

EL INTERNET DE LAS COSAS EN EL BALONCESTO

CÓMO TRANSFORMAR EL JUEGO EN UN SISTEMA MEDIBLE,
AUTOMATIZABLE Y ECONÓMICAMENTE ESCALABLE



SERGIO COLADO GARCIA | ABRIL DE 2026 | www.sergiocolado.com

INTRODUCCIÓN

El IoT (*Internet of Things* o Internet de las cosas en español) es, en esencia, una arquitectura tecnológica que permite que objetos físicos, tales como sensores, dispositivos e infraestructuras, capturen datos del entorno, se comuniquen entre sí y con sistemas digitales, y transformen esa información en decisiones o acciones automatizadas. No es un dispositivo concreto ni una aplicación aislada, sino un sistema completo compuesto por varias capas.

En baloncesto, un sensor en una canasta, una cámara que sigue trayectorias, un sistema que cuenta personas en el pabellón o un dispositivo que mide saltos son ejemplos de IoT.

Desde esta perspectiva, el IoT en baloncesto suele interpretarse de forma reduccionista, como la simple incorporación de sensores, *wearables* o *dashboards* visualmente atractivos. Sin embargo, esa visión se queda en la superficie. El verdadero potencial del IoT, y especialmente de su evolución en entornos complejos, como es el Industrial IoT (IIoT), reside en algo mucho más ambicioso, el transformar el baloncesto en un sistema ciberfísico. La idea no es solo “tener aparatos conectados”, sino convertir lo que ocurre en el mundo real en datos útiles para tomar mejores decisiones.

Esto implica convertir todo el ecosistema del juego, con jugadores, balón, pista, pabellón, público y operación, en una realidad medible de forma fiable, interpretable mediante modelos robustos y, sobre todo, conectada a decisiones y automatizaciones capaces de generar ventaja deportiva, eficiencia operativa y nuevas fuentes de ingresos. No se trata de medir por medir, sino de cerrar el ciclo entre dato y acción.

En el ámbito industrial, este enfoque se articula a través de un bucle cerrado bien definido, de sensado, transporte de datos, procesamiento (desde decisiones en tiempo real en el *edge* hasta analítica avanzada en *cloud*) y acción. El baloncesto profesional, y cada vez más el amateur organizado, se encuentra en un punto óptimo para adoptar este modelo. Y no por una cuestión de moda tecnológica, sino por una ventaja estructural: la naturaleza continua, dinámica y altamente contextual del juego.

Por eso, cuando hablamos de IoT en baloncesto, no hablamos únicamente del rendimiento del jugador. Hablamos de entrenamiento, salud, táctica, arbitraje, operación del pabellón, experiencia del público, seguridad, eficiencia energética, producción audiovisual, medios, apuestas y del ecosistema económico que se construye alrededor. El valor no está en la tecnología en sí, sino en cómo se integra, se interpreta y se traduce en decisiones que realmente marcan la diferencia.

Por qué el baloncesto es el deporte más compatible con IoT

El baloncesto combina cinco propiedades que lo hacen excepcionalmente "IoT-friendly".

Primero, tiene un entorno acotado y repetible. La pista tiene dimensiones fijas internacionalmente normalizadas (28 × 15 metros), las reglas generan eventos altamente estructurados y hay menos variabilidad geométrica que en deportes de campo abierto como el fútbol o el rugby.

Segundo, tiene una densidad de microdecisiones sin precedentes. En un partido de 40 minutos de juego efectivo pueden suceder más de 200 posesiones, cada una con múltiples decisiones de tiro, pase, bloqueo o movimiento. La ganancia marginal por optimizar cualquiera de esos momentos se multiplica a lo largo de la temporada.

Tercero, combina alta monetización por minuto en la élite (NBA, Euroliga) con alta escalabilidad por volumen en el amateur (academias, colegios, canteras), lo que significa que el mismo ecosistema tecnológico puede tener mercado en ambos extremos.

Cuarto, tiene una convergencia natural con la visión por computador: el tracking óptico ya es estándar en las ligas de primer nivel y está evolucionando hacia captura 3D en tiempo real.

Y quinto, tiene un "dolor real" documentable: lesiones frecuentes, fatiga acumulada, inconsistencia en la medición del rendimiento, subjetividad en el análisis táctico y una operación de pabellón que se parece cada vez más a la de un edificio inteligente con quince o veinte mil usuarios simultáneos.

IoT bien planteado en baloncesto no es tecnología por la tecnología, es el mecanismo para pasar del "dato discutible" al "dato industrial": medible, auditable, reproducible y conectado a decisiones con retorno verificable.

Los tres grandes espacios de valor del IoT en baloncesto

El IoT en baloncesto tiene tres grandes dominios de creación de valor y su potencia real emerge cuando se integran, no cuando se desarrollan por separado.

El primero es el rendimiento deportivo. Incluye entrenamiento, carga, salud, prevención de lesiones, táctica, *scouting* y desarrollo del jugador en todos los niveles competitivos. El segundo es la operación del recinto, es decir la conectividad, la energía, el mantenimiento, la seguridad, el flujo de personas, los accesos y la logística. Y el tercero es la economía del fan y los medios, en experiencias *in-arena*, *apps*, datos en directo, nuevos activos de patrocinio y narrativas avanzadas en retransmisión.

La clave es que estos tres espacios pueden integrarse y potenciarse mutuamente. Si sabemos cuánta gente hay realmente en cada zona del pabellón gracias a sensores de presencia, podemos automatizar los sistemas de climatización e iluminación (ahorro energético), reconfigurar accesos y colas (experiencia de fan) y, al mismo tiempo, activar contenido o promociones contextuales (ingresos). Eso es IIoT aplicado a deporte: una operación inteligente donde la telemetría no es ornamental, sino funcional.

El estado actual del IoT que ya existe en baloncesto

En el estado actual del baloncesto profesional ya existe IoT, aunque recibe otros nombres. Se llama tracking óptico, *wearables* en entrenamiento, sensores en balón, sistemas de tiro instrumentados, infraestructura de conectividad en arenas, analítica en *edge* para arbitraje y plataformas *cloud* para distribución de métricas y contenidos.

La NBA implementó tecnología de tracking óptico 3D (Hawk-Eye de Sony) con captura en tiempo real y latencia sub-segundo desde la temporada 2023-24, con implicaciones directas en arbitraje y generación de *datasets*. En Europa, KINEXON aparece como actor destacado en tracking y *wearables* para baloncesto y ha impulsado la adopción de dispositivos *in-game* en la Euroliga. En la NCAA, *ShotTracker* trabaja la línea de datos en tiempo real con sensores para jugador y balón, generando más de 70 estadísticas únicas en tiempo real para equipos con sistemas que ya están autorizados en competición.

El gran salto de mercado no es, sin embargo, "medir más". Es crear un ecosistema donde la medición genere primero decisiones mejores, luego automatizaciones útiles y, finalmente, valor económico auditable. En otras industrias, a esto se le llama *closed loop* o sensorización, analítica y actuación (automática o semiautomática). En baloncesto, ese *closed loop* puede ser entrenamiento adaptativo, prevención de lesiones, optimización de rotaciones, control de carga, gestión inteligente de accesos y automatización energética del recinto.

Este informe tiene como objetivo mapear las tecnologías y soluciones reales disponibles hoy en baloncesto, importar aprendizajes de otros deportes y sectores que ya han resuelto parte del camino, identificar propuestas de valor con ROI verificable y proponer un marco de mercado global que evite el ruido, la falta de estándares y las promesas sin evidencia.

1 LO QUE LA TECNOLOGÍA YA MIDE EN EL BALONCESTO

I.1 Tracking óptico 3D: la pista como sensor continuo

El tracking óptico ha sido, en términos de impacto, el equivalente a pasar de una foto a una película. En el momento en que las cámaras capturan posiciones y movimientos de jugadores y balón de forma continua, se puede construir una geometría viva del juego. Permite determinar variables como el *spacing* (separación entre atacantes), las líneas de pase, las distancias críticas defensor-tirador, las ventanas temporales de tiro, los colapsos defensivos, las ventajas creadas por bloqueos o la velocidad de rotación defensiva. Ese tipo de información no existe en el box score, y solo existe parcialmente en la mente del entrenador o del scout.

Lo relevante desde una perspectiva IoT es la arquitectura subyacente, con cámaras como sensores distribuidos, red de comunicaciones, procesamiento local (*edge*) y en la nube, extracción de variables estructuradas y modelos analíticos. No es "solo vídeo", es una infraestructura ciberfísica.



Imagen 1. Centro de control Hawk-Eye (Fuente: Sport Busines Journal)

El despliegue de *Hawk-Eye* en la NBA desde la temporada 2023-24 fue un punto de inflexión. La alianza multi-anual entre la NBA y *Sony Hawk-Eye Innovations* permite capturar movimiento de jugadores y balón en tres dimensiones y con latencia inferior a un segundo en todos los pabellones de la liga. Esa frase, "3D" más "latencia sub-segundo", tiene implicaciones que van mucho más allá de la analítica post-partido: el dato se vuelve operacional y puede apoyar decisiones en tiempo real, incluyendo la revisión arbitral de jugadas en disputa (fuera de campo, *goaltending*) y la producción de métricas para la retransmisión en directo.

Second Spectrum, adquirida por Genius Sports, opera como capa tecnológica en varias ligas importantes y combina *tracking* con inteligencia artificial para producir visualizaciones, estadísticas avanzadas y contenido aumentado para broadcasts como el *League Pass* de la NBA. Este tipo de actor demuestra que el tracking no termina en el vestuario, termina en producto mediático con valor comercial directo.

El tracking óptico avanzado no está "inventando" algo nuevo, sino que resuelve algo muy antiguo, la necesidad de medir el espacio y el movimiento con precisión y en tiempo real. Lo que lo convierte en mercado es la posibilidad de producir datos que sean comparables, interoperables y auditables a escala global.

1.2 El problema de la democratización: el gran mercado pendiente

El tracking óptico de élite existe, pero está concentrado en un número reducido de organizaciones con presupuesto y estructura suficientes para sostenerlo. El gran mercado pendiente es la democratización del tracking, para convertirlo en un producto exportable a ligas de segundo y tercer nivel, federaciones nacionales, academias y entornos amateur avanzados.

Para que eso sea posible, el sector necesita soluciones que reduzcan la fricción de instalación y calibración, *setups* más ligeros, modelos analíticos que toleren cierta "imperfección" en los datos de entrada, y sobre todo estándares abiertos para que diferentes sistemas generen telemetría comparable.

Sin esa estandarización, cada proveedor construye una caja negra, los datos no son comparables entre recintos y el mercado se fragmenta en silos que no pueden integrarse.

1.3 Localización por radio (UWB, RFID, BLE): del "dónde" al "cuándo" con baja latencia

En entornos *indoor* como un pabellón de baloncesto, la localización por radiofrecuencia complementa al tracking óptico de maneras importantes. La tecnología UWB (*Ultra-Wideband*) permite posicionamiento con precisión de decímetros y latencias muy bajas. RFID ha sido usada en la NFL desde hace años para capturar velocidades, distancias y patrones bajo el programa *Next Gen Stats*. Los *beacons* BLE (*Bluetooth Low Energy*) permiten sistemas de localización aproximada con bajo coste de infraestructura.

En baloncesto, la localización por radio tiene aplicaciones particularmente valiosas en entrenamiento: medir desplazamientos, aceleraciones, carga externa y patrones de movimiento sin depender de condiciones de iluminación o ángulos de cámara. También tiene valor en rehabilitación, donde comparar simetrías de movimiento entre el miembro lesionado y el sano, y trazar la progresión de "retorno al juego", es información crítica para el cuerpo médico.

El riesgo de esta tecnología, como con cualquier herramienta IoT, es que sin gobernanza se convierte en "un montón de puntos". El valor aparece cuando la telemetría de posicionamiento se transforma en variables accionables, con carga por microciclos, indicadores de fatiga, perfiles de movimiento por rol y alertas que el cuerpo técnico realmente puede usar para tomar decisiones.

Hawk-Eye: Convirtiendo el Baloncesto en Datos 3D

El Proceso de Digitalización

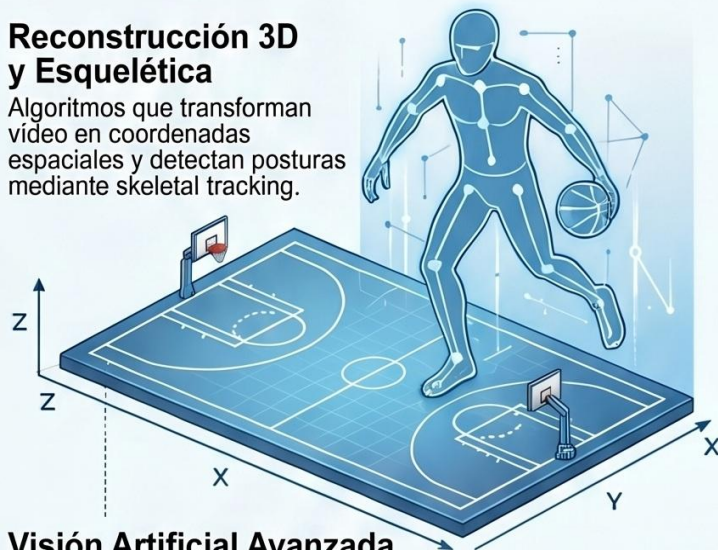
Captura Multidimensional

Red de cámaras de alta velocidad que registran cada ángulo sin pérdida de información.



Reconstrucción 3D y Esquelética

Algoritmos que transforman video en coordenadas espaciales y detectan posturas mediante skeletal tracking.



Visión Artificial Avanzada

Uso de Deep Learning para identificar automáticamente balón, jugadores y referencias de pista.

Aplicaciones y Valor Agregado



Arbitraje y Validación

Mejora las decisiones en jugadas críticas y permite la validación de secuencias exactas.



Análisis de Rendimiento

Proporciona datos biomecánicos y tácticos avanzados para el estudio profundo del juego.



Broadcast Inmersivo

Genera repeticiones tridimensionales y visualizaciones avanzadas para enriquecer la experiencia del espectador.



Repetición Tradicional

Naturaleza: Solo imagen de vídeo

Precisión: Visual y subjetiva

Alcance: Vista en 2D

VS



Sistema Hawk-Eye

Naturaleza: Datos + Reconstrucción 3D

Precisión: Científica y medible

Alcance: Análisis biomecánico y XYZ

1.4 Instrumentación del tiro. El IoT más democratizable y el de mayor ROI en amateur

Si hay un dominio donde el IoT tiene potencial de mercado masivo en baloncesto, es el tiro. El tiro es repetible, entrenable, altamente cuantificable, y el *feedback* inmediato cambia el comportamiento del tirador de forma documentable. Además, el tiro produce una variable de resultado clara (encesto o no encesto) con miles de repeticiones disponibles a lo largo de una temporada o de una carrera.

Sistemas como Noah Basketball miden parámetros biomecánicos del tiro, incluyendo el arco de lanzamiento, la profundidad de entrada en el aro y la desviación lateral, con *feedback* verbal en tiempo real. El sistema está ampliamente adoptado en equipos de la NBA y en programas universitarios de primer nivel en la NCAA. *Smart basketballs* con sensores internos capturan *spin rate* (velocidad de rotación del balón) y *release time* (tiempo de lanzamiento) con narrativa de uso por jugadores profesionales.

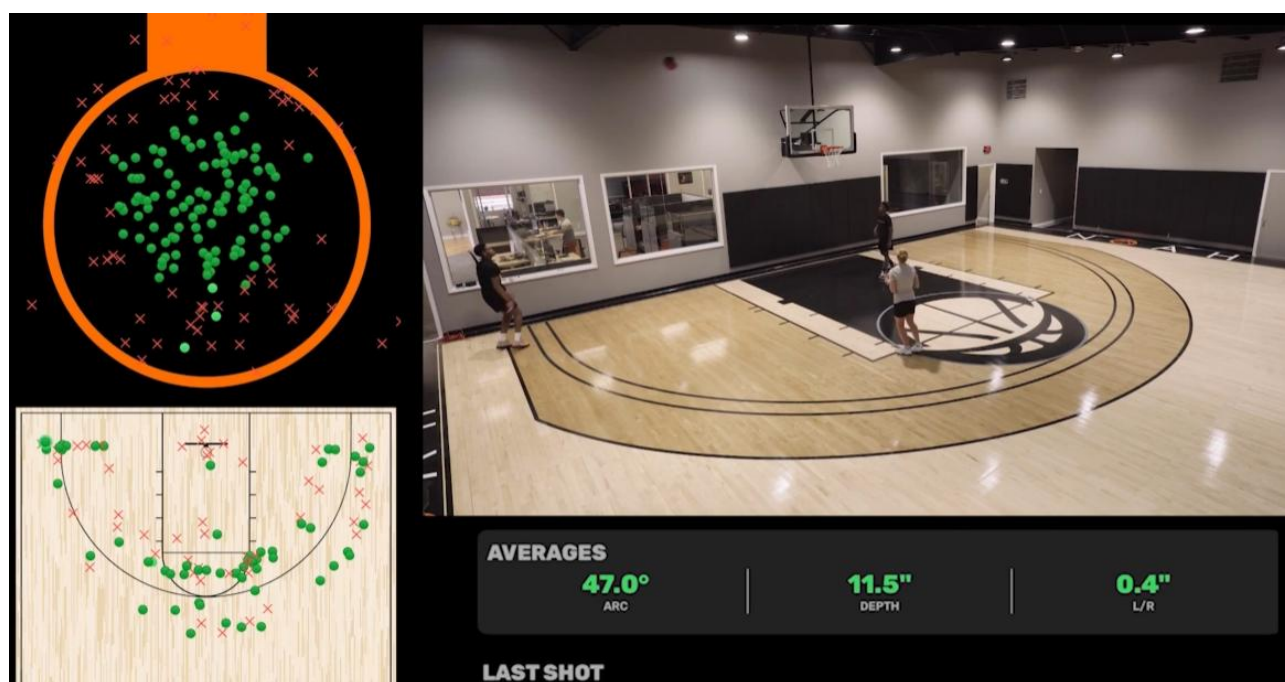


Imagen 2. Medición de tiro con Noah Backboard System (Fuente: Noah Basketball)

En clave de oportunidad de mercado, el tiro instrumentado tiene tres ventajas competitivas claras. Primero, tiene un bajo coste relativo por valor percibido en comparación con un sistema de tracking de partido completo. Segundo, tiene uso intensivo y universal: entrenar el tiro es relevante desde la élite hasta el nivel amateur. Y tercero, tiene un efecto de gamificación natural que facilita la adherencia: objetivos, retos, comparativas y progresión medible.

1.5 La oportunidad de la interoperabilidad en *shooting telemetry*

Lo que falta para escalar aún más este mercado es la interoperabilidad y la normalización. Actualmente, la mayoría de las soluciones de tiro instrumentado son silos. Si un jugador entrena con una plataforma en su club y con otra en verano, sus datos no son compatibles. En IoT, ese es un anti-patrón que frena el crecimiento del ecosistema.

En la mayoría de las industrias, cuando una tecnología madura, surgen estándares que permiten que todos los sistemas hablen el mismo idioma, como OPC UA en industria, MQTT en IoT, los protocolos clínicos en medicina o formatos como MPEG en vídeo. Estos estándares hacen posible que los datos sean comparables, interoperables y escalables.



Imagen 3. Esquema de estándares (Fuente: propia)

En el baloncesto, sin embargo, la medición del tiro todavía está en una fase “pre-estándar” en el que cada sistema utiliza sus propias métricas, definiciones y formatos. Esto provoca que los datos no sean interoperables, que no existan referencias universales (*benchmarks*) y que no sea posible comparar fácilmente el rendimiento de jugadores entre distintas plataformas. En la práctica, cada proveedor construye su propia versión de la realidad, lo que limita el desarrollo de un ecosistema global sólido.

Un estándar abierto de “*shooting telemetry*” permitiría un ecosistema completo donde datos de diferentes máquinas, *backboards*, balones y *apps* pudieran convivir e integrarse. Academias, *apps* de entrenamiento individual, plataformas de *scouting*, marcas deportivas e incluso aseguradoras especializadas en deporte podrían construir productos sobre ese estándar común.

Para lograr un IoT maduro en baloncesto se requiere normalizar, gobernar y explotar.

1.6 Datos en tiempo real para banquillo, broadcast y fan engagement

Un verdadero salto de mercado se produce cuando el dato deja de ser solo una herramienta interna para mejorar el rendimiento y se convierte en un activo con valor económico y mediático. Esto ya empieza a verse en competiciones como la NCAA, donde se han aprobado sistemas capaces de generar decenas de métricas en tiempo real para los equipos. Cuando la latencia baja a niveles de milisegundos, el dato deja de analizarse después del partido (*post-mortem*) y pasa a ser operacional, es decir, útil mientras el juego está ocurriendo.

Para el staff técnico, esto significa poder ajustar decisiones durante el partido con mayor precisión: detectar patrones defensivos, optimizar rotaciones en función de la carga o validar emparejamientos reales más allá de la intuición. Para el broadcast, abre la puerta a nuevas narrativas basadas en datos objetivos, como el espaciado ofensivo, la velocidad en transición o la eficiencia de determinadas acciones, que enriquecen la retransmisión y diferencian el producto audiovisual. Para el fan, permite experiencias más inmersivas en pabellón y en aplicaciones, con información contextual en tiempo real. Y para los patrocinadores, crea nuevos activos comerciales antes inexistentes: métricas convertidas en contenido patrocinable, como “la zona caliente del tirador” o “la jugada más eficiente del partido”.

En ese punto, el IoT deja de percibirse como un coste tecnológico y pasa a ser una fuente directa de ingresos y diferenciación competitiva. Es también el momento en que dos mundos que tradicionalmente han estado separados, como el rendimiento deportivo y la operación del espectáculo, se integran en un único sistema de datos, donde lo que ocurre en la pista alimenta, en tiempo real, el valor del producto fuera de ella.

1.7 El sesgo de anotador y la promesa de auditoría del IoT

Existe una línea sólida de investigación en estadística deportiva que ha demostrado que muchos de los datos tradicionales del baloncesto no son tan objetivos como se asume. Un ejemplo claro es el llamado “sesgo de anotador”, estudiado por Luke Bornn y Martijn van Bommel (2017), donde se evidencia que la forma en que se registran acciones en el *box score* depende en parte de la interpretación humana. Decisiones aparentemente simples, como si una acción es una asistencia real o una coincidencia, o si un rebote es mérito del jugador o un error del rival, pueden variar según el criterio del anotador, el equipo local o incluso la cultura de la liga. Esto genera inconsistencias sistemáticas: datos que parecen comparables, pero que en realidad no lo son del todo.

Este problema tiene una implicación directa y muy relevante desde la perspectiva del IoT. Cuando un dato de base no es completamente fiable, toda la analítica posterior, por sofisticada que sea, se construye sobre una base imperfecta. Por eso, cuando la industria detecta que los datos manuales necesitan correcciones estadísticas para ser útiles, aparece una demanda clara: medir mejor desde el origen. Aquí es donde el IoT aporta valor estructural. Tecnologías como el tracking continuo o la automatización de eventos no eliminan completamente la interpretación, pero sí desplazan el núcleo del dato hacia mediciones físicas directas, consistentes y auditables (posición, velocidad, trayectorias, distancias).

El cambio es profundo: se pasa de datos que pueden ser discutidos a datos que pueden ser verificados. Y esa diferencia es la que permite construir un mercado global sólido. Porque cuando los datos son confiables desde su origen, se pueden comparar entre equipos, ligas y contextos sin necesidad de “corregirlos” después. En ese punto, el dato deja de ser una opinión estructurada y se convierte en una infraestructura de confianza, que es exactamente la base sobre la que se construyen los ecosistemas IoT en cualquier industria madura.

2 AUTOMATIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO Y LA SALUD

2.1 Wearables: qué aportan de verdad y qué es ruido

El *wearable* en baloncesto ha vivido dos etapas. En la primera, durante casi una década, fue básicamente una herramienta de entrenamiento: monitorización de carga externa con sensores inerciales (IMU), acelerómetros y giroscopios, con algoritmos de detección de acciones específicas del baloncesto como cambios de dirección, alturas de salto e intensidad de impactos. Catapult, con su plataforma Vector, es uno de los referentes en este espacio, orientando explícitamente sus soluciones hacia medición de movimientos específicos del baloncesto con sensores inerciales y *machine learning*.



Imagen 4. Wearable Vector de Catapult (Fuente: Catapult Sports)

La segunda etapa, más reciente y más relevante estratégicamente, es la de los *wearables in-game*: su aprobación para uso en competición. KINEXON, proveedor oficial de la Euroliga, ha liderado el discurso de adopción de dispositivos *in-game* con propuestas de valor que incluyen alinear entrenamiento con competición, optimizar rotaciones, reducir riesgo de lesión e individualizar la recuperación. La aprobación de *wearables* en el pabellón durante partidos es un punto de inflexión porque reduce la brecha entre los datos de entrenamiento y los datos reales de competición.

El *wearable* puede medir carga externa, incluyendo aceleraciones, desaceleraciones, impactos, cambios de dirección y saltos, puede capturar señales fisiológicas si el dispositivo las incorpora, como el ritmo cardíaco, la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) o la temperatura superficial, y puede detectar patrones de movimiento, incluyendo asimetrías entre hemicuerpos, mecánicas repetidas y tendencia a "compensar" cuando hay fatiga o dolor.

2.2 Dónde aparece el ruido y cómo evitarlo

El error más frecuente con los *wearables* en entrenamiento deportivo es confundir "datos producidos" con "valor generado". Un *wearable* que produce una métrica que suena científica pero no cambia ninguna decisión es un panel decorativo caro. Y un *wearable* que promete "predecir lesiones" sin un modelo validado estadísticamente y sin especificar la tasa de falsos positivos es, directamente, charlatanería.

La promesa razonable y verificable del *wearable* en baloncesto es otra, y radica en la gestión de riesgo, detección temprana de señales de alerta, individualización de la carga y reducción de incertidumbre en la toma de decisiones del cuerpo técnico. No se trata de adivinar la lesión; se trata de reducir la probabilidad de que se materialice mediante decisiones informadas sobre carga, recuperación y distribución de esfuerzos.

Un **wearable** es un dispositivo electrónico que se lleva puesto en el cuerpo o muy cerca de él y que sirve para medir variables físicas o fisiológicas. En baloncesto puede ser una banda, un chaleco con sensores, un reloj o un pequeño dispositivo integrado en la ropa. Puede registrar cosas como movimiento, aceleración, frecuencia cardíaca, saltos o cambios de dirección. Su valor no está en "medir por medir", sino en ayudar a entender cómo responde el cuerpo al entrenamiento y a la competición.

El wearable solo vale si cierra bucle con decisiones concretas: ajuste de la carga del entrenamiento, gestión de minutos y rotaciones, gestión de recuperación individualizada. Si no llega a ese punto, se convierte en "datos bonitos". IoT, en este contexto, debe ser ingeniería de decisión, no decoración digital.

2.3 "Readiness" y el modelo militar. Medir el estado para evitar errores caros

En entornos militares, la monitorización fisiológica en tiempo real forma parte de un enfoque de "*precision medicine*" aplicado a rendimiento y salud operacional. El principio es claro, cuando una persona opera al límite de sus capacidades, los fallos cuestan muy caro. El sistema, por tanto, necesita detectar la degradación de estado antes de que se convierta en un accidente o en una baja.

La literatura militar sobre el tema (de Vries et al., 2025; Friedl, 2018) habla de "*real-time physiological status monitoring*" como herramienta para predecir rendimiento y salud desde el estado fisiológico presente. El ejército explora *wearables* para evaluar salud operacional, rendimiento y resiliencia en condiciones de campo, con el objetivo de tomar decisiones antes de que la degradación se vuelva irreversible.



Imagen 5. Camisa inteligente militar de Legionarius (fuente: Forbes)

La traducción directa a baloncesto profesional es que un jugador es un sistema biológico sometido a carga, estrés, microlesiones y recuperación incompleta. Lo que interesa no es medir por medir, sino anticipar la degradación funcional con la pérdida de potencia en el salto, la caída en la velocidad de reacción, los cambios en el patrón motor, la peor estabilidad articular.

El objetivo no es "adivinar" la lesión, es reducir la probabilidad de que se materialice.

En la práctica, esto significa modelos individualizados (no promedios poblacionales), alertas interpretables que el cuerpo técnico pueda entender y actuar, y decisiones de carga basadas en el estado real del deportista: minutos, tipo de sesión, recuperación activa, trabajo compensatorio. Para el entorno amateur, la misma lógica se simplifica en semáforos de carga, progresión segura y educación de entrenadores y familias sobre señales de sobrecarga.

2.4 La medicina digital como estándar de evidencia

En salud, la monitorización remota con *wearables* y sensores se evalúa con una mentalidad de evidencia que el deporte debería importar sin excusas. En medicina se pregunta ¿qué mide exactamente este sensor? ¿con qué validez y fiabilidad? ¿con qué sensibilidad y especificidad? y ¿qué impacto tiene en resultados clínicos verificables?

Revisiones sistemáticas en el ámbito de la salud digital han documentado tanto el potencial de la monitorización remota como sus limitaciones cuando los dispositivos no están validados para el uso específico al que se destinan.

Para construir un mercado global sólido en IoT deportivo, es necesario establecer un lenguaje común de validez y fiabilidad. Esto implica responder cómo se calibra el sensor y con qué método, qué error tiene en distintos contextos de uso, qué tasa de falsos positivos genera, y qué decisiones soporta sin inducir errores sistemáticos. En IoT industrial, esto se resuelve con estándares, control de calidad y trazabilidad. En deporte, hay que llegar al mismo punto de certificación, gobernanza y documentación de evidencia.

2.5 Automatización del entrenamiento. El *edge computing* y el entrenador como director de orquesta

Un error recurrente en la discusión sobre IoT en deporte es imaginar que la tecnología sustituirá al entrenador. No. El IoT reduce fricción y automatiza lo repetitivo para que el entrenador pueda dedicar su energía a lo que solo un humano puede hacer: el contexto situacional, la motivación, la lectura emocional del grupo y la adaptación creativa a circunstancias imprevistas.

Ejemplos concretos de automatización útil incluyen el autoconteo y la validación de ejercicios (sensores que confirman repeticiones, ritmos, zonas y tiempos, liberando al asistente de la tarea mecánica de contar), el entrenamiento adaptativo donde el sistema detecta fatiga y reduce carga o detecta facilidad y ajusta la dificultad, el *feedback* instantáneo de técnica en tiro y gestos repetitivos, y el control de carga en microciclos con informes automatizados, alertas y recomendaciones basadas en reglas y aprendizaje del historial individual.

En este contexto, el *edge computing* es crítico. Si se necesita *feedback* inmediato en el tiro o en ejercicios de reacción, la latencia de comunicación con un servidor en la nube puede ser demasiado alta. El procesamiento local, en el propio dispositivo o en un servidor *edge* instalado en las instalaciones, garantiza la inmediatez que el aprendizaje motor requiere para ser efectivo.



Edge, Fog y Cloud (y modelos de computación)

En IoT, los datos no se gestionan en un único lugar, sino en distintas capas. El **edge** es el punto más cercano a donde se genera el dato (una cámara en la pista, un sensor o un *wearable*) y actúa como un pequeño “cerebro local” capaz de reaccionar al instante. El **edge computing** consiste en procesar esa información directamente ahí, sin enviarla primero al sistema remoto, lo que permite tomar decisiones en tiempo real rápidamente. Entre ese punto y la nube aparece el **fog**, una capa intermedia que funciona como un “centro de coordinación local” (normalmente dentro del pabellón). El **fog computing** recoge datos de múltiples dispositivos *edge*, los filtra, los organiza y les da contexto antes de enviarlos o activar respuestas. Su valor es integrar sistemas que, por separado, solo ofrecen información parcial, convirtiéndolos en un conjunto coherente para operar en tiempo casi real. Finalmente, el **cloud** es la capa remota donde se almacenan grandes volúmenes de datos y se procesan a gran escala. El **cloud computing** permite analizar históricos, comparar temporadas, entrenar modelos avanzados y compartir información entre distintos actores. Estas tres capas forman un sistema completo: *edge* mide y reacciona, *fog* organiza y coordina, y *cloud* almacena, aprende y escala.

3 EL PABELLÓN COMO SMART VENUE: PÚBLICO, SEGURIDAD, ENERGÍA Y EXPERIENCIA

Si el baloncesto fuera exclusivamente rendimiento deportivo, el mercado IoT ya sería considerable. Pero el baloncesto profesional, y gran parte del semiprofesional, vive en recintos que son, en la práctica, microciudades que se encienden durante un evento. Miles de personas, picos de consumo energético, riesgo de seguridad, colas, ventas, conectividad, accesos y emergencias, eso es IIoT puro. Y es un mercado que tiene tanto o más valor que el rendimiento deportivo si se sabe abordar de manera coherente.

3.1 Conectividad, como sistema nervioso del evento

No hay *Smart Venue* sin conectividad robusta y diseñada para la escala del evento. Si la red no aguanta la concurrencia de miles de dispositivos simultáneos (móviles de espectadores, sistemas de punto de venta, cámaras de seguridad, sensores IoT, señalización digital, sistemas de *streaming* y control de accesos), todo el ecosistema tecnológico falla. La conectividad no es un detalle técnico, es la condición necesaria para que IoT sea real y no una demo de feria.

El despliegue de Wi-Fi 6E en el *Chase Center* de los Golden State Warriors es un ejemplo público y documentado. La arena incorporó Wi-Fi de última generación para soportar experiencias inmersivas del fan con miles de dispositivos concurrentes.

Esa mentalidad, la de infraestructura de red como activo estratégico del recinto, debe trasladarse a arenas de niveles inferiores con soluciones proporcionales, con Wi-Fi moderno, segmentación de red (separar el IoT operativo del Wi-Fi público), *edge computing* local y observabilidad en tiempo real del estado de la red.

En términos de arquitectura, un pabellón deportivo moderno necesita redes separadas para uso crítico (sensores, sistemas de seguridad, POS, control de accesos) y para uso público (móviles de espectadores, apps de fan *engagement*). La mezcla de ambas en la misma infraestructura genera riesgos de rendimiento y de seguridad que pueden comprometer el evento.

3.2 Gestión de flujos y seguridad: medir densidad para actuar, no para vigilar

La gestión de público en grandes eventos tiene un riesgo de confusión conceptual importante. IoT no implica vigilancia masiva ni reconocimiento facial. Implica trabajar con conteos, densidades, patrones de movimiento y tiempos de forma agregada y anonimizada. Ese enfoque es, además de éticamente más sólido, técnicamente más sencillo y legalmente más viable en el contexto regulatorio europeo.

Los casos de uso concretos con valor demostrable incluyen la predicción de colas en restauración y puntos de venta, que permite ajustar personal, abrir más puestos o redirigir flujo antes de que la experiencia se deteriore.

El *wayfinding* dinámico, con señalización que guía a los espectadores según la congestión real de cada zona. Los accesos adaptativos, que abren o cierran puertas y modulan entradas por tramos según la afluencia real. Y la seguridad basada en detección de anomalías, que identifica aglomeraciones atípicas o comportamientos fuera de patrón y habilita respuesta rápida sin necesidad de identificar individuos.



Imagen 6. Señalización digital de la cancha de entrenamiento del OVO Athletic Centre (fuente: Peerless-AV)

En términos de negocio, la reducción de fricción tiene un efecto directo en los ingresos: un espectador que no espera cola excesiva en la barra consume más. Y la mejora de la seguridad percibida reduce el riesgo reputacional y legal del organizador del evento.

3.3 El pabellón inteligente al estilo Disney. *Fan engagement instrumentado*

Los **beacons** son pequeños dispositivos que emiten señales Bluetooth de corto alcance para detectar la proximidad de un usuario. No identifican a la persona, sino que detectan que un dispositivo está cerca (normalmente su móvil). En baloncesto se pueden usar para enviar contenido según la zona del pabellón, activar promociones (en tienda, bar, etc), medir flujos de público o personalizar la experiencia de los fans.

Disney es un ejemplo de personalización con *wearables* y analítica para mejorar la experiencia y el negocio. El uso de *beacons BLE* en Disneyland les permite disparar experiencias en dispositivos con apps instaladas sin identificar individualmente a los usuarios.

Este ejemplo ilustra un principio que los recintos deportivos pueden aplicar directamente para convertir el espacio físico en un sistema sensible que responde al comportamiento colectivo y genera valor tanto para el espectador como para el operador. Aplicado a un pabellón de baloncesto, esto incluye contenido adaptado a la ubicación del espectador dentro del recinto, con estadísticas, repeticiones o promociones diferentes según se encuentre en una zona premium, en el fondo del pabellón o en la zona de acceso.

También incluye gamificación basada en presencia sin invasión de privacidad, con *check-ins*, retos por zonas y recompensas vinculadas a momentos reales del partido. Y *merchandising* dinámico mediante ofertas contextuales basadas en densidad de ocupación en la tienda, stock disponible y tiempo restante del evento.

Este es el territorio donde los datos de movilidad y uso del recinto se convierten en ingresos directos. Y donde el patrocinio deja de ser un cartel en la cancha para convertirse en una experiencia activada por datos.

3.4 Energía y mantenimiento. El ROI silencioso y enorme del Smart Building

Todo pabellón deportivo consume energía y mucho. Los sistemas de HVAC (climatización y ventilación), la iluminación de alta potencia, las pantallas LED de gran formato, las cocinas industriales para restauración, los sistemas de bombeo y los cuadros eléctricos son los principales consumidores. El coste energético y el mantenimiento son invisibles para el espectador, pero representan una parte significativa del presupuesto operativo del recinto que luego se repercute al usuario.



Imagen 7. Aplicación de gestión de energía con InVendi BMS (fuente: Amaisys Technologies)

El IIoT industrial aporta un concepto que el mundo del deporte aún no ha adoptado de forma generalizada, el mantenimiento predictivo. En lugar de reparar cuando algo falla (mantenimiento correctivo) o revisar según un calendario fijo (mantenimiento preventivo), el mantenimiento predictivo monitoriza vibraciones, temperaturas, consumos energéticos, ciclos de operación y anomalías en tiempo real para anticipar fallos antes de que ocurran. En un recinto deportivo, esto se traduce en menos averías el día del partido (que es la peor catástrofe operacional posible), menos costes por intervención de emergencia, mejor seguridad para los asistentes y mejor confort térmico y acústico.

Plataformas como *BMS InVendi* de Amaisys Technologies o sistemas similares de gestión energética IoT se posicionan exactamente para este tipo de caso de uso en edificios de alta demanda y picos de consumo.

La aplicación al pabellón deportivo es directa, con sensores de ocupación y conteo de personas. El sistema puede ajustar la climatización e iluminación a la ocupación real de cada zona en cada momento, no a estimaciones estáticas. La sostenibilidad deja de ser marketing y se convierte en ingeniería medible y verificable, lo que también la convierte en un activo de marca y patrocinio.

3.5 Arbitraje y automatización de reglas. Tecnología al servicio de la integridad

La adopción del *tracking* óptico 3D en la NBA con el objetivo explícito de mejorar la precisión y velocidad de las decisiones arbitrales es una señal clara de un mercado emergente, el de la "*sports officiating tech*".

Cuando el dato se convierte en herramienta reglamentaria, se abre una industria específica con compradores institucionales muy motivados (ligas, federaciones) y con ROI claro (reducción de controversias, integridad competitiva, transparencia).

Las aplicaciones concretas incluyen la detección automatizada de balón fuera de campo y cambios de posesión, la validación de *goaltending* e interferencias en el aro y el *backboard*, la verificación de posiciones en situaciones de doble posesión, y potencialmente el apoyo en decisiones de contacto en situaciones de alta velocidad.

La oportunidad de negocio no es reemplazar al árbitro, sino reducir el error humano en las situaciones donde ese error genera mayor controversia y donde la tecnología puede aportar objetividad verificable.

ARBITRAJE ASISTIDO POR TECNOLOGÍA

(IoT + Tracking)



1 🏀 Balón fuera de campo y cambios de posesión

• **Qué se decide:**

- Si el balón ha salido de la pista
- Qué equipo recupera la posesión

• **Dificultades:**

- ¿Último toque?
- ¿Pisada en línea?

➔ **Objetivo:** reducir errores en posesión



2 🏀 Goaltending e interferencias

• **Qué se decide:**

- ¿Trayectoria descendente?
- ¿Contacto con tablero?

• **Tecnología** 🚫 4x

- Modelado 3D del balón
- Detección de contacto
- Detección de contacto
- Posición respecto al aro

➔ **Resultado:** de subjetivo → medible



3 🏀 Doble posesión

• **Qué se decide:**

- Control simultáneo del balón

• **Dificultades:**

- ¿Trayectoria descendente?
- ¿Contacto con tablero?
- ¿Dentro del cilindro?



3 👥 Doble posesión

• **Qué se decide:**

- Control real vs contacto
- Secuencia de la acción
- Posición exacta

• **Tecnología:**

- Analisis de proximidad
- Tracking de control



4 ⚡ Contactos en alta velocidad

• **Qué se decide:**

- Falta o no falta

• **Situaciones:**

- Bloqueos
- Penetraciones
- Choques defensivos

➔ **Clave:** apoyo al árbitro, no sustitución



4 IMPORTAR TECNOLOGÍA DE OTROS DEPORTES E INDUSTRIAS

Lo más valioso para construir un mercado IoT global en baloncesto no está solo dentro del baloncesto. Está en traer soluciones maduras de sectores donde IoT ya opera como ingeniería seria, no como experimento tecnológico. El camino ya ha sido recorrido en parte. No hay que reinventar la rueda, hay que traducirla al lenguaje del juego.

4.1 La NFL y el fútbol

La NFL lleva años usando *RFID* para capturar velocidades, distancias y patrones de movimiento de jugadores y balón, popularizado bajo el programa *Next Gen Stats* y con acuerdos tecnológicos que incluyen a *Zebra Technologies*.

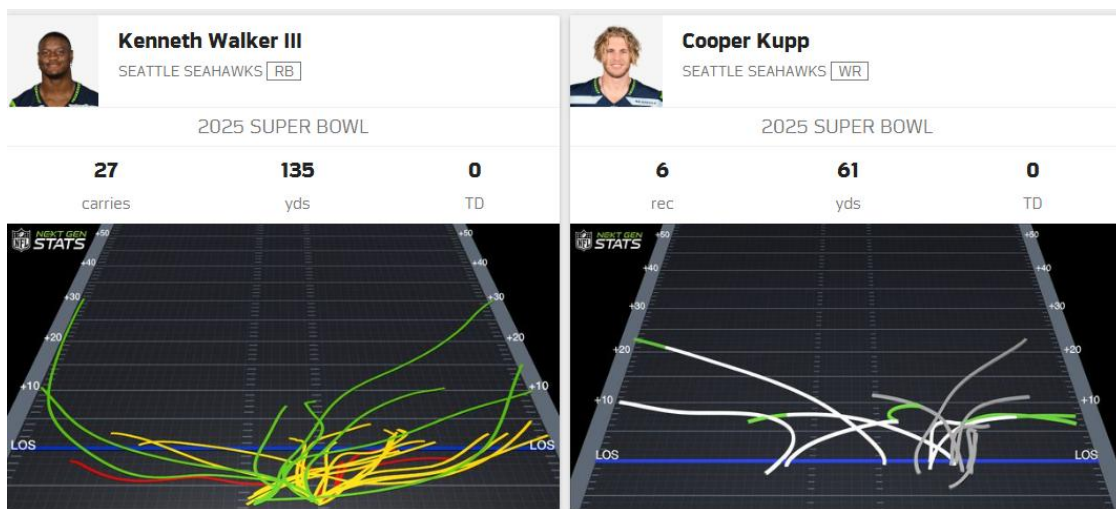


Imagen 8. Gráficos de Next Gen Stats (fuente: Next Gen)

¿Qué aporta esto al baloncesto? Tres lecciones fundamentales.

Primera: cuando una liga define un estándar de captura y lo implementa de forma uniforme en todos sus estadios, se crea automáticamente un mercado de proveedores compatibles. La estandarización no restringe la innovación; la ordena y la acelera.

Segunda: el tracking deportivo alimenta narrativas para el fan, no solo datos para el staff. Los "Next Gen Stats" de la NFL son un producto mediático en sí mismo, con valor publicitario y de retención de audiencia.

Tercera: sin gobernanza clara (qué se mide, cómo se usa, quién accede y con qué propósito), el sistema se rompe por desconfianza. La gobernanza no es burocracia; es condición de viabilidad.

En fútbol, Genius Sports gestiona programas de certificación de tecnología de tracking para la FIFA (*FIFA Quality Programme for Electronic Performance and Tracking Systems*). Esto ilustra un punto crucial, la certificación de tecnología deportiva convierte la tecnología en mercado, porque permite que muchos actores compitan e innoven sin romper la comparabilidad de los datos. El modelo de certificación FIFA/EPTS es directamente importable al baloncesto a través de FIBA.

4.2 La industria militar. Monitorización fisiológica y "readiness" aplicada al atleta

La literatura militar sobre monitorización de soldados es brutalmente pragmática. Si no es accionable, no sirve. En contextos donde el fallo humano tiene consecuencias irreversibles, la monitorización fisiológica en tiempo real se concibe como parte de un sistema de soporte a la decisión, no como una curiosidad de laboratorio.

El concepto de "precision medicine" aplicado a rendimiento y salud operacional (de Vries et al., 2025) y los estudios sobre aplicaciones militares de la monitorización fisiológica del soldado (Friedl, 2018) establecen un marco conceptual que el deporte de élite puede adoptar de forma directa.



El principio es el mismo. Un atleta de élite, como un soldado en operación, es un sistema biológico que opera al límite de sus capacidades en condiciones de estrés físico, cognitivo y emocional. La monitorización continua no tiene como objetivo "saber más datos", sino anticipar la degradación funcional antes de que se convierta en un fallo catastrófico (una lesión, un error táctico crítico, una caída de rendimiento en el momento decisivo de la temporada).

Tipo de sensor	Qué mide	Ejemplos	Valor
Movimiento	Aceleración, saltos, cambios de dirección	Acelerómetros, giroscopios	Carga externa
Fisiología	FC, HRV, temperatura	Monitores de frecuencia cardíaca, bandas	Carga interna
Biomecánico	Presión, técnica, asimetrías	Plantillas, sensores de fuerza	Riesgo de lesión
Bioquímico	Hidratación, electrolitos	Sensores de sudor	Estado metabólico
Entorno	Temperatura, humedad	Sensores ambientales	Contexto

Para el entorno amateur, la traducción es igual de valiosa, aunque más simple, basada en modelos más accesibles para prevención de sobrecarga, detección temprana de fatiga, gestión de hábitos de sueño y recuperación, y educación de entrenadores y familias sobre señales de alarma. IoT como herramienta pedagógica y preventiva, no solo como instrumento de élite.

4.3 La industria médica. Estándares de evidencia

En salud, la monitorización remota con *wearables* y sensores tiene un corpus de revisiones sistemáticas que documentan tanto su potencial como sus limitaciones específicas. La literatura médica evalúa parámetros como la aceleración, la frecuencia cardíaca, la temperatura o la saturación de oxígeno con criterios de validez clínica, sensibilidad, especificidad y utilidad en resultados reales. Ese estándar de evidencia es exactamente lo que el mercado IoT deportivo necesita para no convertirse en una feria de gadgets con promesas no verificables.

La lección más importante de la medicina digital para el *cluster* de baloncesto es que los niveles de evidencia son un activo comercial, no solo una exigencia ética.

En salud, los productos que tienen validación clínica tienen acceso a compradores institucionales (hospitales, seguros, administraciones) que no compran a proveedores sin evidencia. En deporte, aplica el mismo principio. Los clubes profesionales y las federaciones que invierten en IoT a escala necesitarán, cada vez más, evidencia de que lo que compran funciona y tiene el ROI prometido.

Además, el sector médico ha trabajado extensamente la ética de datos, la privacidad, el consentimiento informado, la separación de datos de salud de datos de rendimiento y los límites contractuales del uso de información personal. Esas mismas discusiones son urgentes en el deporte profesional, donde los datos biométricos de los jugadores tienen implicaciones contractuales y legales significativas.

4.4 El IIoT industrial. Mantenimiento predictivo, *edge AI* y el atleta como activo

La industria manufacturera y de infraestructuras lleva décadas perfeccionando el concepto de mantenimiento predictivo, combinando sensores, *edge computing* y analítica para detectar vibraciones, temperatura, consumo y anomalías en tiempo real, anticipando fallos antes de que ocurran. La filosofía subyacente es que los activos críticos (turbinas, líneas de producción, infraestructura eléctrica) son demasiado valiosos y demasiado costosos de reparar de emergencia como para no monitorizarlos continuamente.

Esa misma filosofía, aplicada con las matizaciones éticas necesarias para no cosificar a los deportistas, es directamente transferible al baloncesto.

El jugador es el activo más valioso de un club. Una lesión de larga duración tiene un coste financiero y competitivo enorme y muchas de esas lesiones tienen señales previas detectables con la tecnología adecuada. Detectar anomalías de movimiento, asimetrías de carga o cambios de patrón antes de que cristalicen en lesión es exactamente lo que el IIoT industrial hace con la vibración anómala de una máquina antes de que se rompa.

En el pabellón, la aplicación es aún más directa. La climatización, la iluminación, los sistemas de bombeo y los equipos eléctricos de un recinto deportivo son activos críticos que se pueden y deben gestionar con la misma lógica de mantenimiento predictivo que se usa en una planta industrial. El *edge computing* en este contexto garantiza que las alertas y respuestas automáticas no dependan de la latencia de una conexión a un servidor remoto.

4.5 Estándares tecnológicos

Si queremos un mercado global en el baloncesto basado en IoT, necesitamos interoperabilidad. Sin un lenguaje común, cada proveedor construye su propia caja negra y el mercado se fragmenta en silos que no pueden integrarse. Este problema no afecta solo al dato deportivo, sino también al propio pabellón, que debe entenderse como una infraestructura tecnológica compleja donde múltiples sistemas conviven y deben coordinarse en tiempo real.

En este contexto, los estándares no son una cuestión técnica secundaria, sino la base que permite construir un ecosistema escalable. Y, para entenderlo bien, hay que diferenciar tres capas: comunicación de datos, operación del edificio y seguridad del sistema.

En la capa de comunicación, *MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)* es el estándar de facto en IoT. Se trata de un protocolo *publish/subscribe* ligero, optimizado para entornos con latencia variable o ancho de banda limitado, estandarizado por OASIS y aprobado como ISO/IEC 20922. Su adopción permite que sensores, *wearables*, sistemas de tracking y plataformas de analítica intercambien datos en tiempo real de forma eficiente, sin necesidad de integraciones específicas entre cada sistema. Es la base para construir un flujo de datos continuo y escalable.

Complementando esta capa, *OPC UA (OPC Unified Architecture)*, estandarizado como IEC 62541, introduce algo todavía más importante: el significado del dato. No solo define cómo se transmite la información, sino cómo se estructura y se interpreta. En entornos industriales es el estándar de interoperabilidad por excelencia, y en baloncesto puede servir como referencia para diseñar un modelo semántico común, un “*Basketball Telemetry Model*”, que permita definir de forma precisa qué es un evento, una posesión, un estado defensivo o una variable biomecánica. Sin este nivel semántico, los datos pueden circular, pero no necesariamente ser entendidos de forma consistente.

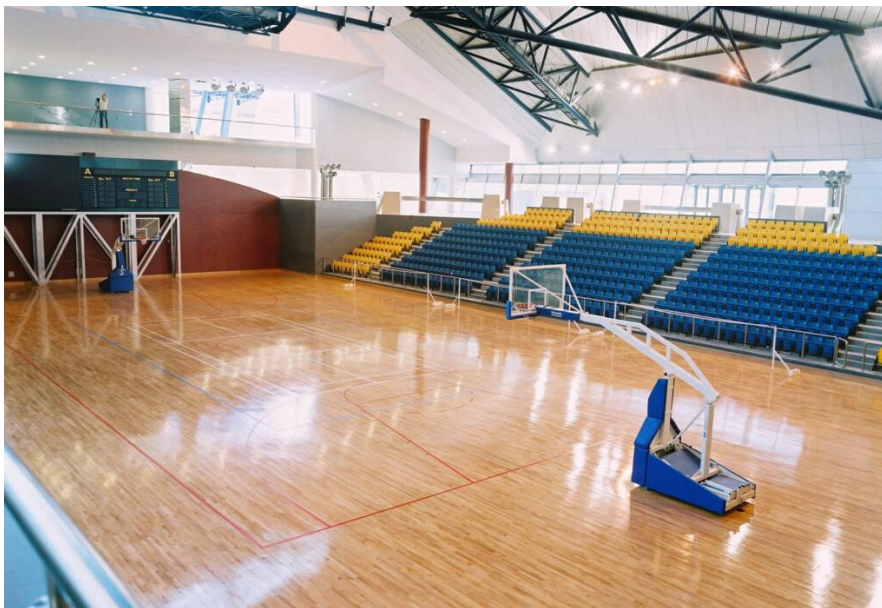


Imagen 9. El Khalifa Sports Hall cuenta con tecnología KNX (fuente: Khalifa Sports City)

KNX PROTOCOLO DE AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS



Sin embargo, el IoT en baloncesto no ocurre en el vacío, sino dentro de un pabellón. Y ahí entra la segunda capa, la de operación del edificio. Un recinto deportivo moderno es un sistema ciberfísico que gestiona iluminación, climatización, energía, accesos y seguridad. En este ámbito, estándares como KNX (ISO/IEC 14543) permiten la automatización de elementos como la iluminación o el confort térmico, adaptándolos a las condiciones reales del evento. BACnet (ISO 16484-5), ampliamente utilizado en grandes infraestructuras, facilita la integración y gestión centralizada de sistemas complejos como HVAC o control energético. Y protocolos como Modbus siguen siendo fundamentales para conectar dispositivos industriales y sistemas *legacy*, especialmente en la gestión de energía.

La clave no está en sustituir estos estándares, sino en integrarlos, es decir, conectar el dato que proviene del juego con la capacidad de actuar sobre el entorno. Cuando esto ocurre, el pabellón deja de ser un contenedor pasivo y se convierte en un sistema que responde dinámicamente a lo que sucede en la pista y en las gradas.

Pero todo este sistema solo es viable si se construye sobre una tercera capa: la seguridad. Aquí es donde entran las guías del NIST (*National Institute of Standards and Technology*), como NIST SP 800-213. A diferencia de los protocolos anteriores, NIST no define cómo se comunican los sistemas, sino cómo deben ser seguros. Establece requisitos fundamentales como autenticación de dispositivos, integridad del dato, control de accesos, actualizaciones seguras y resiliencia ante fallos o ataques.

En un pabellón inteligente, que durante un evento funciona como infraestructura crítica con miles de personas, sistemas conectados y operaciones en tiempo real, esta capa no es opcional. Es la que garantiza que todo lo demás funcione de forma fiable y segura. Sin ella, cualquier arquitectura basada en MQTT, OPC UA, KNX o BACnet queda incompleta y potencialmente vulnerable.

La integración de estas tres capas define el verdadero salto de mercado. MQTT permite que los sistemas se comuniquen, OPC UA que se entiendan, KNX, BACnet y Modbus que el entorno físico pueda actuar, y NIST que todo el sistema sea seguro y confiable. Cuando estos elementos se combinan, el baloncesto deja de ser solo un deporte medido y pasa a ser un sistema inteligente capaz de interpretar y responder a su propia realidad en tiempo real.

El valor no está en medir más variables, sino en conectar esas variables con el entorno donde suceden y hacerlo de forma segura. Es ahí donde aparece el mercado: cuando el dato no solo describe el juego, sino que activa el sistema que lo rodea.

 **ESTÁNDAR MUNDIAL**

 **INTEROPERABILIDAD ABIERTA**

 **AHORRO ENERGÉTICO**

 **FLEXIBLE Y ESCALABLE**

 **SEGURIDAD INTEGRADA**

ARQUITECTURA IoT/IIoT DEL BALONCESTO: DEL DATO AL PABELLÓN INTELIGENTE

Una estructura organizada en capas que transforma el dato en acción real.



El valor no está en **medir el juego**, sino en **conectar el juego con el sistema** que lo rodea.

5 MERCADO GLOBAL. STACK, COMPRADORES Y MODELO DE CLUSTER

5.1 El stack tecnológico de una Basketball IIoT Platform

Un *cluster* serio necesita un *stack* tecnológico común que permita a diferentes proveedores competir en cada capa mientras mantienen compatibilidad con el resto del ecosistema. Sin ese *stack* común, el mercado se fragmenta en soluciones propietarias incompatibles, lo cual eleva los costes de integración y frena la adopción.

Capa	Componentes principales	Función en el ecosistema
1. Sensores y captura	Cámaras ópticas, LiDAR, UWB/RFID/BLE, IMUs, <i>wearables</i> , balón y aro instrumentado	Generación del dato primario: posición, movimiento, fisiología, mecánica
2. Conectividad	Wi-Fi 6E/7, 5G privado (élite), Ethernet industrial, BLE mesh	Transporte fiable del dato con latencia y ancho de banda adecuados
3. Edge computing	Servidores locales, módulos de detección de eventos, reglas de alerta	Procesamiento en tiempo real, baja latencia, resiliencia ante cortes
4. Cloud + Data Lakehouse	Almacenamiento histórico, entrenamiento de modelos, <i>reporting</i> , gobernanza	Aprendizaje continuo, comparativas, producto de analítica avanzada
5. Modelos y analítica	EPV, <i>shot quality</i> , defensa, carga, recuperación, <i>scouting</i>	Conversión del dato en inteligencia accionable por rol
6. Aplicaciones y producto	Rendimiento, salud, coaching, vídeo, arbitraje, <i>fan engagement</i> , <i>smart venue</i> , energía	Interfaz con el usuario final: club, liga, fan, operador de recinto

El *cluster* se construye cuando empresas diferentes compiten en cada capa, pero hablan el mismo idioma: mismos protocolos de comunicación, mismos modelos de datos, mismas definiciones de variables. Sin ese lenguaje común, no hay ecosistema; hay cautiverio tecnológico.

5.2 Casos de uso con comprador

Para crear un mercado real, es imprescindible asociar cada caso de uso a un comprador concreto con una motivación verificable.

El mercado IoT del baloncesto tiene cuatro grandes segmentos de compradores.

5.2.1 Alto rendimiento: club profesional y selección

El club profesional paga por gestión de carga y prevención de lesiones porque la disponibilidad del jugador es el activo más valioso de la organización.

Paga por *scouting* y táctica basada en tracking porque la ventaja competitiva tiene valor económico directo en términos de clasificación, mercado de fichajes y patrocinios.

Paga por automatización del análisis de vídeo porque el ROI en términos de tiempo del analista y calidad de la decisión es fácilmente demostrable.

Y la liga y la federación pagan por arbitraje asistido porque la integridad competitiva es el activo reputacional del que depende todo su negocio.

5.2.2 Academia y cantera

La academia paga por tiro instrumentado porque la mejora objetiva y medible del jugador es su principal activo de diferenciación frente a la competencia.

Paga por planes de entrenamiento adaptativos porque escalar el coaching personalizado a grupos numerosos sin aumentar la plantilla técnica es una necesidad económica.

Y paga por monitorización de carga porque menos lesiones en jugadores jóvenes protege su reputación y su pipeline de talento.

5.2.3 Amateur masivo

El usuario amateur individual paga por apps y sensores accesibles cuando obtienen *feedback* accionable y comunidad.

El ayuntamiento o el operador de instalaciones municipales paga por pabellón municipal inteligente porque el ahorro energético, el menor coste de mantenimiento y la mejora de la seguridad tienen ROI medible en el presupuesto operativo.

5.2.4 Arena, el negocio del evento

El club o el operador del recinto paga por conectividad de alta densidad y experiencias inmersivas porque mejora el *Net Promoter Score* del espectador y aumenta el consumo *in-arena*.

Paga por gestión de flujos y colas porque reduce el riesgo operacional y legal, y aumenta los ingresos por espectador.

Y paga por energía y mantenimiento predictivo porque los ahorros en OPEX son directamente cuantificables.

5.3 Métricas de valor real

Para que el mercado IoT del baloncesto no sea humo, el *cluster* debe proporcionar métricas de valor por vertical que sean verificables, no métricas de vanidad que hagan bonito el *dashboard*.

Vertical	Métricas de valor	Método de verificación
Rendimiento deportivo	Disponibilidad del jugador (%) Reducción de lesiones por sobrecarga (%) Eficiencia del entrenamiento (tiempo a objetivo)	Comparación temporada vs temporada Cohortes con/sin intervención
Operación de recinto	Reducción de energía por evento (kWh/partido) Reducción de incidencias no planificadas (%) Ingresos F&B per cápita	Auditoría energética Registro de incidencias TPV
Medios y fan engagement	Retención en app y tiempo de consumo ARPU digital (<i>Average Revenue Per User digital</i>) Nuevos activos de patrocinio activados	<i>Analytics</i> de plataforma Contratos de patrocinio
Tiro instrumentado	Mejora de % de acierto en ejercicios Corrección de defectos técnicos documentados	Comparación pre/post Tasas de corrección por parámetro

El objetivo del IoT en baloncesto no es "más datos", es menos error y más retorno. La diferencia entre un mercado que escala y uno que se llena de ruido es exactamente esa: que el dato esté conectado a una decisión con consecuencias verificables.

5.4 Riesgos que pueden matar el mercado y cómo diseñar para evitarlos

Un mercado tecnológico que ignora sus riesgos sistémicos no escala, sino que se rompe. El *cluster* IoT del baloncesto tiene cuatro riesgos principales que deben incorporarse en el diseño desde el primer día.

5.4.1 Privacidad y gobernanza de datos del jugador

Si el jugador percibe que el dato biométrico se usa contra él (para justificar no-renovaciones, reducir el salario, imponer carga sin su consentimiento), generará resistencia activa y el mercado se envenenará.

La solución pasa por gobernanza explícita: definir qué datos se recogen y con qué propósito, quién accede y bajo qué condiciones, cómo se separan los datos de salud de los de rendimiento, y qué derechos tiene el jugador sobre su propia información.

Esta discusión ya está ocurriendo en las ligas profesionales europeas y norteamericanas, y las organizaciones que la lideren con criterio ganarán la confianza del mercado.

5.4.2 Opacidad de los modelos analíticos

Un modelo analítico que produce un número sin explicar cómo lo calcula es una caja negra que no puede auditarse. En contextos donde ese número afecta a decisiones de carga, de minutos o de contratación, la falta de explicabilidad destruye la confianza del entrenador y del jugador.

La solución es invertir en interpretabilidad y documentar qué variables usa el modelo, cuáles son sus supuestos y cuáles son sus limitaciones conocidas. No hace falta que sea complicado, hace falta que sea honesto, transparente y explicable.

5.4.3 Falta de estándares y fragmentación del mercado

Sin interoperabilidad, el mercado se fragmenta en silos donde cada proveedor impone su plataforma propietaria, los costes de integración se disparan y la confianza del comprador cae.

El modelo de estandarización de OPC UA en industria y de MQTT como protocolo IoT muestra que los estándares abiertos son el mecanismo más efectivo para que un ecosistema tecnológico escale de forma sostenible.

5.4.4 Ciberseguridad insuficiente

Un pabellón deportivo inteligente con miles de sensores, sistemas de control de acceso, HVAC automatizado y redes de datos es infraestructura crítica durante el evento. Un ataque que interrumpa los sistemas de acceso o de climatización en un partido con veinte mil espectadores tiene consecuencias graves.

Las guías NIST SP 800-213 para ciberseguridad IoT en infraestructura federal son una referencia directamente aplicable de autenticación fuerte de dispositivos, integridad y trazabilidad del dato, segmentación de red, políticas de acceso por rol y auditoría continua.

6 PROPUESTA DE CLUSTER GLOBAL: ACTORES, PRODUCTOS Y HOJA DE RUTA

6.1 Agentes del cluster y sus roles

Un *cluster* potente necesita roles claros y complementarios. La confusión de roles, donde todo el mundo hace de todo sin especialización, es la forma más rápida de convertir un ecosistema en un mercado de juguetes.

Agente	Rol en el cluster	Incentivo principal
Ligas y Federaciones	Definir estándares, certificar, homologar, regular uso in-game	Integridad competitiva, credibilidad del producto
Clubes y academias	Laboratorio vivo, generadores de casos de uso y validación de ROI	Ventaja deportiva, eficiencia operativa
Universidad y sector salud	Validación de evidencia, protocolos, reducción del <i>hype</i>	Impacto científico, financiación de investigación
Empresas IoT	Infraestructura de sensores, conectividad, <i>edge</i> , <i>cloud</i> y analítica	Contratos, escalabilidad, propiedad intelectual
Medios y patrocinadores	Monetización, narrativa, activación de datos como activo publicitario	Audiencia, diferenciación de producto mediático
Operadores de recintos	<i>Smart building</i> , energía, seguridad, experiencia del espectador	Reducción de OPEX, mejora de NPS

6.2 Los cinco productos core del cluster

Un *cluster* no es una lista de proveedores. Un *cluster* es un lenguaje común que permite competir e integrar a la vez. Estos son los cinco productos estructurales que lo articulan.

1. *Basketball Telemetry Standard*: un modelo de datos estandarizado que define identidades (equipo, jugador pseudonimizado, balón, pabellón), estados (posesión, transición, defensa), eventos (tiro, pase, bloqueo, contacto) con definiciones precisas, variables continuas (posiciones, velocidades, aceleraciones, separaciones) y metadatos de calidad (frecuencia de captura, latencia, calibración, error estimado). Sin este estándar, no hay ecosistema, hay cautividad.
2. *Real-time Bus* para pista y pabellón: un bus de comunicación basado en *MQTT* u otro protocolo estándar que permita que sensores, *wearables*, sistemas de tracking y plataformas de analítica se comuniquen en tiempo real sin pegamento artesanal.
3. *Edge Referee Assist*: un sistema de asistencia reglamentaria en tiempo real que reduce el error arbitral en situaciones de alta polémica (fuera de campo, *goaltending*, posesión) con evidencia objetiva y trazable.

4. *Training Digital Twin*: un gemelo digital del jugador y del equipo, sincronizado dinámicamente con datos reales de entrenamiento y competición, que permite simular cargas, proyectar recuperación y planificar microciclos con base empírica. El concepto de *digital twin* (Grieves & Vickers, 2016) exige sincronización dinámica continua con el sistema físico real, no solo un modelo estático.
5. *Smart Arena Operating System*: una plataforma integrada de gestión de energía, flujos de personas, mantenimiento predictivo y *fan engagement* que opera el recinto como un sistema inteligente.

6.3 Hoja de ruta pragmática

El error más común en los ecosistemas tecnológicos es intentar construir todo a la vez. La hoja de ruta del cluster debe secuenciar la inversión según el ROI demostrable y la madurez tecnológica de cada componente.

La Fase 1, orientada a ROI directo y escalable, incluye el tiro instrumentado con *feedback* en tiempo real (mayor ROI en amateur, alto valor percibido, bajo coste de instalación), la automatización del entrenamiento con *wearables* y analítica de carga (ROI demostrable en reducción de lesiones y mejora del rendimiento), y la gestión energética y de operación del recinto (ahorro de costes medible desde el primer día). Estos tres elementos pueden desarrollarse en paralelo con inversión moderada y resultados verificables en el primer año.

La Fase 2, centrada en tiempo real y producto mediático, incluye el despliegue de telemetría en vivo para *staff* y *broadcast*, el *fan engagement* instrumentado con apps y experiencias contextuales, y la analítica avanzada de tracking para EPV, defensa medible y *scouting* automatizado. Esta fase requiere inversión mayor en infraestructura de red y en plataformas de integración de datos, pero genera los primeros activos de ingresos directos vinculados a datos.

La Fase 3, de homologación y automatización avanzada, incluye la asistencia reglamentaria certificada para ligas y federaciones, las certificaciones de interoperabilidad global del *Basketball Telemetry Standard*, y el despliegue del *Training Digital Twin* a escala. Esta fase transforma el *cluster* de un conjunto de productos en una industria con estándares propios, lo que crea barreras de entrada para competidores sin certificación y posiciona el ecosistema como referencia global.

Propuesta de foco estratégico: si hubiera que elegir un único "producto tractor" para acelerar todo el ecosistema, debería ser el *Basketball Telemetry Standard*, el estándar abierto de telemetría y calidad del dato. Sin ese lenguaje común, todo lo demás (las plataformas de entrenamiento adaptativo, el *Smart Arena OS*, el arbitraje asistido) tendrá que construirse en silos que luego necesitarán costosas integraciones. Con ese estándar, el mercado puede escalar porque permite que muchos actores compitan e innoven sin romper la compatibilidad del ecosistema.

LAS 3 FASES DEL ECOSISTEMA IoT EN BALONCESTO: DEL ROI A LA INDUSTRIA

Un roadmap claro para transformar datos en rendimiento, ingresos y estándares globales



ESTRATEGIA CLARA: DE LA MEDICIÓN A LA MONETIZACIÓN Y LA CREACIÓN DE UNA INDUSTRIA CON ESTÁNDARES PROPIOS

CONCLUSIÓN

El IoT aplicado al baloncesto es, en esencia, la oportunidad de industrializar la medición y convertirla en decisiones mejores y automatizaciones con valor verificable. La élite ya marca el rumbo con el despliegue de tracking óptico 3D con latencia sub-segundo en la NBA convierte el dato en infraestructura operativa, no solo en análisis post-partido. El movimiento hacia *wearables in-game* en Europa apunta a cerrar la brecha entre entrenamiento y competición. Y los casos NCAA donde se transmiten datos al banquillo en tiempo real confirman que la frontera del partido se está abriendo a la telemetría operacional.

Pero el verdadero mercado global y potente no nace de que existan estas tecnologías. Nace de que se estandaricen, se gobiernen y se conecten a ROI verificable. Sin interoperabilidad, el mercado se fragmenta en silos. Sin evidencia, se llena de promesas sin respaldo. Sin gobernanza, el jugador desconfía y sabotea la adopción. Sin ciberseguridad, el recinto se convierte en un riesgo operacional y reputacional.

Los sectores que ya han recorrido este camino, la industria militar en monitorización fisiológica, la medicina en *wearables* clínicos, la manufactura en mantenimiento predictivo y los *smart buildings* en gestión energética, han resuelto una parte importante del problema técnico. El *cluster* del baloncesto no tiene que inventar la rueda, tiene que traducirla al lenguaje del juego. Y el baloncesto tiene una ventaja estructural para hacer esa traducción: es un deporte de entorno controlado, alta densidad de acciones y fuerte industria mediática, lo que significa que cada mejora en medición puede traducirse en tres tipos de valor simultáneos: ventaja competitiva, eficiencia operativa y producto mediático.

La amenaza para este mercado es también clara, si IoT se convierte en una carrera de *dashboards* y "nuevas métricas" sin trazabilidad, el sector se llenará de ruido, se erosionará la confianza del jugador y del entrenador, y se frenará la adopción. La solución es exactamente la misma que en cualquier industria madura, es decir auditoría, claridad de definiciones, separación de descripción, explicación y predicción y foco en variables accionables por rol. En IoT, eso se traduce en gobernanza de datos, estándares abiertos, seguridad desde el diseño y productos con KPI de valor demostrable.

La transformación que el IoT ofrece al baloncesto no es solo tecnológica, es cultural. Pasar del "dato discutible" al "dato industrial" implica cambiar la forma en que entrenadores, analistas, directivos, árbitros y operadores de recintos toman decisiones. Implica construir confianza en el dato y en los modelos que lo interpretan. Y eso, más que cualquier sensor o plataforma, es lo que determinará si este mercado escala o se queda en demo permanente.

El IoT en baloncesto no es la promesa de que los datos lo resolverán todo, es la ingeniería de hacer que el dato sea confiable, llegue cuando importa y se conecte con quien tiene que actuar. Eso no lo hace la tecnología sola, lo hace el diseño de sistemas donde medición, interpretación y acción están integradas. Y eso es lo que convierte un gadget en una industria.

REFERENCIAS

- Bornn, L., & van Bommel, M. (2017). Adjusting for scorekeeper bias in NBA box scores. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 13(3), 119–133.
- de Vries, H. J., et al. (2025). Real-time monitoring of military health and readiness. *Frontiers in Digital Health*.
- ESPN. (2023, March 9). NBA to use Hawk-Eye tracking system to follow players, ball. ESPN.com.
- Fagan, M., et al. (2021). IoT Device Cybersecurity Guidance for the Federal Government (NIST SP 800-213). National Institute of Standards and Technology.
- Fagan, M., et al. (2021). IoT Device Cybersecurity Capability Core Baseline (NIST SP 800-213A). National Institute of Standards and Technology.
- Forbes. (2019, August 29). NCAA Grants Waiver To Mountain West For In-Game, Real-Time Analytics. Forbes.com.
- Friedl, K. E. (2018). Military applications of soldier physiological monitoring. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(11), 1147–1153.
- Genius Sports. (2022, November). Genius Sports tracking technology approved by FIFA Quality Programme for EPTS. GeniusSports.com.
- Grieves, M., & Vickers, J. (2016). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In F.-J. Kahlen, S. Flumerfelt, & A. Alves (Eds.), *Transdisciplinary perspectives on complex systems* (pp. 85–113). Springer.
- ISO/IEC. (2016). ISO/IEC 20922:2016 Information technology — Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) v3.1.1. ISO.
- KINEXON Sports. (2024). Providing Basketball Analytics for FIBA. KINEXON.com.
- KINEXON Sports. (n.d.). EuroLeague Approves In-Game Wearables: A Turning Point for Basketball Performance. KINEXON.com.
- NBA Communications. (2023, March 9). NBA and Sony's Hawk-Eye Innovations launch strategic partnership beginning with 2023–24 season. NBA.com.
- Noah Basketball. (n.d.). Products from Noah Basketball. NoahBasketball.com.
- OASIS. (2014, October 29). MQTT v3.1.1. OASIS Standard.
- OASIS. (2016, July 19). OASIS MQTT Internet of Things Standard Now Approved by ISO/IEC JTC1. OASIS-Open.org.
- OPC Foundation. (2015, April 22). Update for IEC 62541 (OPC UA) Published. OPC-Foundation.org.
- ShotTracker. (2025, January 14). NCAA Allows ShotTracker Tech on Bench for Mountain West Games. ShotTracker.com.
- Sports Video Group. (2023, March 9). NBA Taps Sony's Hawk-Eye for Data-Tracking Beginning with 2023–24 Season. SVG.org.
- TU Delft Repository. (2021). A case study at the Johan Crujff Arena: Smart tools for crowd control, maintenance, and ticketing.
- Warriors/Chase Center. (2022, October 4). Warriors and Chase Center elevate fan experiences with Aruba Wi-Fi 6E. NBA.com.

- Wired. (2025, July 29). This Smart Basketball Tracks Data About Every Shot. Wired.com.
- Zebra Technologies. (2014). NFL Next Gen Stats: RFID tracking and player data initiatives. Zebra.com.

INTRODUCCIÓN.....	2
<i>El estado actual del IoT que ya existe en baloncesto.....</i>	<i>4</i>
LO QUE LA TECNOLOGÍA YA MIDE EN EL BALONCESTO	5
<i>1.1 Tracking óptico 3D: la pista como sensor continuo</i>	<i>5</i>
<i>1.2 El problema de la democratización: el gran mercado pendiente</i>	<i>6</i>
<i>1.3 Localización por radio (UWB, RFID, BLE): del "dónde" al "cuándo" con baja latencia.....</i>	<i>6</i>
<i>1.4 Instrumentación del tiro. El IoT más democratizable y el de mayor ROI en amateur.....</i>	<i>8</i>
<i>1.5 La oportunidad de la interoperabilidad en shooting telemetry.....</i>	<i>9</i>
<i>1.6 Datos en tiempo real para banquillo, broadcast y fan engagement</i>	<i>10</i>
<i>1.7 El sesgo de anotador y la promesa de auditoría del IoT</i>	<i>10</i>
AUTOMATIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO Y LA SALUD.....	11
<i>2.1 Wearables: qué aportan de verdad y qué es ruido</i>	<i>11</i>
<i>2.2 Dónde aparece el ruido y cómo evitarlo.....</i>	<i>12</i>
<i>2.4 La medicina digital como estándar de evidencia.....</i>	<i>13</i>
<i>2.5 Automatización del entrenamiento. El edge computing y el entrenador como director de orquesta</i>	<i>14</i>
EL PABELLÓN COMO SMART VENUE: PÚBLICO, SEGURIDAD, ENERGÍA Y EXPERIENCIA	15
<i>3.1 Conectividad, como sistema nervioso del evento</i>	<i>15</i>
<i>3.2 Gestión de flujos y seguridad: medir densidad para actuar, no para vigilar.....</i>	<i>15</i>
<i>3.3 El pabellón inteligente al estilo Disney. Fan engagement instrumentado.....</i>	<i>16</i>
<i>3.4 Energía y mantenimiento. El ROI silencioso y enorme del Smart Building</i>	<i>17</i>
<i>3.5 Arbitraje y automatización de reglas. Tecnología al servicio de la integridad.....</i>	<i>18</i>
IMPORTAR TECNOLOGÍA DE OTROS DEPORTES E INDUSTRIAS	19
<i>4.1 La NFL y el fútbol</i>	<i>19</i>
<i>4.2 La industria militar. Monitorización fisiológica y "readiness" aplicada al atleta</i>	<i>20</i>
<i>4.3 La industria médica. Estándares de evidencia.....</i>	<i>21</i>
<i>4.4 El IIoT industrial. Mantenimiento predictivo, edge AI y el atleta como activo</i>	<i>21</i>
<i>4.5 Estándares tecnológicos.....</i>	<i>22</i>
MERCADO GLOBAL. STACK, COMPRADORES Y MODELO DE CLUSTER	25
<i>5.1 El stack tecnológico de una Basketball IIoT Platform</i>	<i>25</i>
<i>5.2 Casos de uso con comprador.....</i>	<i>25</i>
<i>5.3 Métricas de valor real</i>	<i>27</i>
<i>5.4 Riesgos que pueden matar el mercado y cómo diseñar para evitarlos</i>	<i>27</i>
PROPUESTA DE CLUSTER GLOBAL: ACTORES, PRODUCTOS Y HOJA DE RUTA	29
<i>6.1 Agentes del cluster y sus roles</i>	<i>29</i>
<i>6.2 Los cinco productos core del cluster.....</i>	<i>29</i>
<i>6.3 Hoja de ruta pragmática.....</i>	<i>30</i>
CONCLUSIÓN	32
REFERENCIAS	33

EL INTERNET DE LAS COSAS EN EL BALONCESTO

CÓMO TRANSFORMAR EL JUEGO EN UN SISTEMA MEDIBLE, AUTOMATIZABLE Y ECONÓMICAMENTE ESCALABLE

© 2026 Sergio Colado García - scolado@nechigroup.com

Uso y difusión del contenido

El presente informe, titulado “*El Internet de las Cosas en el Baloncesto. Cómo transformar el juego en un sistema medible, automatizable y económicamente escalable*”, puede ser compartido, citado y difundido con fines educativos, académicos y de divulgación del conocimiento.

Se invita expresamente a la libre circulación de sus ideas y contenidos, siempre que se respete la autoría intelectual y se cite de forma clara y obligatoria la fuente original, incluyendo el nombre completo del informe y su autor. Cualquier uso total o parcial del presente documento deberá realizarse sin alterar el sentido del análisis ni descontextualizar sus conclusiones.

Citación

Colado García, Sergio (2026). *El Internet de las Cosas en el Baloncesto. Cómo transformar el juego en un sistema medible, automatizable y económicamente escalable*. Disponible en: www.sergiocolado.com

La omisión de esta referencia o la alteración del sentido del contenido no está autorizada.