BARÇA
INNOVATION HUB
Universitas

TECNOLOGÍA EN EL DEPORTE

MÓDULO 2: EVALUACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGÍA

Unidad 2.1: Medición de la calidad

Tema 2.1.1: ¿Por qué es necesario evaluar?

La evaluación de la tecnología no suele considerarse como uno de los aspectos más comunes en el deporte, pero sin duda es uno de los más importantes. Existen varias razones por las cuales todas las tecnologías deben ser evaluadas (y a veces la evaluación debe ser continua) antes de implementarlas en el deporte.

- Control de calidad: Las preguntas relacionadas con la calidad son: ¿La tecnología logra lo que pretende hacer? ¿Lo hace de manera consistente? ¿Existen diferencias significativas entre las diferentes versiones de la tecnología? ¿Qué tan resistente es la tecnología cuando se utiliza en el campo? ¿Mantendrá su calidad a largo plazo? La calidad está estrechamente vinculada con la validez y la fiabilidad, cuyos conceptos se analizan con mayor detalle en el Tema 2.1.2 y 2.1.3 a continuación.
- Potencialidad Las preguntas relacionadas con la potencialidad son: ¿Qué utilidad se le da a la tecnología dentro de la organización, aparte de la prevista? ¿Podría utilizarse para otros fines o combinarse con dispositivos existentes? ¿Se puede construir y extender para que abarque nuevas iniciativas y proyectos en el futuro?
- Seguridad: Está claro que la tecnología debe considerarse segura antes de que su uso sea promocionado o sea obligatorio en el entrenamiento deportivo o la competencia. Sin embargo, a veces lograr hacerlo no es tan fácil como parece. Llevar a cabo un experimento de seguridad válido en el mismo entorno dinámico y complejo en los cuales normalmente se llevan a cabo las competencias, es casi una actividad diametralmente opuesta. También puede ser un proceso lento y costoso. Además, en algunos casos, es una de las situaciones más extremas y poco probables ya que su uso tiene que ser evaluado con el fin de comprobar su seguridad. Estas características, a veces, son difíciles de replicar en un escenario de prueba.
- Análisis comparativo: Si existen otras tecnologías similares o fabricantes de la misma tecnología, ¿cómo se pueden comparar? ¿Cómo se compara un nuevo lanzamiento de algún tipo de tecnología con una versión anterior?
- Valor: Debe considerar las siguientes preguntas: ¿Vale la pena el costo u ofrece un retorno de la inversión? ¿La inversión generará beneficios a corto y largo plazo? ¿Cuál es el costo de no utilizar la tecnología?

Existe una gran cantidad de trabajos dentro de la literatura deportiva mediante los cuales se pueden analizar la calidad y la adecuación de las evaluaciones o los instrumentos de prueba para su uso en el campo (ver Currell y Jeukendrup, 2008; Robertson, et al., 2014). Muchos de estos trabajos proponen marcos con bases en la teoría de la medición o la psicometría, y algunos son fácilmente transferibles a la evaluación de la tecnología. Uno de ellos (Robertson, et al., 2017) propone que se puedan considerar las tres categorías para definir las características de medición (validez, fiabilidad, receptividad y percepción). También deben evaluarse las propiedades de viabilidad de la tecnología para determinar su aplicabilidad en el campo. Estas propiedades se analizan en el resto de este módulo.

Tema 2.1.2: Validez

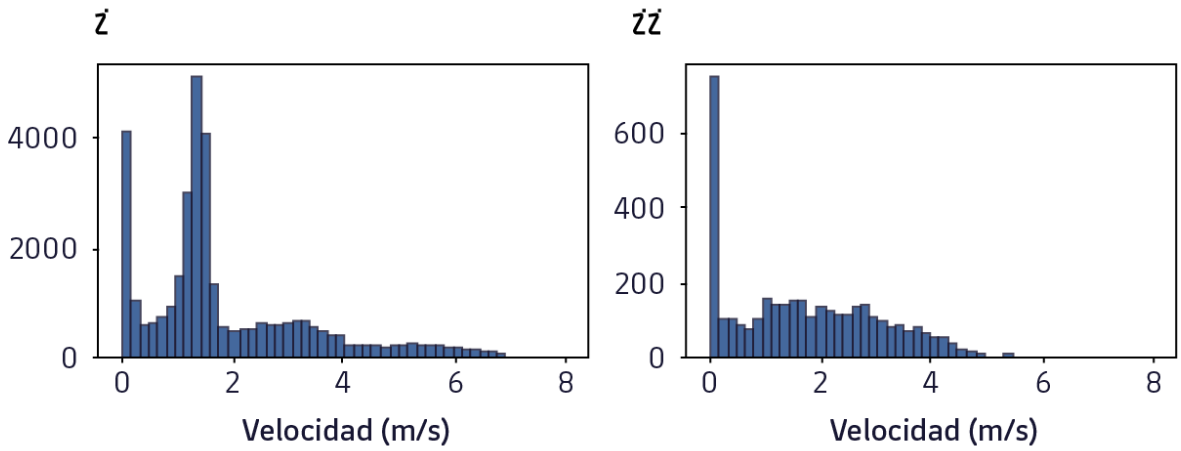
La mayoría de las personas cualificadas con educación científica mínima, comprenderán el concepto de validez. Lo que tal vez se desconoce, es que existen numerosos tipos de validez. Si logran determinar la calidad de una tecnología, algunos de ellos deberán ser tenidos en cuenta.

- *Coexistente:* Este tipo de validez busca determinar la relación del resultado de una tecnología determinada con otras medidas similares que se obtienen al mismo tiempo (Streiner, et al., 2015). Por ejemplo, si se compara un nuevo método con un método establecido para medir el VO2 máximo en el mismo participante, la diferencia que registra comparado con el tradicional, se puede tomar como una descripción de su validez concurrente (cuando el método establecido se reconoce como "el modelo de referencia", y la validez concurrente puede considerarse como validez de criterio). En el ejemplo anterior, un registro máximo de VO2 de 65 ml / (kg.min) frente a un valor registrado "real" de 64 ml / (kg.min) representaría claramente una sobrevaloración menor. Sin embargo, estos ejemplos rara vez son tan simples en la realidad, ya que normalmente se requiere información adicional acerca de cómo se recopilaron los datos.

  La mejor manera de determinar la validez concurrente de una tecnología es evaluarla directamente en un entorno de competencia (también denominada "validez ecológica"). Sin embargo, esto no se lleva a cabo, al menos en un comienzo, por razones de seguridad o viabilidad. En cambio, los ajustes de las pruebas generalmente se llevan a cabo en un laboratorio o en un entorno controlado.

Otro aspecto complicado de este proceso es comprender que no existe ningún método para establecer la validez concurrente. Esto se debe a que los resultados pueden variar según el formato de los datos que se utilizan para hacer la comparación, junto con la métrica de evaluación utilizada. Considere un ejemplo en el que un sistema electrónico de seguimiento del rendimiento (EPTS) que funciona a 10 Hz mide el desplazamiento de un jugador durante un partido de fútbol. En un nivel básico, una simple comparación de distancia con un método establecido podría proporcionar algunas ideas sobre la validez concurrente del sistema. Si el método establecido registró que el jugador cubrió 10.000 metros y el sistema EPTS registró 10.100 metros, se podría afirmar que sobreestima la distancia de seguimiento por 100 m para un partido típico, o el 1%. Sin embargo, ¿la ecuación es realmente tan simple? Como la competencia deportiva en equipo es dinámica y varía de un partido a otro, se requiere más información para obtener una descripción más completa de la validez. En el ejemplo anterior, para evaluar la validez ecológica (al menos parcialmente), sería importante que las condiciones de prueba experimentadas sean similares a aquellas de la competencia real (Consulte la Figura 2.1.2.a para un ejemplo hipotético)

Figura 2.1.2.a. Distribución de la velocidad de un futbolista i) en el marco de un partido y ii) analizando la validez concurrente de un EPTS. Los datos se recolectaron a 10 Hz, y el eje Y representa el número de pruebas en el rango de velocidad del eje X correspondiente.

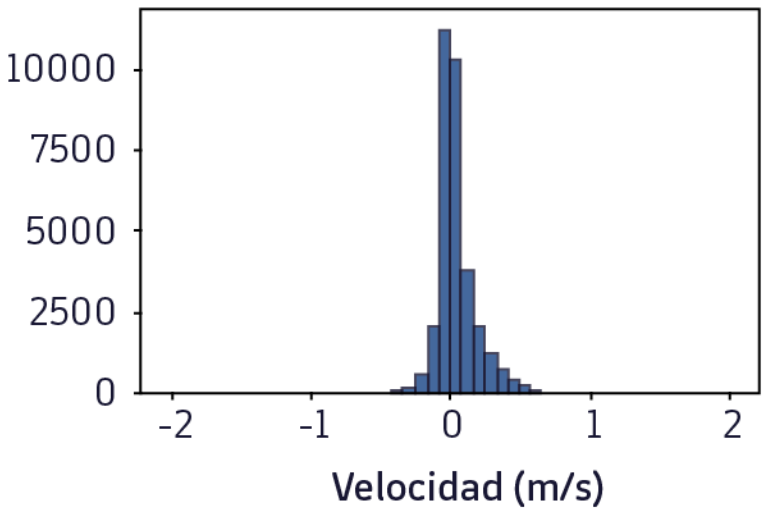


Fuente: Elaboración propia.

En la figura, la distribución de la velocidad registrada en la competencia se muestra a la izquierda (i), y la sesión de prueba a la derecha (ii). Se observa que, aunque el tiempo de las diferentes velocidades es similar en ambos entornos, existen pequeñas diferencias. En concreto, se dedica una mayor cantidad de tiempo a caminar (es decir, 2 m / s) en competencia, mientras que en la prueba hay más tiempo relativamente detenido (0 m / s). Si las pruebas fueran idénticas, entonces podría decirse que estamos ante la presencia de una validez ecológica "perfecta". Debido a que esto no sucede, si un sistema en particular es más o menos preciso a una determinada velocidad comparado con otro, estas diferencias pueden dar como resultado una perspectiva del rendimiento de la tecnología que puede ser más o menos importante. La figura 2.1.2.b ilustra las diferencias en la medición entre dos sistemas al mostrar la proporción de pruebas que coincidían, o que eran subestimadas o sobre-estimadas (vea el texto de la figura para más información). La gran cantidad de pruebas a la derecha de la línea cero en el eje X (como se muestra

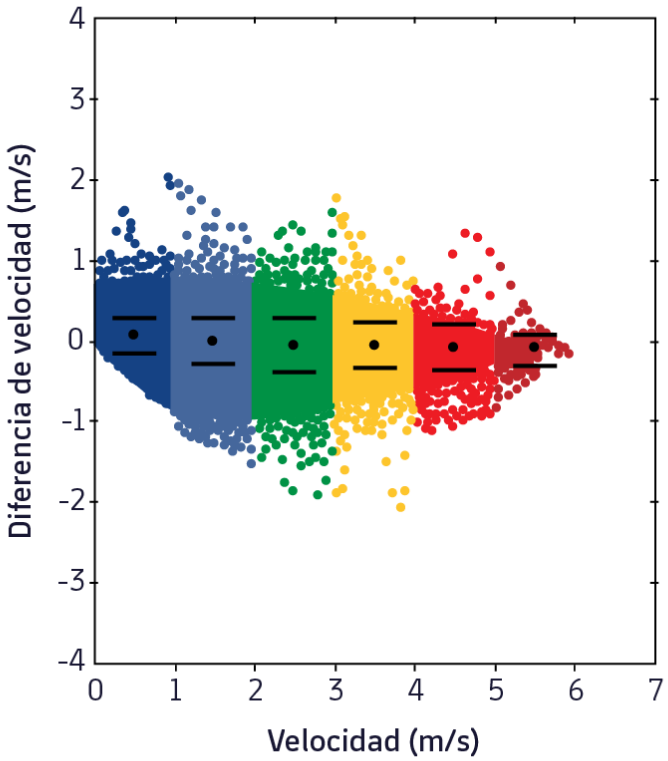
en el ejemplo) indica un mayor número de datos sobre-estimados; a la izquierda del cero, la línea indica una subestimación. La figura 2.1.2.c informa los mismos datos de un modo alternativo, ya que se pueden informar las diferencias entre el sistema de prueba y la medida establecida.

Figura 2.1.2.b. Distribución de diferencias en los cálculos d :idad por un sistema EPTS modelo y uno de referencia. El eje Y representa el número de pruebas, por este motivo, hay una mayor cantidad centrada alrededor de la marca cero. El eje X indica que existe una coincidencia más marcada entre los dos sistemas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.1.2.c. Distribución de las diferencias entre el método establecido para medir la velocidad (eje X) y el método de prueba (eje Y). Cada punto representa 0,1 s (1 prueba). Se utilizó color para agrupar arbitrariamente los datos en incrementos de 1 m / s para facilitar la comparación visual.

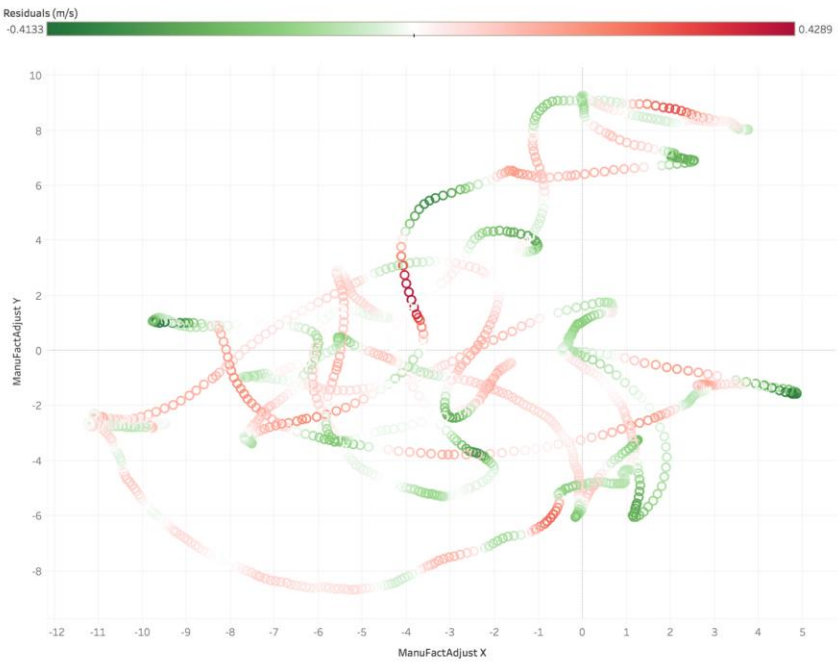


Fuente: Elaboración propia.

En el eje X, cada punto representa una prueba y una velocidad instantánea correspondiente; el punto en el eje Y representa el registro de una lectura más alta o más baja de la tecnología probada. Si los valores exhiben un número que supera la línea cero horizontal, entonces el sistema probado sobreestima sistemáticamente el método establecido y viceversa. Por lo tanto, este gráfico muestra exactamente los mismos datos de la figura 2.1.2.b, pero utilizando una técnica de visualización

diferente. Sin embargo, aquí también se puede investigar cómo influye la velocidad en las diferencias entre sistemas. Por ejemplo, una mayor dispersión de los valores que se registran lejos de la línea horizontal cero, en ambas direcciones a velocidades más altas en comparación con las velocidades más bajas (a veces denominada 'heterocedasticidad') significa que los sistemas coinciden menos cuando el atleta corre a diferencia de cuando camina o trota. Otro método para visualizar los mismos datos, teniendo en cuenta al destinatario, es examinar los datos en función de sus características espaciales (figura 2.1.2.d).

Figura 2.1.2.d. Descripción de la sobreestimación o subestimación de un sistema EPTS en comparación con un método establecido. El trazo representa la ubicación XY de un jugador. El rojo más oscuro indica una sección de subestimación, mientras que el verde más oscuro indica una sección de sobreestimación.



Fuente: *Elaboración propia.*

En este ejemplo, se describe la ubicación XY del jugador, y se diferencia con color la velocidad registrada por el sistema probado con respecto al método establecido para visualizar. En este ejemplo, el rojo más oscuro indica períodos del trazo en los que el sistema probado informa mayor velocidad que el método establecido, y el verde representa una subestimación. Utilizar un video ayudaría a brindar una mayor comprensión de los tipos de movimientos que conducen a que el sistema coincida menos con el método existente.

La figura anterior representa solo algunas de las formas posibles mediante las cuales se puede evaluar la validez del sistema a través de diversos contextos y visualizaciones. Existen infinitas posibilidades para llevar a cabo estas comparaciones. Sin embargo, debe quedar claro que, si se considera una sola validez para el sistema o medida o visualización que coincida, es probable que esto sea inapropiado para su uso en el campo, independientemente del tipo de tecnología utilizada. Por lo tanto, la conclusión principal es que pocas veces un solo número proporcionará una buena descripción de la validez de una tecnología y que se requiere una variedad de métricas, análisis y visualizaciones para obtener una comprensión más completa.

- Contenido: Este tipo de validez es más conceptual que concurrente, ya que se refiere a cuánto puede abarcar la tecnología para medir o desarrollar la comprensión del contenido de un constructo determinado (Robertson, et al., 2014). Siguiendo el ejemplo anterior del sistema EPTS, supongamos que un entrenador quiere evaluar el rendimiento físico de un jugador en un partido. Una pregunta fundamental relacionada con la validez del contenido del sistema EPTS, sería en qué medida podría capturar la totalidad del constructo del "rendimiento físico". Para responder a la pregunta, el entrenador primero deberá enumerar todas las características que considere importantes en un jugador con respecto a los factores físicos de la competencia. Si bien el sistema EPTS puede proporcionar datos adecuados para evaluar la velocidad y, potencialmente, la aceleración del jugador, puede ser menos apropiado para comprender cómo saltó el atleta en ciertas competencias principales o la fuerza que ejerció cuando se enfrentaba con su oponente. Por lo tanto, para evaluar completamente el rendimiento físico, se requieren otras tecnologías o evaluaciones (como por ejemplo, unidades de medición inercial y análisis visual) y el sistema no podrá revelar una validez del contenido

completa para medir el constructo determinado del "rendimiento físico". Por lo tanto, la validez del contenido no siempre debe considerarse como una medida de la "calidad" de una tecnología en sí misma, ya que algunas tecnologías no están diseñadas para medir constructos completos. Vale la pena señalar en este ejemplo que la validez del constructo en sí mismo también merece una investigación. Por ejemplo, una investigación de este tipo no revela hasta qué punto el rendimiento físico es realmente importante para el "rendimiento futbolístico" general. Esta pregunta no está vinculada directamente a la tecnología en sí misma. Además, lo que puede describirse como una validez del contenido incompleta en un deporte, puede ser todo lo contrario en otro; por ejemplo, un medidor de potencia conectado a una bicicleta puede brindarle toda la información relevante al entrenador con respecto al rendimiento físico en ese deporte determinado, pero queda claro que su uso sería inapropiado en la mayoría de los deportes de equipo.

-
- Predictivo: La predicción se considera, con frecuencia, algo "sagrado" en muchas actividades científicas, y en la tecnología deportiva ocurre algo similar. Tal como indica su nombre, este tipo de validez se refiere a la capacidad de la tecnología para ser utilizada con fines predictivos (Streiner, et al., 2015). Existen numerosos ejemplos dentro del ámbito deportivo en una amplia variedad de aplicaciones. Por ejemplo, los sensores portátiles brindan un feedback auditivo o táctil sobre la técnica de un atleta en función de un patrón de movimiento específico que se predice y corresponde a un "buen" resultado (Düking, et al., 2017). Los ejemplos incluyen modelos de datos deportivos que se utilizan para predecir los resultados de la competencia en casi cualquier deporte (Haghighat, et al., 2013) y también incluyen la predicción de las fuerzas de fricción en el calzado en función del suelo de césped natural (Guisasola, et al., 2009) El uso generalizado de los métodos de aprendizaje automáticos, condujo a que se lleve a cabo una exploración simultánea de la aplicación de la tecnología con fines predictivos. Sin embargo, a veces, esto ha ido de la mano con una falta de comprensión sobre cómo funcionan dichos modelos (Robertson, et al., 2017). Por lo tanto, aunque la validez predictiva todavía puede considerarse como una de las medidas de calidad más valiosas para una tecnología, también es importante que el usuario final tenga un mínimo conocimiento acerca de cómo se originó la predicción.

También existen otros tipos de validez: la validez discriminante y convergente; sin embargo, debido a que no representa una mayor importancia para la evaluación de la tecnología, no se discuten aquí. Consulte a (Streiner, et al., 2015) para profundizar sobre el tema.

Tema 2.1.3: Fiabilidad.

La evaluación que más se aplica para comprobar la calidad de las tecnologías en el deporte es volver a comprobar la fiabilidad. Se refiere a la consistencia de los resultados obtenidos por una tecnología en múltiples instancias registradas (Terwee, et al., 2010). Estas instancias suelen estar separadas en períodos de tiempo relativamente cortos; por lo general, minutos u horas, o algunas veces días. El proceso de volver a comprobar la fiabilidad considera las diferencias entre las sesiones de prueba que se originan de manera sistemática (en función de la tecnología) y aleatoriamente (en función del entorno y / o del usuario). Por lo tanto, aunque sirve para proporcionar una buena descripción general de la variabilidad en la tecnología probada, no necesariamente identifica la fuente que indica dónde radica esta variabilidad.

La repetibilidad y la reproducibilidad son dos términos que, en general, se utilizan para separar los contribuyentes sistemáticos y aleatorios de cualquier diferencia entre pruebas (Bartlett y Frost, 2008). El primero se refiere a lo que muchos considerarían como la comprensión tradicional de la fiabilidad de laboratorio: en qué medida el resultado de la tecnología se puede repetir bajo las mismas condiciones al volver a comprobar la fiabilidad. En consecuencia, la repetibilidad es de gran importancia dentro de escenarios sumamente repetitivos que se reproducen en el mismo entorno. El último, se refiere al grado de confianza que adquiere la tecnología una vez que se prueba en una variedad de individuos, escenarios y deportes. Si bien establecer la repetibilidad puede ser un primer paso importante para muchas tecnologías, para aquellos que buscan una utilización sostenida y generalizada en la industria deportiva, la reproducibilidad es fundamental.

Existen otros dos métodos que son importantes para las tecnologías que requieren la participación humana para su funcionamiento: la fiabilidad inter e intra-evaluador Debido a que ambas formas se relacionan con la generación de diferencias aleatorias en las pruebas repetidas de una tecnología, estas características muestran cierta relación con la reproducibilidad. La primera, la fiabilidad inter-evaluador, se refiere al nivel de coincidencia en el resultado de la tecnología luego del uso repetido de dos o más personas diferentes (Baumgartner y Jackson, 1998). Por lo tanto, es muy importante que las tecnologías sean utilizadas por diferentes individuos dentro de una organización y en ese tipo de situaciones, mientras que la calidad del uso podría diferir según el nivel de capacitación o

experiencia de cada individuo. El último, la fiabilidad intra-evaluador, puede considerarse esencialmente un sub-componente de la reproducibilidad, ya que se relaciona con la variabilidad en el resultado luego del uso repetido de una tecnología por la misma persona (Baumgartner y Jackson, 1998). Aunque esto podría considerarse una descripción del nivel de habilidad y consistencia que caracteriza al individuo en sí mismo, la tecnología más compleja puede ser más difícil de utilizar de manera consistente, incluso cuando es utilizada por alguien que se encuentra capacitado para su uso.

Una consideración final relacionada con la fiabilidad de la tecnología es la estabilidad. La estabilidad es similar al proceso de volver a comprobar la fiabilidad, aunque existe una diferencia clave que es la duración más larga de tiempo, por ejemplo, su proceso de volver a comprobar la fiabilidad luego de reiteradas evaluaciones, puede tardar meses y años (Schmidt, et al., 2003). La estabilidad es de particular relevancia para la tecnología que se espera que cambie o se degrade con el tiempo después de un uso repetido, como es el caso de maquinarias o equipos que requieren calibración.

Algunos ejemplos de evaluaciones de fiabilidad de la tecnología deportiva que se pueden encontrar en la literatura son los siguientes:

- La fiabilidad de cinco tecnologías diferentes utilizadas para medir la velocidad de la barra en el levantamiento de pesas (por su título en inglés, "The reliability of five different technologies used to measure bar velocity in weightlifting", Courel-Ibáñez, et al., 2019)
- Fiabilidad inter e intra-dispositivo de un acelerómetro utilizado en el seguimiento de jugadores en deportes de equipo (por su título en inglés, "Inter and intra-device reliability of an accelerometer used in player tracking in team sports", Nicolella, et al., 2018)
- Fiabilidad inter e intra-evaluador de estadísticas de fútbol en vivo capturadas por un operador comercial (por su título en inglés, "Inter and intra-rater reliability of live football statistics captured from a commercial operator", Liu, et al., 2013)

Tema 2.1.4: Receptividad y percepción

La receptividad de una tecnología se puede definir como su capacidad para detectar cambios "reales" e importantes (Beaton, et al., 2001). Por lo tanto, esta característica es

menos relevante para las tecnologías que entregan resultados sin procesar a un usuario y es más importante para aquellas que realizan algún tipo de análisis o interpretación de los datos antes de compartirlos con el usuario. Debido a que tiene en cuenta la aplicación real de la tecnología en términos de su análisis e interpretación, también sirve para proporcionar una evaluación de la interacción entre la tecnología y el humano. Existe un debate importante con respecto a las diferencias (o no diferencias) entre términos como receptividad, percepción y la más mínima diferencia importante. Por lo tanto, se recomienda dividir la receptividad en tres facetas principales cuando se evalúe la calidad de una tecnología. Tales facetas se denominan quiénes, cuáles y qué (Beaton, et al., 2001).

- Quiénes: Esto determina si el resultado de la tecnología analizado a lo largo del tiempo se relaciona con un individuo o un grupo. Esta es una diferencia importante desde una perspectiva de interpretación; los humanos tienden a subestimar los cambios observados a nivel individual en comparación con los de un grupo. Por ejemplo, una disminución de 5 mm en la presión arterial diastólica debido a la influencia de una tecnología determinada, puede no ser significativa para un solo individuo; por otro lado, cuando se trata de un cambio medio en un grupo de individuos, puede considerarse significativo (Deyo y Patrick, 1995).
- Cuáles: Esto se refiere a la duración de cualquier comparación realizada entre resultados obtenidos de una tecnología. Idealmente, los cambios en un resultado a lo largo del tiempo, se observarían en el mismo individuo o grupo de individuos. Sin embargo, esto no siempre es factible, particularmente con la recopilación de datos repetidos durante períodos de tiempo más largos (por ejemplo, en deportes profesionales, los planteles o los equipos de jugadores pueden cambiar sustancialmente año tras año). En ocasiones, se pueden utilizar enfoques híbridos que combinan comparaciones entre diferentes individuos y entre ellos mismos.
- Qué: Esto se refiere a la naturaleza del cambio que puede ser detectada por la tecnología. Por lo tanto, la faceta en sí misma se puede dividir en cinco tipos. Existen varias ecuaciones que pueden utilizarse para definir cuantitativamente cada una de las cinco; sin embargo, en aras de la brevedad, estas no se detallan aquí (consulte Beaton, et al., 2001 para más información).
    - *Las capacidades mínimas de cambio detectables de la tecnología:* Esto esencialmente considera la resolución de la salida de datos. Por ejemplo, un dispositivo de cronometraje que puede medir con una precisión de 1/10 de segundo puede ser lo suficientemente apropiado para su uso en el

cronometraje del tiempo de vuelta de un atleta en el entrenamiento. Sin embargo, no será adecuado para determinar el resultado de una final de 100 m en un Campeonato Mundial.

- *Las capacidades mínimas de cambio real de la tecnología:* Tienen las mismas características que las anteriores, pero también consideran el error inherente a la tecnología (cuando es detectado). A veces se lo conoce como el "cambio apenas detectable".
- *El cambio observado entre mediciones utilizando la tecnología en una población determinada:* Incluye cambios positivos y negativos obtenidos como consecuencia de la tecnología y considera el cambio en todo el grupo y no los individuales. A veces se lo conoce como "cambio observado".
- *Cambio observado en una población que ha mejorado:* Describe las características de una población determinada que mejoró como consecuencia de la tecnología. Por ejemplo, esto podría referirse a un escenario en el que un grupo de atletas lesionados que utilizaron cierta tecnología volvieron a los niveles de fuerza muscular inicial más rápidamente de lo normal en un período de tiempo determinado. A veces se lo conoce como "cambio estimado".
- *Cambio observado en una población que ha mejorado significativamente:* Tomando como ejemplo el escenario anterior, también podría referirse a evaluar solo a aquellos atletas que no solo volvieron a la fuerza muscular inicial, sino que también volvieron con seguridad al entrenamiento o la competencia.
  A veces se lo conoce como "cambio importante".

Este módulo ha resumido las características más importantes relacionadas con la calidad de una tecnología y su aplicación en el deporte. Aunque muchos de los elementos serán relevantes para cualquier tecnología, vale la pena señalar que algunos son más específicos para ciertos tipos, contextos o aplicaciones que otros. En el tema 4.1.1 se presenta un marco funcional mediante el cual estos indicadores de calidad pueden utilizarse de manera práctica en el campo.

Unidad 2.2: Viabilidad

Las características de viabilidad de una tecnología están relacionadas con la facilidad y conveniencia con las que se puede utilizar la tecnología en el entorno práctico. Tales características de calidad a menudo se consideran secundarias comparadas con las discutidas anteriormente, aquellas que pertenecen a la ciencia "más dura". Sin embargo, debido al enorme crecimiento de la tecnología que pasa de estar aislada en un laboratorio a ser utilizada en el campo, sin contar la competencia cada vez mayor en el mercado, la viabilidad ha tomado importancia de manera inmediata en las organizaciones deportivas. A continuación, se discuten cuatro cuestiones principales.

Tema 2.2.1: Complejidad

Para experimentar una implementación exitosa y continua en el campo, idealmente, se debe reducir la complejidad de la tecnología. Se pueden considerar varias opciones, dependiendo del carácter y la regularidad del uso de la tecnología:

- Configuración y mantenimiento: Desde la perspectiva de una organización deportiva, a menudo existirán múltiples lugares de entrenamiento y competencia. En tales casos, un procedimiento simple de configuración y mantenimiento ayuda a garantizar la coherencia en el resultado entre múltiples versiones de la misma tecnología. En situaciones donde existe una única versión de la tecnología, reducir la complejidad se vuelve aún más importante, ya que el sistema o dispositivo puede necesitar ser embalado, transportado, desempacado e instalado simplemente para que se utilice de manera rápida. Para que este proceso sea menos complejo, se puede optar por el cableado reducido, la comunicación inalámbrica y la mayor duración de la batería.
- Extracción y utilidad de datos y resultados: Muchas tecnologías van acompañadas de un software que incorpora la interfaz gráfica del usuario (GUI) para facilitarle la evaluación del resultado. Algunas de estas GIUs se podrán configurar para el usuario. Sin embargo, la extracción de los datos en un formato básico no siempre es posible. Esto puede generar problemas, ya que el usuario puede tener varias razones para solicitarlo, una de ellas es

realizar su propia evaluación de la calidad de los datos, o aplicarla a su propio análisis, o reutilizar los datos para diversos usos (vea "Flexibilidad" a continuación.)

- Integración: Esto se refiere a la capacidad que tiene una tecnología para integrarse con procesos existentes o nuevos dentro de la organización. A veces, resulta difícil para los fabricantes de tecnologías insistir en su desarrollo, ya que deben anticiparse a las futuras tendencias en la industria del deporte y al desarrollo continuo para facilitar tales integraciones. Los ejemplos podrían incluir la combinación de datos cinéticos de una plataforma de fuerza con datos cinemáticos 3D obtenidos de otro fabricante, o la combinación de partidos y datos obtenidos por sistemas EPTS en deportes de equipo.
- Flexibilidad: La flexibilidad se ha convertido en un área cada vez más importante para los fabricantes y se analiza con mayor detalle en el Tema 2.2.4 a continuación. Anteriormente, se discutió el papel de las GUI en la personalización del usuario y las opciones de visualización flexibles. Sin embargo, este análisis a veces puede extenderse a todos los componentes de una tecnología. Por ejemplo, algunas tecnologías utilizadas en competiciones de deportes en vivo pueden requerir que el resultado sea casi en tiempo real y que esté disponible en diferentes formatos, todo depende si el contenido es requerido por un entrenador, los medios, la emisora o el juez. En ocasiones, estos datos pueden ser requeridos en múltiples formatos, utilizando diferentes filtros o técnicas de procesamiento.
- Multicolinealidad: Es un término utilizado específicamente en estadística, y se refiere a dos (o más) variables en un modelo que están fuertemente asociadas entre sí (Alin, 2010). A menudo, una acción resultante de tales escenarios es que una o más de las variables se descartan, para crear una solución más simple utilizando una sola variable. Esto es importante en tecnologías que generan múltiples variables como parte de su función básica y que a menudo pueden causar problemas para el usuario. Por ejemplo, un fabricante de plataformas de fuerza que genera 10 variables en su software y todas informan sobre constructos similares (por ejemplo, derivados de la fuerza) puede causar confusión en el usuario sobre cuántas se deben utilizar para informar procesos y decisiones. La inclusión de más variables también puede dar como resultado que el usuario insista demasiado en el resultado del dispositivo, potencialmente en detrimento de otra información.

De más está decir que no toda la tecnología siempre es fácil de utilizar, a veces, sobre todo en las primeras etapas de la nueva innovación. Sin embargo, los fabricantes que resaltan las características anteriores en el desarrollo de sus productos, experimentarán el éxito y obtendrán comentarios positivos de los clientes y sus productos se utilizarán de manera continua.

Tema 2.2.2: Costo

El costo es un concepto que habla por sí mismo, pero con respecto a la evaluación de la tecnología se refiere a algo más que dinero. El costo también está relacionado con la inversión de tiempo requerida tanto antes de utilizar una tecnología como en una capacitación continua. En el caso del primero, esto involucra al tiempo, al desembolso financiero y a la experiencia suficiente para evaluar el mercado así se puede realizar la selección más adecuada. Si la venta de un tipo de tecnología está particularmente saturada, puede ser un proceso largo y abrumador. Además, si la tecnología es compleja o nueva, puede requerir la experiencia y la participación del personal más experimentado dentro de una organización. En el caso del segundo, algunas tecnologías pueden requerir un servicio continuo y controles de calidad que también pueden incurrir en costos. Las tecnologías que producen grandes cantidades de datos, también suponen un costo continuo de almacenamiento y procesamiento de datos a través de medios computacionales.

A menudo, se realiza una evaluación del costo y se la compara con el beneficio general de la organización o las expectativas de los grupos de interés más importantes. Para el primer caso, a veces puede ser un ejercicio que involucra a múltiples partes interesadas. Tal es el caso en los deportes de equipo, que pueden compartir la tecnología entre equipos de hombres y mujeres, o equipos juveniles y de alto nivel, uno de los cuales puede darle un valor más alto que los otros, cambiando así la evaluación del costo. Por ejemplo, una organización puede estar más dispuesta a invertir en una tecnología que se utilizará con un equipo profesional y no con un equipo juvenil. Podría ocurrir algo similar en los programas deportivos de institutos o universidades cuando el beneficio es mayor para un nivel alto o deporte por sobre otros. Si la nueva tecnología está reemplazando a muchas otras, entonces puede haber menos resistencia a un gasto inicial más alto. Además, cuando la tecnología se utiliza como fuente de información complementaria para un criterio o proceso existente, su impacto a veces puede ser simplemente confirmatorio. Por lo tanto, debido a estas razones y al tiempo y la experiencia de los interesados en la evaluación de costos, puede ser difícil determinar con precisión su evaluación en términos cuantitativos.

Desde una perspectiva esperanzadora, a menudo se puede requerir el ejercicio interno de las "relaciones públicas" dentro de las organizaciones, para concientizar a los interventores acerca de los beneficios de una inversión o compra propuesta. Una vez más, las tecnologías

que demuestran un uso generalizado en una organización, o que facilitan una ventaja competitiva, pueden ser más fáciles de obtener. Esto, a veces, también está relacionado con cualquier determinación preconcebida de la utilidad de la tecnología. Cuando la utilidad se extiende a lo largo de un período de tiempo o a largo plazo, los humanos a menudo luchan por valorar su impacto tanto como cuando la influencia se siente más a corto plazo. Las organizaciones que están bien estructuradas y desarrolladas con respecto al uso de la tecnología y la innovación, suelen ser más propensas a utilizar tecnologías, debido a su valor estratégico y no están pendientes de recibir un retorno de inversión más tangible.

Tema 2.2.3: Capacitación requerida

La capacitación requerida para administrar y operar diversas tecnologías en el deporte contemporáneo no es un tema trivial. Las nuevas tecnologías que forman parte de las operaciones diarias de muchas organizaciones deportivas, requieren que las personas que trabajan en sus organizaciones se capaciten para saber cómo instalarlas, aplicarlas y resolver problemas, de modo que puedan hacer rendir su utilidad. Como se discutió en el Tema 1.2.2, es difícil lograr que el personal equilibre el tiempo que le dedica a la mejora de las nuevas tecnologías en comparación con sus conocimientos existentes. En algunas funciones dentro del deporte (por ejemplo, el análisis del rendimiento o la tecnología informática), se suele considerar que parte de esta función es desarrollar una mayor habilidad para utilizar las nuevas tecnologías. Sin embargo, para los equipos de entrenamiento y administración, a veces se requiere que un individuo tome la iniciativa. Esto también incluye a la gestión de los datos que derivan de la tecnología, que, como se discutió anteriormente en el curso, las organizaciones tienen la responsabilidad ética de defender.

Invertir tiempo en la capacitación de las partes interesadas puede ser positivo, particularmente si las habilidades desarrolladas también son transferibles a otras tareas. Por ejemplo, la tecnología que ofrece resultados a través de lenguajes de programación de código abierto, no solo genera un nivel de independencia en los usuarios, sino que también sirve como una forma de crowdsourcing (colaboración abierta distribuida) para los fabricantes, esencialmente como un servicio de investigación y desarrollo. Algunos fabricantes ofrecen capacitación como parte de un servicio continuo a los usuarios, y esto puede considerarse como un valor agregado y, a veces, como un diferenciador del mercado para las organizaciones que tienen que elegir con qué fabricante trabajar. Los fabricantes

necesitan nuevamente un acto de equilibrio para garantizar que los usuarios puedan mejorar de manera rápida y fácil cualquier cambio nuevo y esencial en los aspectos de su tecnología, pero sin hacer tantas alteraciones que dificulten que las partes interesadas más importantes se mantengan actualizadas. En resumen, las tecnologías facilitan su uso con una capacitación mínima inicial, pero le brindan al usuario líneas de acciones múltiples y flexibles, ya que el desarrollo de su experiencia generalmente está bien calificado por este criterio.

Tema 2.2.4: Interpretabilidad

Esta característica se relaciona con atribuir un significado práctico al resultado de una tecnología (Lohr, 2002). Tiene cierta relación con la complejidad, dado que incluye el análisis de un resultado obtenido de la tecnología para visualizar, comprender y actuar de manera adecuada. La flexibilidad de las GUI se discutió anteriormente, pero también es importante reconocer que las tecnologías que incorporan visualizaciones o informes a través de software deben entregarse en una forma predeterminada que esté diseñada utilizando principios psicofísicos bien establecidos. La psicofísica se refiere a cómo los mecanismos sensoriales interactúan con los procesos de percepción (Stevens, 2017) y, por lo tanto, es particularmente relevante con respecto a cómo un usuario percibe e interpreta el resultado de una tecnología. Debido a que los entornos deportivos generalmente son acelerados, se recomienda, en lo posible, traducir la información compleja a través del uso de visualizaciones y no de páginas de datos o informes de texto, ya que esto ayuda a transferir el trabajo cognitivo del usuario al procesamiento perceptivo automático (Kale, et al., 2018). El beneficio previsto de esto es facilitar que tales interpretaciones se realicen más rápidamente y, por lo tanto, también se lleven a cabo más rápido (Larkin y Simon, 1987). Cuando sea pertinente, la información resultante debe revelar cualquier tipo de incertidumbre o error como parte de su informe (Kay, et al., 2016). Otras consideraciones relacionadas con la presentación visual de los datos de la tecnología incluyen la equivalencia informativa y computacional. El primero se refiere a cómo una visualización determinada puede impartir el mismo nivel de información que la incluida en un informe escrito o tabla de datos (Larkin y Simon, 1987). El tipo, el tamaño y el color de una visualización son características importantes que pueden mejorar esta característica. El último, se relaciona con la capacidad para procesar, analizar e informar datos más

detallados y de manera rápida a la misma velocidad (o casi similar), como metadatos más básicos (Larkin y Simon, 1987).

Otra característica importante de la interpretabilidad es garantizar que las interpretaciones reales que facilita la tecnología sean correctas. Los resultados o informes obtenidos de una tecnología que provocan conclusiones incorrectas por parte del usuario, ya sean intencionales o no, pueden ser un problema importante en el campo cuando las partes interesadas no estén equipadas con las capacidades suficientes para cuestionar el origen de la información. En pocas palabras, la interpretabilidad precede a la precisión. Esto significa que, en muchos escenarios deportivos, el grado de comprensión de los datos o de un modelo analítico por parte de los grupos de interés, es incluso más importante que su precisión (siempre y cuando la precisión no sea completamente deficiente). Además, tanto la precisión como la interpretabilidad se sitúan en un continuo y no son dicotómicas. Pero, si existe la posibilidad de elegir entre una tecnología un poco menos precisa que sea accionable por los usuarios en el campo y una que sea precisa pero no implementable, la decisión es fácil.

Similar al costo, la valoración cuantitativa de la interpretabilidad puede ser un ejercicio difícil. Por lo general, el proceso de evaluación de la interpretabilidad de una tecnología puede ser realizado subjetivamente por el personal, ya sea en forma de calificaciones tipo Likert o por medios subjetivos.

Referencias

Alin, A. (2010). Multicollinearity. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 2*(3), 370-374. https://doi.org/10.1002/wics.84

Bartlett, J. W., & Frost, C. (2008). Reliability, repeatability and reproducibility: analysis of measurement errors in continuous variables. Ultrasound in Obstetrics and *Gynecology: The Official Journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology, 31*(4), 466-475. https://doi.org/10.1002/uog.5256

Baumgartner, T. A., & Jackson, A. S. (1998). Measurement for evaluation in physical edu*cation and exercise science* (6th ed.). WCB/McGraw-Hill.

Beaton, D. E., Bombardier, C., Katz, J. N., & Wright, J. G. (2001). A taxonomy for responsiveness. *Journal of clinical epidemiology, 54*(12), 1204-1217. https://doi.org/10.1016/S0895-4356(01)00407-3

Courel-Ibáñez, J., Martínez-Cava, A., Morán-Navarro, R., Escribano-Peñas, P., Chavarren-Cabrero, J., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2019). Reproducibility and repeatability of five different technologies for bar velocity measurement in resistance training. *Annals of biomedical engineering, 47*(7), 1523-1538. https://doi.org/10.1007/s10439-019-02265-6

Currell, K., & Jeukendrup, A. E. (2008). Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports medicine, 38*(4), 297-316. https://doi.org/10.2165/00007256-200838040-00003

Deyo, R. A., & Patrick, D. L. (1995). The significance of treatment effects: the clinical perspective. *Medical care, 33*(4), AS286-AS291.

Düking, P., Holmberg, H. C., & Sperlich, B. (2017). Instant biofeedback provided by wearable sensor technology can help to optimize exercise and prevent injury and overuse. *Frontiers in physiology, 8*, 167. https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00167

Guisasola, I., James, I., Llewellyn, C., Stiles, V., & Dixon, S. (2009). Quasi-static mechanical behaviour of soils used for natural turf sports surfaces and stud force prediction. *Sports Engineering, 12*(2), 99-109. https://doi.org/10.1007/s12283-010-0035-2

Haghighat, M., Rastegari, H., & Nourafza, N. (2013). A review of data mining techniques for result prediction in sports. *Advances in Computer Science: an International Journal, 2*(5), 7-12. https://www.researchgate.net/publication/262560138_A_Review_of_Data_Mining_Techniques_for_Result_Prediction_in_Sports

Kale, A., Nguyen, F., Kay, M., & Hullman, J. (2018). Hypothetical Outcome Plots Help Untrained Observers Judge Trends in Ambiguous Data. *IEEE transactions on visualization and computer graphics, 25*(1), 892-902. https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2864909

Kay, M., Kola, T., Hullman, J. R., & Munson, S. A. (2016). When (ish) is my bus?: User-centered visualizations of uncertainty in everyday, mobile predictive systems. *ACM,* (pp. 5092-5103). https://doi.org/10.1145/2858036.2858558

Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive science, 11*(1), 65-100. https://doi.org/10.1111/j.1551-6708.1987.tb00863.x

Lohr, K. N. (2002). Assessing health status and quality-of-life instruments: attributes and review criteria. *Quality of Life Research, 11*(3), 193-205. https://doi.org/10.1023/a:1015291021312

Liu, H., Hopkins, W., Gómez, A. M., & Molinuevo, S. J. (2013). Inter-operator reliability of live football match statistics from OPTA Sportsdata. *International Journal of Performance Analysis in Sport, 13*(3), 803-821. https://doi.org/10.1080/24748668.2013.11868690

Nicolella, D. P., Torres-Ronda, L., Saylor, K. J., & Schelling, X. (2018). Validity and reliability of an accelerometer-based player tracking device. *PloS one, 13*(2), e0191823. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191823

Robertson, S. J., Burnett, A. F., & Cochrane, J. (2014). Tests examining skill outcomes in sport: a systematic review of measurement properties and feasibility. *Sports Medicine, 44*(4), 501-518. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0131-0

Robertson, S., Bartlett, J. D., & Gastin, P. B. (2017). Red, amber, or green? Athlete monitoring in team sport: the need for decision-support systems. *International journal of sports physiology and performance, 12*(s2), S2-73. https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0541

Robertson, S., Kremer, P., Aisbett, B., Tran, J., & Cerin, E. (2017). Consensus on measurement properties and feasibility of performance tests for the exercise and sport sciences: a Delphi study. *Sports Medicine-Open, 3*(2), 1-10. https://dx.doi.org/10.1186%2Fs40798-016-0071-y

Schmidt, F. L., Le, H., & Ilies, R. (2003). Beyond alpha: An empirical examination of the effects of different sources of measurement error on reliability estimates for measures of individual-differences constructs. *Psychological Methods, 8*(2), 206. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/1082-989X.8.2.206

Stevens, S. S. (2017). *Psychophysics: Introduction to its perceptual, neural and social prospects*. Routledge.

Streiner, D. L., Norman, G. R., & Cairney, J. (2015). *Health measurement scales: a practical guide to their development and use*. Oxford University Press.

Terwee, C. B., Mokkink, L. B., van Poppel, M. N., Chinapaw, M. J., van Mechelen, W., & de Vet, H. C. (2010). Qualitative attributes and measurement properties of physical activity questionnaires. *Sports Medicine, 40*(7), 525-537. https://doi.org/10.2165/11531370-000000000-00000