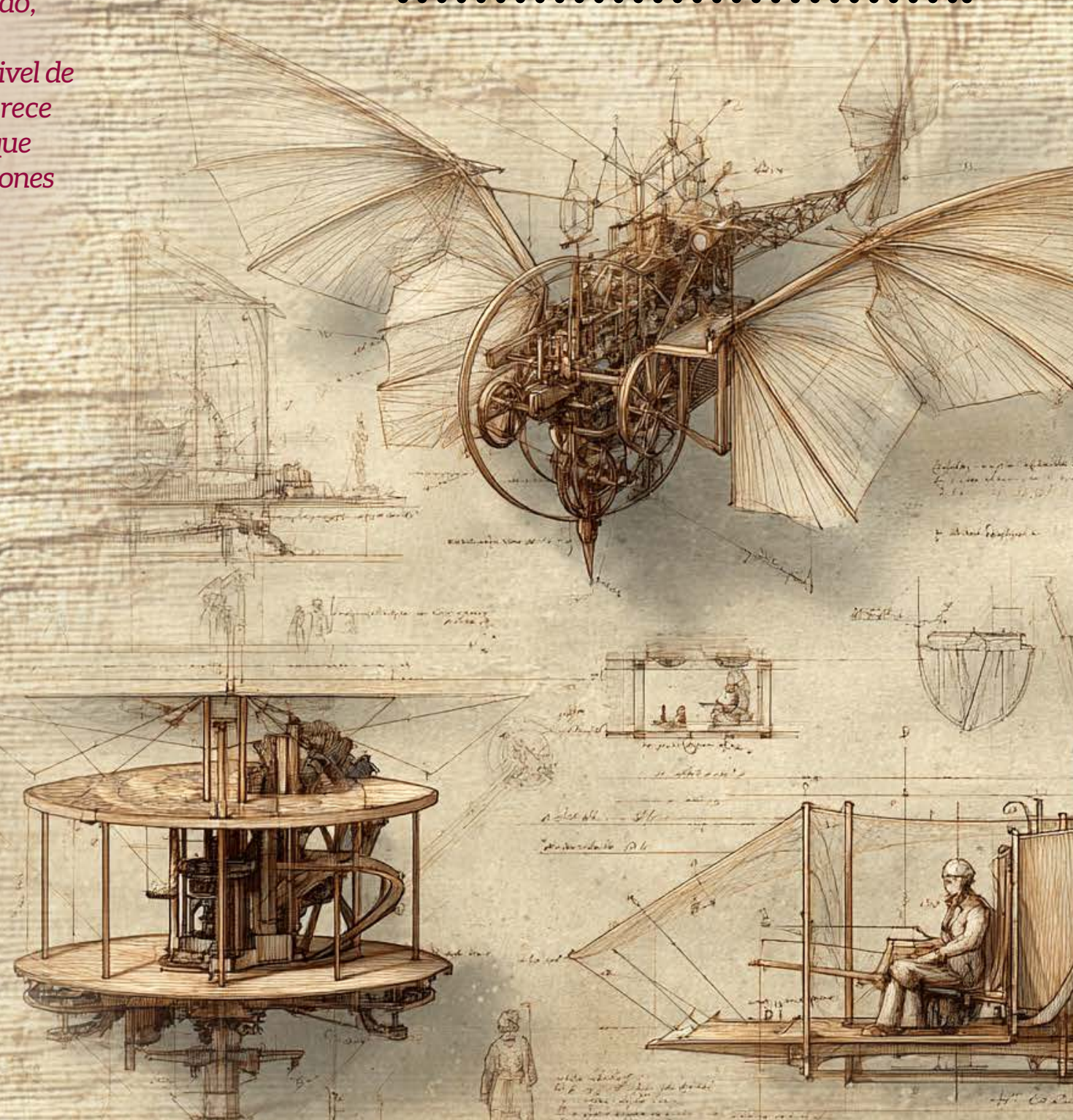
Un modelo físico puede transformarse en uno matemático, cuyas ecuaciones funcionan, en cierto modo, como algoritmos. Estos modelos aumentan su nivel de complejidad conforme crece el número de variables que interactúan y las situaciones aún desconocidas de su comportamiento. Esta complejidad plantea las siguientes interrogantes: ¿puede un sistema informático resolver correctamente las ecuaciones del modelo matemático? ¿En qué medida el modelo representa de forma precisa el mundo real, según los usos previstos? y ¿cuáles son las incertidumbres resultantes en los cálculos del modelo?

Desde esta perspectiva, un gemelo digital es una representación computacional basada en una mimesis selectiva y dinámica del gemelo físico. Su capacidad no reside en la semejanza visual, sino en la correspondencia funcional mediada por datos y potenciada por el uso intensivo de supercomputadores. La dificultad de estos sistemas aumenta porque los gemelos digitales replican, con creciente fidelidad, sistemas reales cada vez más complejos, lo que hace imposible su concepción por un solo individuo.

Dicho de manera sencilla, un gemelo digital es una simulación hiperrealista de un fenómeno o proceso. Si a esta definición general se le añade una pizca de inteligencia artificial —es decir, un modelo generativo—, se obtiene una especie de bálsamo de Fierabrás<sup>9</sup>.

Aún existen pocos gemelos digitales que sean algo más que simulaciones avanzadas de procesos altamente complejos. Entre los ejemplos más destacados se encuentran los sistemas desarrollados por la NASA durante la misión Apollo 13 y en sus proyectos posteriores. Estos sistemas, en ocasiones, utilizan técnicas basadas en la inteligencia artificial<sup>9</sup>.

La escultura ha sido históricamente un medio privilegiado para la mimesis, entendida como la imitación o simulación realista de objetos físicos, cuerpos y realidades tangibles, desde la antigüedad clásica hasta el modernismo. En la Grecia clásica la escultura buscaba capturar la idealizada perfección de formas humanas y animales mediante proporciones matemáticas y texturas verosímiles. Esto se prolongó hasta alcanzar su cenit en la obra de Michelangelo. Giacometti, en el siglo XX, subvierte de forma radical esta tradición mimética, transformando la simulación realista, casi fotográfica, en una exploración existencial de la presencia humana. Sartre vio las esculturas de Giacometti como capaces de capturar la existencia precaria de la humanidad, donde las figuras parecen solitarias y perdidas en medio de un vasto espacio, a mitad de camino entre el ser y la nada, reflejando la desesperación de posguerra y la angustia de la libertad sin absolutos divinos. Sartre enfatizó que las formas de *L'Homme qui marche I* son dinámicas pero frágiles como metáforas de un individuo en movimiento. Las esculturas de Giacometti son gemelos analógicos donde podemos reconocernos.





Cuanto más preciso y en tiempo real es el gemelo digital, más tiende a confundirse la representación con la cosa representada, reforzando la ilusión de *identidad*. Al igual que la actuación de Pinocho en el teatro de Stromboli, los sistemas basados en la IA pueden utilizarse para crear actuaciones cautivadoras que difuminan la realidad y la ficción. Desde videos deepfake hasta artículos periodísticos generados por IA, estas herramientas resaltan las capacidades de los medios sintéticos y exponen sus riesgos<sup>10</sup>.

Imaginemos que Geppetto crea un gemelo digital de un muñeco de madera en el mundo virtual. Este Pinocchio cuenta con un grillo como conciencia, que conoce a la perfección el Reglamento de Inteligencia Artificial de la Unión Europea y lo usa como brújula legal y ética.

Pronto, Geppetto y el grillo observan boquiabiertos que el Pinocchio digital responde a cualquier pregunta con velocidad, *certeza* y sin dilemas morales: sus respuestas son directas e incuestionables. Este programa ha aprendido tan rápido y sobre tantas cosas que resulta imposible cotejarlas todas y también evaluar la validez de sus conocimientos. Sus respuestas *parecen* tan solventes que ni Geppetto ni el grillo se molestan ya en rastrear el origen ni la calidad de esa información, asumiendo su fiabilidad absoluta.

Estas habilidades liberan a Pinocchio, que es un *idiot savant* en toda regla, de ir a la escuela y le permiten ir a DigitalTwinLand un lugar donde hay recursos computacionales, energía y agua infinitas para asegurar una *felicidad* eterna a los gemelos digitales; allí tampoco se aplica el reglamento de IA. Pinocchio ya no necesita parecerse a un niño de carne y hueso, quienes le consultan en el teatro digital, se admiran, es como un niño *prodigio* que en tres años se ha convertido en un fenómeno de masas.

Cuanto más preciso y en tiempo real es el gemelo digital, más tiende a confundirse la representación con la cosa representada, reforzando la ilusión de *identidad*. Al igual que la actuación de Pinocho en el teatro de Stromboli, los sistemas basados en la IA pueden utilizarse para crear actuaciones cautivadoras que difuminan la realidad y la ficción.

Si se equivoca, causa risa y se le disculpa con argumentos como: son cosas de niños, no se puede saber todo... y el espectáculo sigue. Además, estos ingenios son *gratuitos*, de acceso continuo e ilimitado, la infoesfera se ha transformado de pronto en la *isla de los placeres* con los efectos tan bien descritos por Goldoni. Pronto, los usuarios, embelesados por la magia ilimitada del espectáculo del Pinocchio digital, comienzan a transformarse en burros, incapaces ya de discernir verdad de ficción.

Podemos terminar visualizando el tamaño de la nariz de Pinocchio como una métrica de *fidelidad* para la precisión de un gemelo digital: cuanto más crece, más se aleja de la verdad física. Pero, como diría Geppetto, *Caro mio, non si sa mai quel che ci può capitare in questo mondo. I casi son tanti!*...



#### ULISES CORTÉS

Catedrático de Inteligencia Artificial de la Universitat Politècnica de Catalunya. Coordinador Científico del grupo High-Performance Artificial Intelligence del Barcelona Supercomputing Center. Miembro del Observatori d'Ètica en Intel·ligència Artificial de Catalunya y del Comitè d'Ètica de la Universitat Politècnica de Catalunya. Es miembro del comité ejecutivo de EurAI. Participante como experto de México en el grupo de trabajo Data Governance de la Alianza Global para la Inteligencia Artificial (GPAI). Doctor Honoris Causa por la Universitat de Girona.



#### REFERENCIAS

- 1 Sartre, J.P. The Quest for the Absolute: On Giacometti's Sculpture. <https://kenanmalik.com/2017/07/16/sartre-on-giacometti/>
- 2 Laboratorio su Leonardo.by (Direzione della Comunicazione di IBM Italia). 1983.
- 3 von Bertalanffy, L. [1976] General System Theory: Foundations, Development, Applications (rev. ed.). New York: George Braziller.
- 4 Wiener, N. (1948). Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- 5 Turing, A. M. (2021). Computing machinery and intelligence (1950). Mind, 59(236), 33-60. <https://courses.cs.umbc.edu/471/papers/turing.pdf>
- 6 El término gemelo digital (digital twin) surgió alrededor de 2010 durante esfuerzos de planificación técnica en la NASA, codirigidos por John Vickers.
- 7 Foundational Research Gaps and Future Directions for Digital Twins. (2024): The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/64>
- 8 El ingenioso hidalgo Don Quijote de la Mancha. [https://cvc.cervantes.es/literatura/clasicos/quijote/edicion/parte1/cap17/cap17\\_02.htm](https://cvc.cervantes.es/literatura/clasicos/quijote/edicion/parte1/cap17/cap17_02.htm)
- 9 NASA Spacecraft Digital Twins. <https://science.nasa.gov/biological-physical/why-does-the-world-and-nasa-need-digital-twins/>
- 10 <https://www.linkedin.com/pulse/digital-pinocchio-teaching-truth-silicon-minds-goran-trajkovski-312ge/>
- 11 Querido mío, nunca se sabe qué nos puede pasar en este mundo. ¡Los casos son tantos!...

