

Cuando escuchamos la expresión gemelo digital, es fácil imaginar algo propio de la ciencia ficción. Sin embargo, esta tecnología ya forma parte de nuestra vida cotidiana y está transformando industrias enteras. Un gemelo digital es una representación virtual de un objeto, una persona o un sistema real que se actualiza continuamente gracias a los datos que recibe mediante sensores. Podemos imaginarlo como un espejo inteligente capaz de reproducir el comportamiento de un objeto, mostrar lo que ocurre en cada instante e incluso anticipar lo que podría suceder. Por ejemplo, una aerolínea puede disponer de un gemelo digital de los motores de un avión para monitorizar su funcionamiento durante el vuelo. Si detecta un patrón anómalo, puede anticipar una avería antes de que ocurra.

1. De la NASA a las ciudades inteligentes
El origen de los gemelos digitales se remonta a los programas espaciales de la NASA. Un ejemplo emblemático fue la misión del Apolo 13, en 1970: tras la explosión de un tanque de oxígeno, los ingenieros reprodujeron en Tierra las condiciones de la nave para simular distintos escenarios y diseñar soluciones que permitieran el regreso seguro de la tripulación. Sin embargo, el concepto moderno de gemelo digital comenzó a desarrollarse a principios de este siglo gracias a la aparición de sensores baratos, internet de alta velocidad, computación en la nube e inteligencia artificial. Hoy los gemelos digitales se utilizan para predecir fallos en fábricas, simular tratamientos médicos personalizados o gestionar ciudades inteligentes. Su objetivo siempre es el mismo: comprender mejor la realidad para tomar mejores decisiones.

2. ¿Qué tienen que ver los gemelos digitales con el Mundial de fútbol 2026?
Mucho más de lo que podría parecer. El Mundial que actualmente se está disputando es uno de los eventos deportivos más digitalizados de la historia. Buena parte de las tecnologías utilizadas por árbitros, organizadores y equipos se basan precisamente en la creación de gemelos digitales. El balón, los jugadores, los estadios e incluso el césped tienen hoy su propia réplica virtual.

3. Cada jugador tiene un gemelo digital
Probablemente sea uno de los aspectos más sorprendentes del Mundial 2026 y, al mismo tiempo, uno de los menos conocidos por el gran público. Pocas personas saben que antes de comenzar el torneo los 1.248 futbolistas inscritos por las 48 selecciones participantes fueron sometidos a procesos de modelización digital destinados a generar avatares tridimensionales extremadamente precisos. Estas réplicas constituyen la base de una nueva generación de sistemas arbitrales basados en inteligencia artificial.

CIENCIA

JOSÉ MANUEL LÓPEZ NICOLÁS

Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de Murcia



Los gemelos digitales y el Mundial de fútbol



dos a procesos de modelización digital destinados a generar avatares tridimensionales extremadamente precisos. Estas réplicas constituyen la base de una nueva generación de sistemas arbitrales basados en inteligencia artificial. Durante cada partido, una red de cámaras de alta velocidad instalada en los estadios rastrea continuamente múltiples puntos anatómicos de cada jugador –cabeza, hombros, caderas, rodillas, tobillos y pies– mientras el balón inteligente transmite información sobre su posición y movimiento cientos de veces por segundo.

La utilidad de esta tecnología se aprecia especialmente en las jugadas de fuera de juego. Cuando un futbolista recibe un pase, el sistema reconstruye digitalmente la posición exacta de cada parte de su cuerpo en el instante preciso en que el balón abandona el pie del compañero. Las animaciones que aparecen posteriormente en televisión son solo

la representación visible de esta reconstrucción digital del partido. Gracias a ello pueden detectarse diferencias de apenas unos centímetros. De hecho, durante este Mundial ya se han producido decisiones que han dependido directamente de estos sistemas. En el encuentro entre Argentina y Argelia una acción ofensiva de la selección argelina que terminó en gol fue anulada después de que la reconstrucción digital mostrara que el atacante se encontraba adelantado respecto al último defensor. Lo mismo ocurrió con un gol de Messi... antes de marcar tres más.

4. Trionda también tiene un gemelo digital
El balón oficial del Mundial 2026, denominado Trionda, representa uno de los mayores avances tecnológicos en la historia de un elemento aparentemente tan simple como es una pelota de fútbol. La verdadera innovación se encuentra en

su interior. Trionda incorpora un sensor de movimiento de 500 hercios capaz de enviar 500 datos por segundo sobre su posición y movimiento, un récord jamás logrado. Gracias a esta tecnología, conocida como Connected Ball Technology, el sistema arbitral puede conocer con precisión absoluta el instante exacto en que un jugador golpea el balón. Los datos generados por sus sensores constituyen un auténtico gemelo digital del balón. Combinados con los modelos digitales de los jugadores, permiten reconstruir las jugadas más complejas y ayudar a validar fueras de juego, contactos dudosos o acciones polémicas. Trionda también destaca por la ciencia de sus materiales. Está construido mediante únicamente cuatro paneles termosellados, la cifra más baja utilizada jamás en un balón de una Copa del Mundo. Esta configuración mejora la estabilidad aerodinámica y optimiza su comportamiento durante el vuelo.

5. Estadios y césped inteligentes
Instalaciones como el Levi's Stadium de Santa Clara, el SoFi Stadium de Los Ángeles, el AT&T Stadium de Arlington, el MetLife Stadium de Nueva Jersey o el BBVA Stadium de Monterrey incorporan miles de sensores que monitorizan continuamente aspectos como la ocupación de las gradas, el flujo de espectadores, el consumo energético, la temperatura o los sistemas de seguridad. Estos datos alimentan modelos digitales que permiten a los organizadores supervisar en tiempo real el comportamiento de cada recinto, detectar incidencias y optimizar la gestión de decenas de miles de personas durante los encuentros. El césped también dispone de su propia versión digital. Sensores distribuidos bajo la superficie miden continuamente variables como la humedad, la temperatura, la compactación del suelo o el estado de las raíces. Gracias a ello, los equipos de mantenimiento pueden detectar rápidamente zonas sometidas a un desgaste excesivo y actuar antes de que el deterioro afecte al juego. Estimados lectores de LA VERDAD mientras disfrutamos de los goles, las paradas y la emoción del Mundial 2026, conviene recordar que vivimos rodeados de gemelos digitales: desde fábricas y hospitales hasta ciudades, estadios y campos de fútbol, cada vez más objetos y sistemas cuentan con una réplica virtual que nos ayuda a tomar mejores decisiones. Así que cuiden de su gemelo digital; probablemente ya forme parte de su vida mucho más de lo que imaginan.

LA COLUMNA
DE LA ACDEMIA
ÁNGEL FERRÁNDEZ
IZQUIERDO
Académico de número
de la Academia de Ciencias
de la Región de Murcia

Segunda edición
de la Gymkhana
matemática
municipal



El año pasado, y con objeto de colaborar con el Ayuntamiento en la conmemoración de los 1200 años del nacimiento de la ciudad de Murcia, la Academia de Ciencias de la Región de Murcia y la Sociedad de Educación Matemática de la Región de Murcia, en cooperación con la Concejalía de Cultura y Atención a la Ciudadanía, organizaron la primera edición de una Gymkhana matemática. En esta ocasión tan especial, las cuestiones matemáticas se intercalaron con preguntas sobre la historia de la ciudad. El objetivo era claro: propiciar el acercamiento a las matemáticas, y sus aplicaciones, a los jóvenes del municipio de Murcia. El concurso se dirigió a estudiantes de cualquier centro educativo del municipio de Murcia que se

encontraran escolarizados en 4º de Educación Secundaria Obligatoria o 1º de Bachillerato. Los participantes se integraron en equipos formados por cuatro estudiantes dirigidos por un/a tutor/a, todos pertenecientes al mismo centro, el cual solo podrá inscribir un máximo de dos equipos. Se presentó como una oportunidad para mostrar a los/as más jóvenes la importancia que adquieren las matemáticas en su vida cotidiana, mejorando su educación científica a través de actividades relacionadas con su entorno. La experiencia resultó un rotundo éxito, siendo una de las actividades anuales mejor valoradas por la citada concejalía y con un alto grado de satisfacción por parte de estudiantes y tutores. Así

pues, la 2ª edición tuvo lugar el pasado 27 de febrero, en la que se inscribieron 28 equipos de ESO y 16 de Bachillerato, es decir, 172 jóvenes, que ese día recorrieron el entorno del Museo de la Ciencia y el Agua y el antiguo Cuartel de Artillería, con inicio y final en la plaza que precede al Jardín del Malecón, repartidos en 4 rutas, cada una con 5 paradas, para

El 11 de junio, en la Sala de Plenos del Ayuntamiento de Murcia, se entregaron los premios. Observen que entre los ganadores hay 16 chicas y 4 chicos

responder a cuestiones relacionadas con las matemáticas y la física. El jueves 11 de junio, en la Sala de Plenos del Ayuntamiento de Murcia, se entregaron los premios: en la categoría de ESO, el primero fue para Elena, Sara, Alejandro y Álvaro, del Colegio Santa María de la Paz; y el segundo para Sergio, María Mercedes, Yasmine y Andrea, del IES Poeta Sánchez Bautista. En Bachillerato, el primero fue para Eva, Blanca, Adriana y Javier, del CEI; y el segundo para Alicia, Raquel, Araceli y Julia, del IES Alfonso X el Sabio. Observen que, entre los ganadores, hay 16 chicas y 4 chicos. Enhorabuena a todos ellos, con un reconocimiento muy especial para sus tutores. En la ceremonia final rendimos un sentido homenaje al alcalde José Ballesta.