

ANDREAS MEIER · CORINA TOMA

MANEJO DEL BALÓN



 biomecánica, movimiento, aceleración, energía, potencia, tiempo de reacción, superficie

 física, biología, matemáticas, deporte

 10–18 años

Esta unidad se puede utilizar para enseñar a estudiantes de diferentes edades, principalmente de primaria y secundaria. Algunas partes de la unidad también se pueden utilizar en educación infantil. Cada parte se puede adaptar para adecuarla a diferentes niveles.

1 | SUMARIO

Esta unidad trata algunos aspectos y actividades relacionados con el uso de manos y piernas en un partido de fútbol. Se divide en tres secciones:

1. Movimientos típicos de un futbolista
2. Ampliación del área de la superficie corporal
3. Tiempo de reacción de los jugadores

Asimismo, con esta unidad se pretende animar al alumno a buscar nuevos métodos de observación.

2 | INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

El fútbol es un deporte muy atlético y dinámico. En las últimas décadas su intensidad ha aumentado notablemente. Resistencia, velocidad y rapidez de reacción son habilidades típicas del fútbol que los jugadores deben coordinar durante los partidos o incluso durante los entrenamientos. Un jugador debe utilizar brazos y manos para rendir más, correr más deprisa o saltar más alto. Por este motivo, existe la posibilidad de que un jugador toque el balón con la mano durante un partido, sea o no de forma deliberada.

A modo de breve introducción, nos gustaría dar algunos datos sobre la relación entre la mano humana y el fútbol. En primer lugar, vamos a ver la regla 12 de la FIFA^[1], que dice que “tocar el balón con la mano implica la acción deliberada de un jugador de tocar el balón con las manos o el brazo”. Es decir, normalmente no se puede tocar el balón con la mano. Las excepciones se denominan “posiciones naturales de la mano”.

En última instancia, los árbitros deben decidir si el contacto es “no natural” y por lo tanto si es o no deliberado. Si ve un partido de fútbol en el estadio o por televisión, sabrá que estas decisiones inmediatas pueden dar lugar a discusiones acaloradas. Algunas de estas decisiones han cambiado el curso de un partido. Seguramente el caso más conocido de mano es el gol de la “mano de Dios” que marcó Maradona para Argentina en el partido de cuartos de final contra Inglaterra de la Copa Mundial de 1986 en México; Argentina acabaría alzándose con el título mundial^[2]. En el partido de clasificación entre Irlanda y Francia en 2009, Thierry Henry marcó un gol para la selección francesa ayudándose con la mano. La FIFA tuvo que pagar 5 millones de euros a la Football Association of Ireland (FAI)^{[3],[4]}.

Estos dos ejemplos muestran que brazos y manos pueden tener un papel importante en un partido. Puede usar estos ejemplos para motivar a sus alumnos a observar atentamente el uso de las manos en el fútbol.

2 | 1 Movimiento

Como hemos dicho, la dinámica tiene una importante función en un partido. Primero nos gustaría centrarnos en los aspectos ergonómicos de los movimientos del jugador. Nos gustaría centrarnos en dos tipos de movimiento típicos que el jugador tiene que coordinar durante un partido de fútbol: correr y saltar.

Todas las observaciones pueden registrarse fácilmente con instrumentos de medida como cinta métrica y cronómetro. Si los alumnos tienen cámaras digitales o smartphones y analizan vídeos, los resultados pueden utilizarse para seguir estudiando el movimiento, la aceleración, fuerza, energía y potencia.

Para moverse más deprisa y saltar más hay que usar las manos. Esto se debe a que el movimiento de péndulo de los brazos reduce el movimiento de las caderas y la amplitud de movimiento de los hombros y reduce la aceleración angular del cuerpo resultante del movimiento de las piernas. A la inversa, cuando una persona corre con los brazos pegados al cuerpo o por detrás, la velocidad lineal es menor.^[5] Esto se puede demostrar comparando lo que se tarda en recorrer una distancia con distintos movimientos de los brazos (ver **FIG. 1**^[6]).

FIG. 1 Correr de distintas formas (distancia $s = 20$ m)

| | movimiento regular tiempo [s] | brazos rectos tiempo [s] | brazos en la espalda tiempo [s] |
|------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Niño | 3,12 | 4,03 | 4,03 |
| Niña | 4,07 | 5,03 | 4,18 |

El concepto biomecánico de “potencia de arranque” explica por qué se puede saltar más alto si se gana impulso al balancear los brazos. Al medir y comparar la altura de distintos tipos de salto (brazos pegados al cuerpo, detrás de la espalda, balanceo de los brazos), los alumnos pueden investigar el efecto de balancear los brazos (ver **FIG. 2**).

Después de medir las distintas alturas, los alumnos pueden calcular las diferencias entre las alturas alcanzadas. La cantidad de energía obtenida se calculará de la forma siguiente:

$$\Delta E_p = m \cdot g \cdot \Delta h.$$

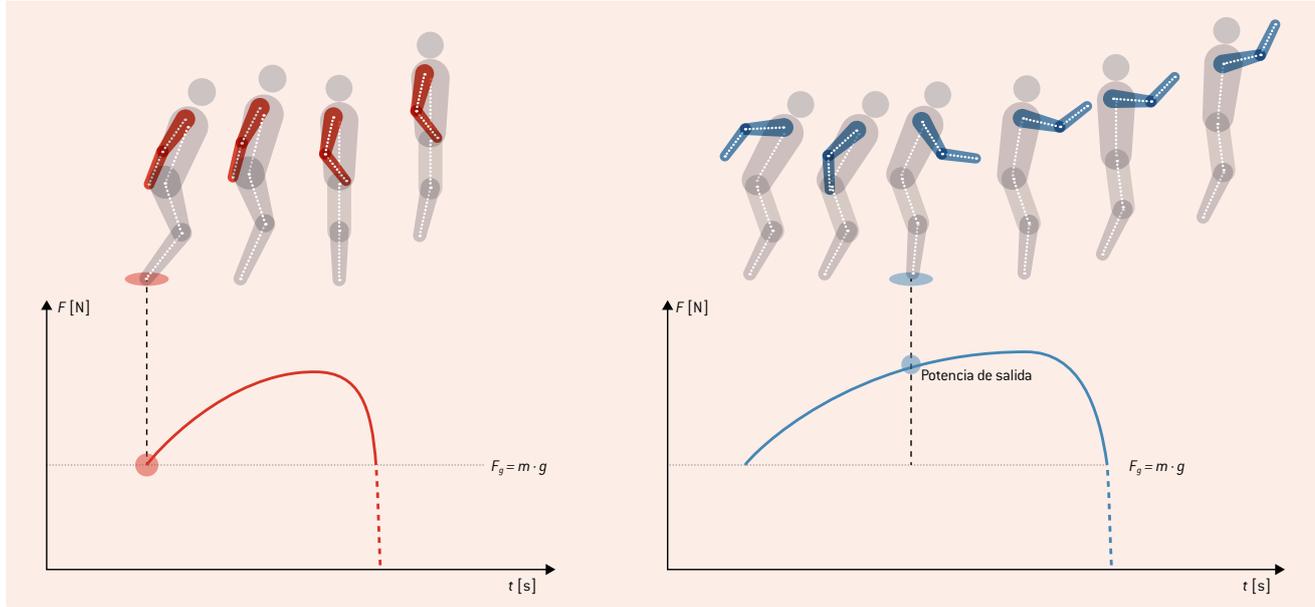
ΔE_p : cantidad de energía potencial obtenida [J]

m : masa del alumno que salta [kg]

g : aceleración gravitacional, $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

Δh : diferencia entre alturas saltadas [m]

FIG. 2 Fuerzas según las distintas formas de saltar



Al medir la aceleración (p. ej., con sensores del smartphone), los alumnos pueden comparar las fuerzas máximas y hallar la relación entre el diagrama de movimiento y el de aceleración. Mediante el análisis del vídeo pueden calcular la potencia media de las distintas formas de salto como sigue:

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{(m \cdot g \cdot h)}{\Delta t}$$

\bar{P} : potencia media [W]

W : trabajo por el incremento de energía potencial [J]

m : masa del alumno que salta [kg]

g : aceleración gravitacional, $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

h : altura saltada [m]

Δt : tiempo para estirar las piernas [s] (desde el punto más bajo del movimiento hasta que los pies no tocan el suelo)

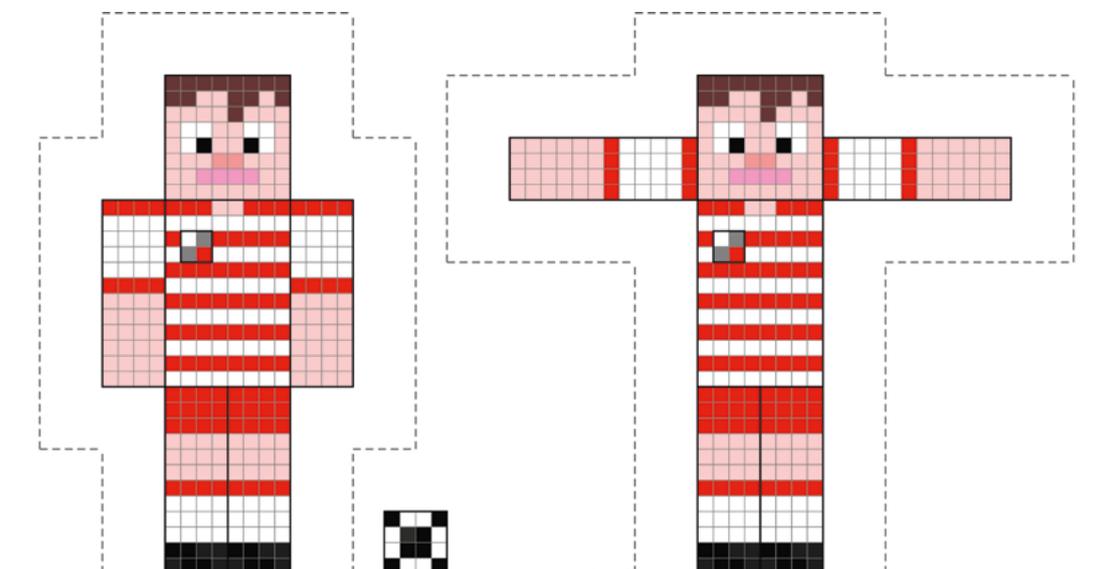
2 | 2 Superficie corporal del jugador

Al estirar los brazos aumenta la superficie corporal del jugador que el balón puede golpear. Por lo tanto, se incrementa la capacidad del jugador para evitar un pase o dar ventaja a su equipo. El porcentaje de ampliación puede calcularse con métodos matemáticos.

En el primer paso, la forma del cuerpo humano puede simularse fácilmente con skins de figuras de Minecraft (que la mayoría de los alumnos conocerán bien).^[7] Los alumnos pueden asignar a sus futbolistas diseños individuales (ver FIG. 3).

Como el cuerpo simulado está formado solo por rectángulos, es fácil calcular la superficie que puede golpear el balón. Los valores de las distintas áreas pueden compararse y la diferencia se puede expresar como porcentaje.

FIG. 3 Siluetas de los jugadores: aumento aproximado del 17% del área de la superficie



En un enfoque más exigente, se pueden analizar fotos reales de los alumnos. Los alumnos pueden usar GeoGebra^[8] para intentar calcular la superficie de su cuerpo que puede alcanzar el balón (ver FIG. 4). Este método se puede usar para animar a los alumnos a utilizar el cálculo integral para encontrar métodos de integración numérica.

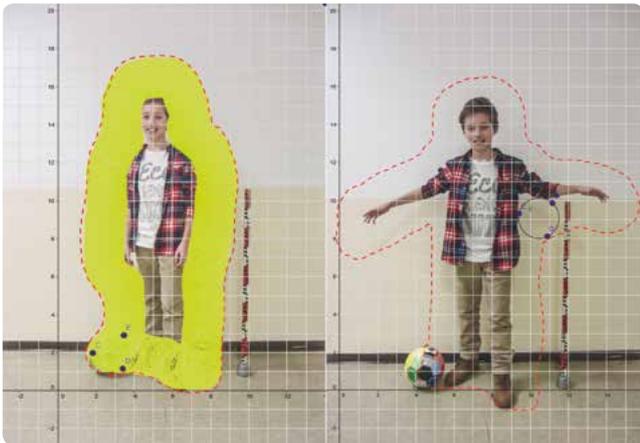


FIG. 4 Calcular el área de la superficie corporal con GeoGebra

2 | 3 Tiempo de reacción

Para evitar tocar el balón, un jugador con las manos en una posición natural tiene que reaccionar a las acciones de los otros jugadores sobre el balón y a la trayectoria de éste. Esta reacción dependerá de muchos parámetros, como la distancia entre el jugador y el balón, la velocidad del balón y el tiempo de reacción del jugador. El tiempo de reacción del jugador se puede calcular con un experimento muy sencillo. Los alumnos solo tienen que medir la distancia que recorre una regla que cae.

Este experimento pueden hacerlo incluso los alumnos de primaria, usando una tabla para evaluar sus datos experimentales (ver FIG. 9). El experimento también puede hacerse mediante cálculos, con las fórmulas que rigen la caída libre de objetos (aceleración lineal), véase la unidad “Bebe y piensa”, p. 30.

$$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$t = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot h}{g}\right)}$$

t: tiempo de reacción [s]

h: distancia recorrida [m]

g: aceleración gravitacional, $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

3 | QUÉ HACEN LOS ALUMNOS

Los experimentos pueden hacerse sin necesidad de ningún equipamiento técnico. Para usar el análisis de vídeo o smartphones, consulte el dossier iStage 2^[9].

Las fórmulas fundamentales, p. ej., para calcular el área de un rectángulo o expresar un resultado como porcentaje, no se explican a estas alturas.

3 | 1 Movimiento

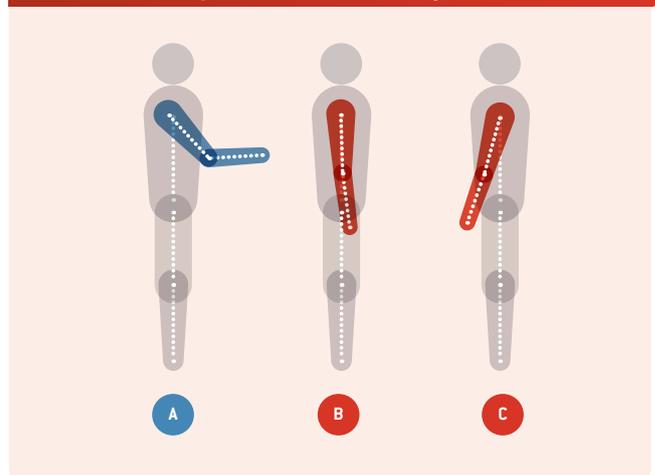
3 | 1 | 1 Cómo correr deprisa

Qué se necesita: cinta métrica, cronómetros, herramientas para marcar

Para un análisis más detallado, se necesita: cámara digital o smartphone, software de análisis de vídeo (p. ej. Tracker^[10])

- Marcar una pista de carreras (longitud: 15–20 m) con líneas de salida y meta claramente visibles. Colocar el punto de inicio a poca distancia (aprox. 5 m) delante de la línea de salida.
- Registrar los tiempos para recorrer la distancia cuando se adoptan las siguientes posiciones de brazos y manos: A) movimiento regular (normal), B) brazos rectos hacia abajo, C) brazos a la espalda (ver FIG. 5). Los corredores deben hacer una buena salida.
- Repetir las mediciones tres veces para cada tipo de carrera (para un alumno). Para obtener más datos, pueden correr dos o tres alumnos a la vez.
- Analizar y comparar los tiempos medidos (después de calcular el tiempo medio para cada tipo de carrera). ¿Corres más cuando usas las manos normalmente (como en la FIG. 1)?

FIG. 5 Diferentes posiciones de brazos y manos



Actividades adicionales:

- Hacer vídeos de las distintas carreras. Se puede usar el código de tiempo del vídeo para medir el tiempo de la carrera.
- Con una cámara fija, hacer vídeos para usarlos con el software de análisis de vídeo. El software calcula automáticamente la velocidad y aceleración del alumno en el vídeo.

- Estimar la pérdida de energía cuando corres sin usar las manos (movimientos B y C). Calcular la velocidad media y la energía cinética de los tres tipos de movimiento de esta forma:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot \bar{v}^2.$$

E_c : energía cinética [J]

m : masa del alumno que salta [kg]

\bar{v} : velocidad media [$\frac{m}{s}$]

- Analizar otros movimientos para las tres posiciones de la mano típicas del fútbol, p. ej., cambio de dirección, inicio del movimiento.

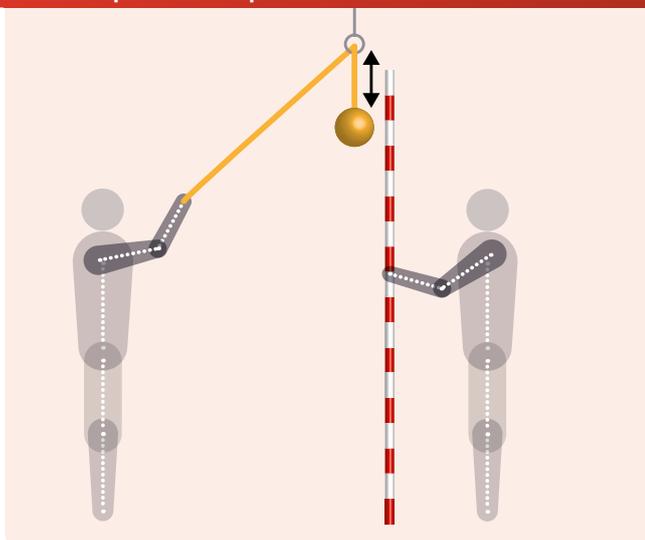
3 | 1 | 2 **Cómo saltar alto**

Qué se necesita: cuerda (o sogá), un balón blando (o un objeto que se pueda golpear con la cabeza), herramienta de medir

Para un análisis más detallado, se necesita: cámara digital o smartphone, software de análisis de vídeo (p. ej. Tracker^[10])

- Construir un péndulo simple (cuerda, balón blando) (ver FIG. 6). Comprobar que se puede cambiar con facilidad la altura del péndulo.

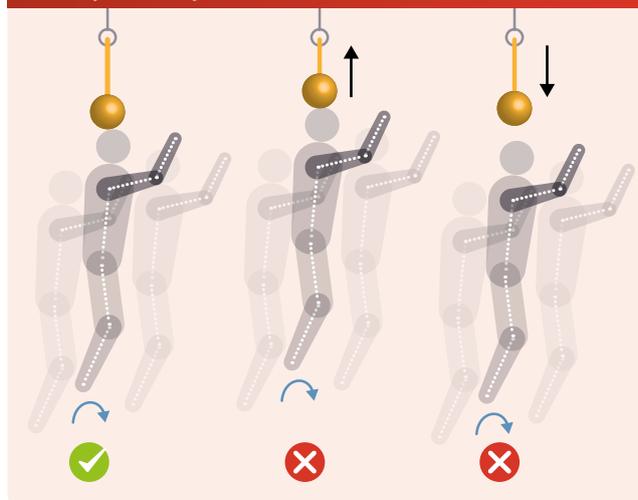
FIG. 6 Preparación del péndulo



- Medir la altura de los saltos con los brazos en las posturas siguientes: A) brazos rectos hacia abajo, B) detrás de la espalda, C) con balanceo (típico). Ajustar la altura del balón para que el alumno no pueda tocarlo con la cabeza cuando está de pie a su lado.

- Colócate justo debajo del balón.
- Salta e intenta dar al balón con la cabeza.
- Si casi alcanzas el balón con la cabeza, mide la distancia entre la parte inferior del balón y el suelo. Si das al balón, cuelga el péndulo más alto y repite el salto. Si no llegas al péndulo, bájalo y repite el salto (ver FIG. 7).

FIG. 7 Ajuste del péndulo



Antes de saltar, adopta una posición agachada. Asegúrate de empezar desde la misma posición en cada salto.

- Analiza y compara la altura medida en los saltos. ¿Saltas más alto cuando balanceas y subes los brazos? ^[6]

Actividades adicionales:

- Mide tu altura (de puntillas). Calcula la energía que produce tu cuerpo al saltar con la fórmula de 2.1 Movimiento.
- Con una cámara fija, haz vídeos para usarlos con el software de análisis de vídeo. De esta forma no se necesita un péndulo. No olvides poner la escala en el vídeo para identificar las alturas en el vídeo. También puedes calcular el tiempo aproximado de salto (punto inferior de las caderas – dedos fuera del suelo). De esta forma se puede calcular la energía que produce el cuerpo al saltar con la fórmula de 2.1 Movimiento.
- Usa el sensor de aceleración del smartphone. Sujétalo cerca del hombro ^[6] para registrar la aceleración adicional resultante del movimiento de los brazos durante el salto (ver FIG. 8). También puedes ponerte el smartphone en el bolsillo del pantalón para registrar la aceleración total del centro de masa. ¿Qué resultados esperas?
- Analiza el espectro de aceleración durante el salto. Intenta identificar varias posiciones durante el salto.

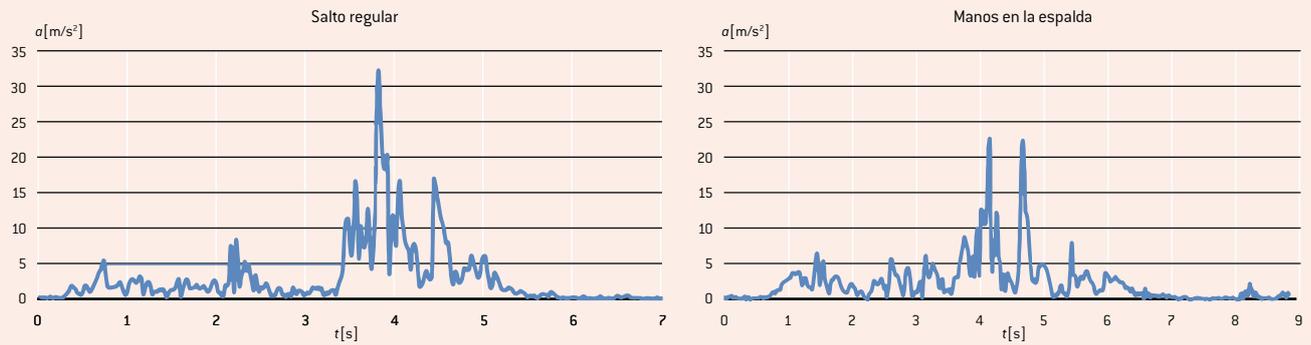
3 | 2 **Superficie corporal del jugador**

Qué se necesita: papel milimetrado, lápiz, regla

Para un análisis más detallado, se necesita: una cámara digital o un smartphone, GeoGebra ^[8]

- Dibuja la forma del cuerpo del jugador con una skin de Minecraft. (Se puede usar un editor de skins, p. ej. nova skin ^[7].) Dibuja otro jugador con los brazos en horizontal. Añade un balón a cada dibujo y marca la superficie donde el balón podría golpear a cada jugador (ver FIG. 3).

FIG. 8 Aceleración del salto registrada con la aplicación para smartphone Accelerometer Analyzer^[11]



- Calcula el área de la superficie. ¿Qué jugador tiene la mayor área donde puede golpear un balón? Compara las dos áreas y expresa la diferencia como porcentaje.

Actividades adicionales:

- Hazte fotos con las manos pegadas al cuerpo y también con tu forma natural de colocarlas. Intenta imitar algunos de los movimientos típicos de los futbolistas. No olvides poner una escala y un balón en el dibujo.
- Importa los dibujos a GeoGebra e intenta calcular el área del cuerpo que podría ser golpeada por un balón. Añade un círculo (balón) y selecciona *Show Trace* en el menú contextual. Después de dibujar el cuerpo, añade un contorno con *Pen* (ver FIG. 4). Intenta distintos métodos para calcular el área. ¿Cómo podrías optimizar tu(s) método(s)?

3 | 3 **Tiempo de reacción**

Qué se necesita: regla (30 cm)

Para un análisis más detallado, se necesita: una cámara digital o un smartphone

- La clase debe dividirse por parejas. Uno de los alumnos de la pareja sujeta la regla, el otro pone los dedos de la mano junto a la marca de 0 cm.
- El primer alumno deja caer la regla, el otro intenta cogerla lo más deprisa posible. Lee la distancia que ha caído la regla.
- Ahora puedes saber tu tiempo de reacción comparando la distancia con la FIG. 9.

FIG. 9 Tiempo de reacción

| <i>h</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>t</i> | <i>h</i> | <i>t</i> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| [cm] | [s] | [cm] | [s] | [cm] | [s] |
| 1 | 0,045 | 11 | 0,150 | 21 | 0,207 |
| 2 | 0,064 | 12 | 0,156 | 22 | 0,212 |
| 3 | 0,078 | 13 | 0,163 | 23 | 0,217 |
| 4 | 0,090 | 14 | 0,169 | 24 | 0,221 |
| 5 | 0,101 | 15 | 0,175 | 25 | 0,226 |
| 6 | 0,111 | 16 | 0,181 | 26 | 0,230 |
| 7 | 0,119 | 17 | 0,186 | 27 | 0,235 |
| 8 | 0,128 | 18 | 0,192 | 28 | 0,239 |
| 9 | 0,135 | 19 | 0,197 | 29 | 0,243 |
| 10 | 0,143 | 20 | 0,202 | 30 | 0,247 |

Actividades adicionales:

- Calcula tu tiempo de reacción con la fórmula de 2.3 *Tiempo de reacción*.
- Prepara una tabla para los alumnos más pequeños que les ayude a averiguar su tiempo de reacción en este experimento.
- Desarrolla un experimento para medir el tiempo de reacción con recursos digitales.

4 | **CONCLUSIÓN**

Esta unidad muestra que la forma en que usa un jugador los brazos y las manos (aunque no sujete el balón), tiene un papel clave para mejorar su rendimiento en un partido. Al mismo tiempo, aumenta la posibilidad de que el jugador cometa una falta.

Que tengamos noticia, este es el primer estudio sobre los distintos aspectos del manejo del balón en el fútbol. Por consiguiente, solo ofrece algunas ideas para abordar este tema.

Otros temas importantes para pensar sobre ellos podrían ser:

- Protección (p. ej. tiro libre): Los jugadores no pueden usar las manos para protegerse el cuerpo (p. ej., la cara) contra los tiros. Los alumnos calculan la fuerza del balón cuando golpea el cuerpo del jugador.

- Tiempo de reacción y movimientos de la mano: ¿Cuál es la forma más rápida de acercar las manos al cuerpo? Los alumnos miden el tiempo y la trayectoria de las manos estimadas cuando se acercan al cuerpo.
- Manejar desde la perspectiva del portero: ¿Cuál es la mejor forma de mover/estirar las manos para evitar un gol?

5 | OPCIONES DE COOPERACIÓN

Se pueden compartir los resultados e ideas:

- cargando los archivos/resultados en una web/plataforma online. Los datos pueden utilizarlos otros estudiantes. ^[6]
- jugando al fútbol con vuestros amigos y hablándoles de iStage 3.

REFERENCIAS

- ^[1] FIFA: Reglas de juego 2015/2016
http://es.fifa.com/mm/Document/FootballDevelopment/Refereeing/02/36/01/11/LawsofthegamewebES_Spanish.pdf
(p. 121)
- ^[2] Argentina vs. Inglaterra [1986]
[https://es.wikipedia.org/wiki/Argentina_vs._Inglaterra_\(1986\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Argentina_vs._Inglaterra_(1986))
(08/03/2016)
- ^[3] 2009 Republic of Ireland vs. France football matches
https://en.wikipedia.org/wiki/2009_Republic_of_Ireland_v_France_football_matches (08/03/2016)
- ^[4] Eamon Dunphy: The FIFA payment to the FAI was like something from The Sopranos
www.independent.ie/sport/soccer/international-soccer/eamon-dunphy-the-fifa-payment-to-the-fai-was-like-something-from-the-sopranos-31279282.html; publicado el 04/06/2015
- ^[5] Christopher J. Arellano, Rodger Kram: "The metabolic cost of human running: Is swinging the arms worth it?"
<http://jeb.biologists.org/content/217/14/2456.abstract>
- ^[6] En www.science-on-stage.de/iStage3_materials encontrará vídeos para estas actividades y formas para compartir los resultados.
- ^[7] <http://minecraft.novaskin.me/>
- ^[8] www.geogebra.org
- ^[9] iStage 2 – Smartphones in Science Teaching;
www.science-on-stage.de/iStage2_publication_EN
- ^[10] www.physlets.org/tracker
- ^[11] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lul.accelerometer> [27/04/2016]



IMPRINT

TAKEN FROM

iStage 3 - Football in Science Teaching
available in Czech, English, French, German,
Hungarian, Polish, Spanish, Swedish
www.science-on-stage.eu/istage3

PUBLISHED BY

Science on Stage Deutschland e.V.
Poststraße 4/5
10178 Berlin · Germany

REVISION AND TRANSLATION

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH
www.transformcologne.de

CREDITS

The authors have checked all aspects of copyright for the images and texts used in this publication to the best of their knowledge.

DESIGN

WEBERSUPIRAN.berlin

ILLUSTRATION

Tricom Kommunikation und Verlag GmbH
www.tricom-agentur.de

PLEASE ORDER FROM

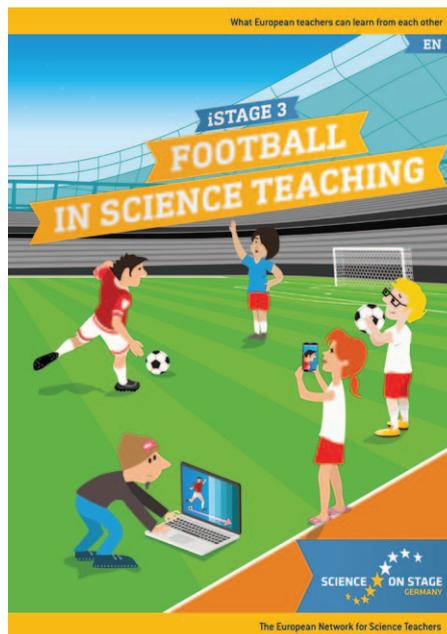
www.science-on-stage.de
info@science-on-stage.de

Creative-Commons-License: Attribution Non-Commercial
Share Alike



First edition published in 2016

© Science on Stage Deutschland e.V.



SCIENCE ON STAGE – THE EUROPEAN NETWORK FOR SCIENCE TEACHERS

- ... is a network of and for science, technology, engineering and mathematics (STEM) teachers of all school levels.
- ... provides a European platform for the exchange of teaching ideas.
- ... highlights the importance of science and technology in schools and among the public.

The main supporter of Science on Stage is the Federation of German Employers' Associations in the Metal and Electrical Engineering Industries (GESAMTMETALL) with its initiative think ING.

Join in - find your country on

WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU

 www.facebook.com/scienceonstageeurope

 www.twitter.com/ScienceOnStage

Subscribe for our newsletter:

 www.science-on-stage.eu/newsletter



MAIN SUPPORTER OF
SCIENCE ON STAGE GERMANY

think
ING.
Die Initiative für
Ingenieur Nachwuchs

Proudly supported by

