

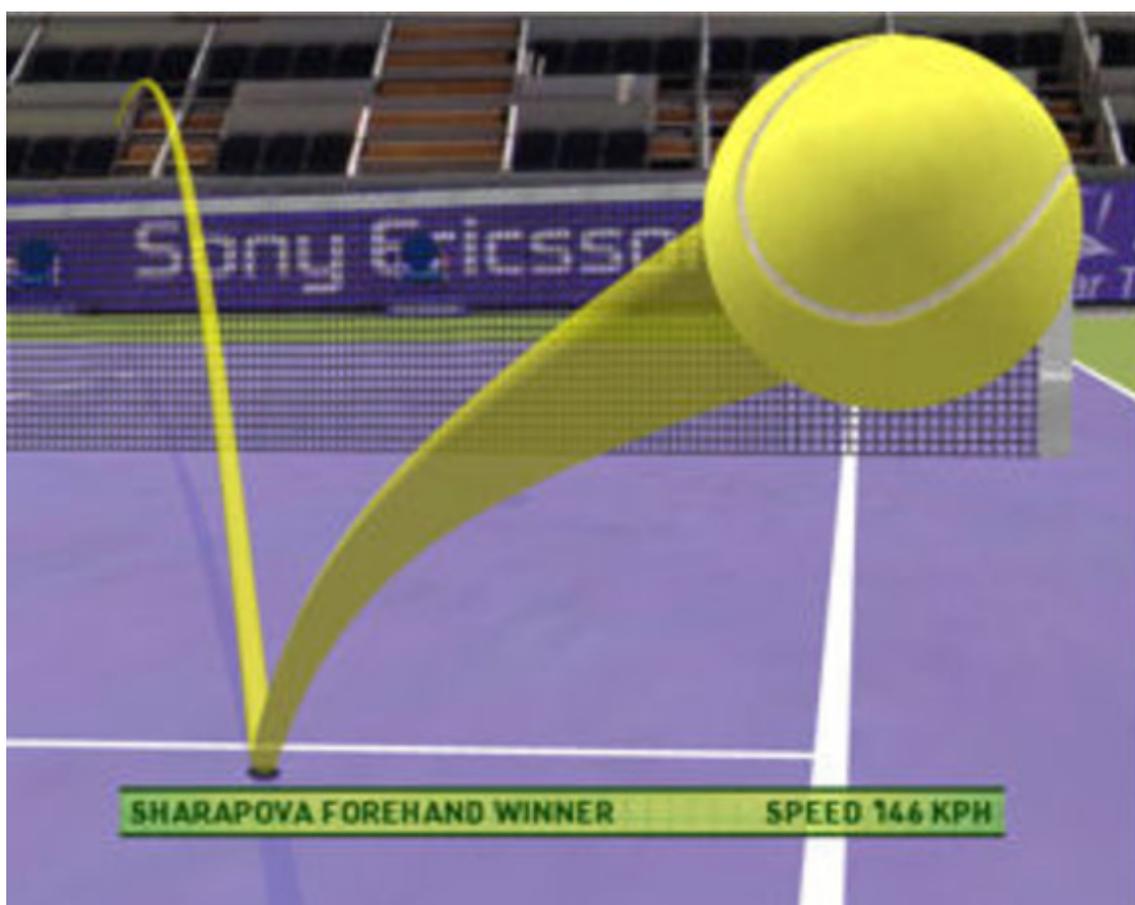
Hawk-Eye (Ojo de Halcón)

El presente texto recoge algunas informaciones y gráficos obtenidos de distintas páginas de internet.

INTRODUCCIÓN

El Hawk-Eye (Ojo de Halcón) es un sistema bastante moderno, y ya se ha introducido en algunos deportes como el Tenis, el Cricket, y el Fútbol Americano. Es posible que en un futuro sea utilizado en más deportes como el Baloncesto (para ver si la pelota botó en la línea tal vez) o el Fútbol (se me ocurre que así se podrían evitar los goles fantasma).

El Hawk-Eye sirve para ver la trayectoria que lleva la pelota y el lugar donde está posicionado en cada momento, de esta forma se puede ver nítidamente el comportamiento de la pelota y así poder corregir errores arbitrales.

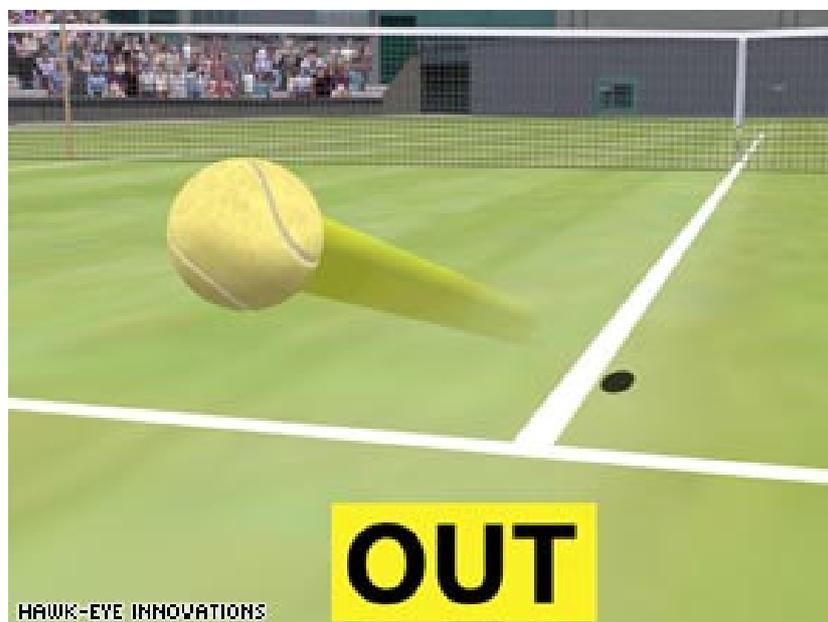


¿UNA NUEVA AYUDA A LOS FAVORITOS?

El '**ojo de halcón**', cuya denominación original en inglés es '*hawk-eye*', es la última gran novedad que la **ATP** ha introducido en el

circuito profesional de tenis y que influye en el tanteo de los partidos. Es una herramienta que busca acabar con los errores arbitrales y consiste en una revisión del punto que confirmará la decisión de los jueces o, por el contrario, la modificará. El **US Open** fue el primer *Grand Slam* que lo puso en práctica.

Los deportes, en general, están sujetos a los fallos de los árbitros. Si comparamos al fútbol con el tenis, hay que decir que en este último la mayoría de estos errores, por no decir todos, pueden ser subsanados gracias a las nuevas tecnologías. En el balompié, por ejemplo, hay 'goles fantasma' que podrían dejar de ser fantasma si alguien viera una repetición de la jugada e informara al colegiado. Pero en otras acciones, como puede ser la duda ante la señalización o no de un penalti, la imagen puede tener varias interpretaciones al no estar claro el reglamento.



En el tenis, la polémica se limita al bote de las bolas, si tocan o no la red, si el jugador pisó la línea de saque al servir... y poco más. Hasta ahora, si un juez veía equivocadamente una pelota fuera no había lugar a la rectificación, salvo que se estuviera jugando sobre tierra batida. Hay tenistas como **Roger Federer** que no han encajado bien el nuevo experimento. Y es normal, ya que el tenis es un deporte muy tradicional y muy conservador. El nº 1 del mundo entiende que los errores arbitrales forman parte del juego y que unas veces te benefician y otras te perjudican.

La nueva normativa da a cada jugador dos oportunidades por set para solicitar el 'ojo de halcón' y una tercera si hay *tie-break*. Si un jugador lo pide y acierta, no le resta. Sólo se le descuenta si falla. En el **Open de Australia** vemos como sólo se puede pedir esta ayuda si juegas en la pista central. Eso quiere decir que sólo los mejores

tenistas tienen derecho a un mejor arbitraje en sus partidos. Esto no hace más que incrementar las desigualdades. La ATP debe saber que la forma de acabar con las injusticias no es creando otras nuevas.

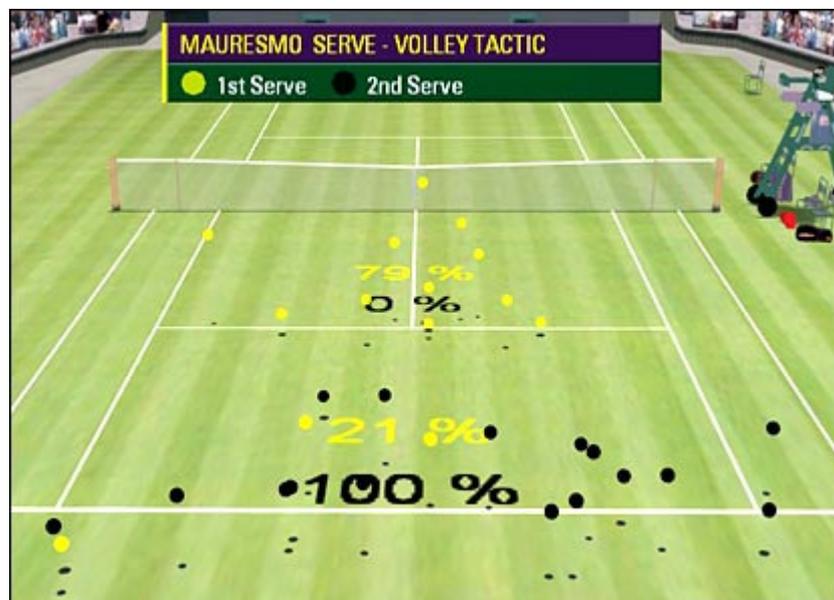
CÓMO FUNCIONA EL OJO DE HALCÓN

El [ojo de halcón](#) (Hawk-Eye) es el sistema que se utiliza en el tenis en pistas duras y en hierba (en arcilla no es necesario porque la bola deja una marca en el suelo) para comprobar en una pantalla si una bola ha entrado en la línea o no. Pero, ¿cómo funciona este sistema?

El [ojo de Halcón](#), utiliza numerosas cámaras colocadas por todos los ángulos de la pista para seguir los movimientos tanto de las pelotas como de los tenistas.

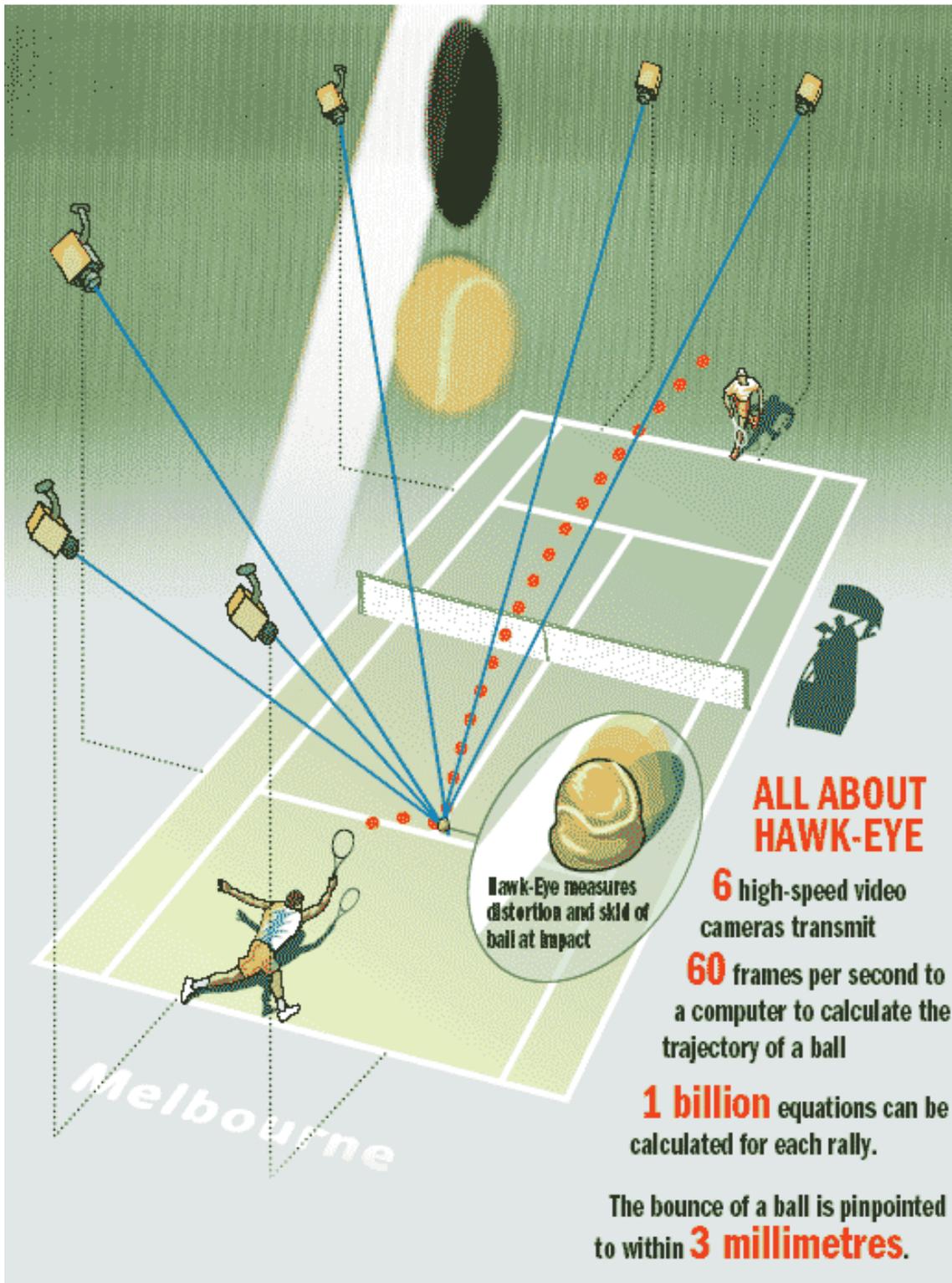
En teoría se basa en un principio muy sencillo, hace uso de la triangulación para saber el posicionamiento de la pelota, haciendo uso de 3 cámaras (parecido al GPS, pero con cámaras en vez de Satélites). En la práctica, se usan 10 cámaras estratégicamente colocadas para reducir el error al máximo.

Desde hace años, este sistema es usado en todos los partidos, y cada bola dudosa va seguida de su correspondiente repetición gracias al Hawk-Eye, eliminando así el error humano (ya sabemos que nuestra vista no es la más fiable del mundo animal precisamente).



Para localizar la pelota en la pista y la trayectoria que lleva, las cámaras recogen los movimientos y los ordenadores conectados a las 10 cámaras miden el tamaño de la imagen captada de la pelota. En función del tamaño, se puede saber la distancia que separa la pelota de cada una de las cámaras (con un margen de error de entre 2 y 3

milímetros). Además, el ordenador analiza a través de cada cámara el comportamiento de la pelota (la velocidad, la aceleración, el bote, la curvatura, etc.).



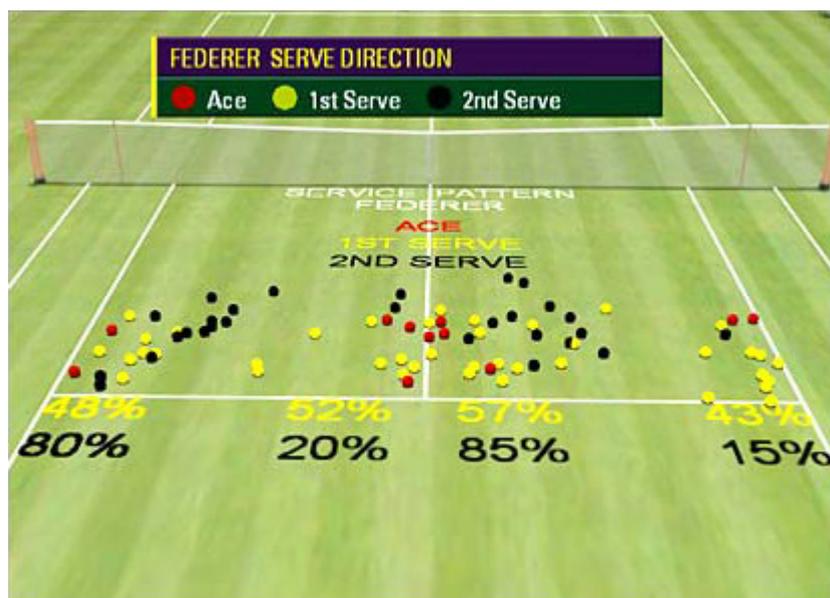
Las cámaras recogen los movimientos y unos ordenadores procesan los datos. Estos ordenadores también tienen en cuenta la

deformación de la pelota y su deslizamiento, y tiene un margen de error de entre 2 y 3 milímetros.

El número de cámaras que se colocan varía de una configuración a otra. Se pueden colocar más o menos y a diferentes alturas, aunque por lo general están a la altura de la primera grada. Esta tecnología es muy reciente, aunque su nivel de eficacia y exactitud es aceptable para su aplicación en el tenis y otros deportes.



El **ojo de halcón** también se utiliza para ofrecer repeticiones, medir la velocidad de las pelotas en cualquier momento, y otro tipo de estadísticas que nos ofrecen habitualmente en los partidos de tenis, como el patrón de colocación de los servicios, dirección, profundidad, trayectoria de los puntos directos, tiempo que pasa cada tenista en cada zona del campo y todas las que queramos.



Gracias a los ordenadores que procesan los datos, se puede minimizar el error cometido en las posibles desviaciones de trayectoria, hacer previsiones (como en la imagen de arriba) de dónde mandará la pelota el tenista según su posición e incluso almacenar datos para realizar las estadísticas que vemos normalmente en pantalla: golpes ganadores, aces, zonas de influencia de cada tenista...

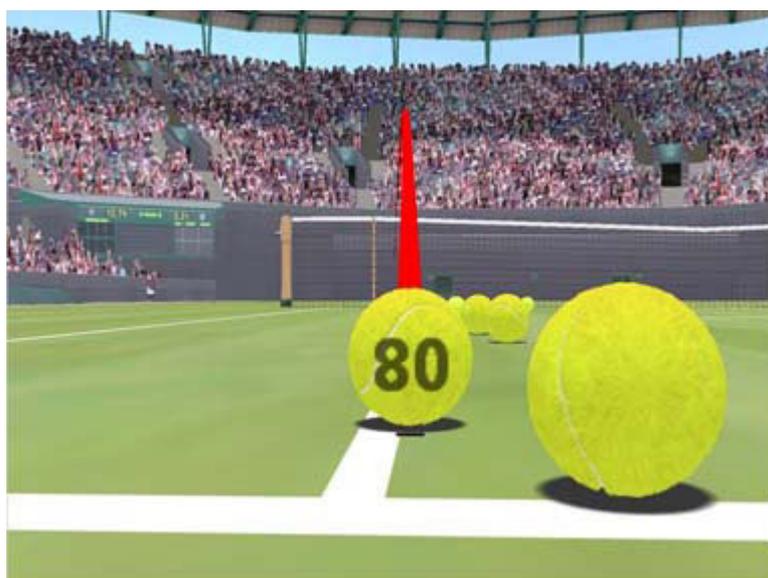
Hay opiniones para todo los gustos sobre si funciona bien o no esta tecnología.



PRECISIÓN

El sistema de **"Ojo de Halcón"** empleado para dictaminar sobre jugadas dudosas en el tenis podría no ser tan preciso como se cree, según datos que se desprenden de un nuevo estudio científico.

Desde el **2007**, esta tecnología se viene utilizando cuando existen dudas con respecto a las bolas en los encuentros de tenis. Ahora, un grupo de científicos británicos considera que esta manera de arbitrar podría no ser tan precisa como se pensaba.



Harry Collins, profesor de ciencias sociales en la universidad de Cardiff (Gales), señaló que el sistema del **"Ojo de Halcón"** *"no siempre se corresponde con lo que ha ocurrido"*. *"Es muy erróneo pensar que podemos solucionar los desacuerdos humanos en el tenis con la tecnología"*, dijo.

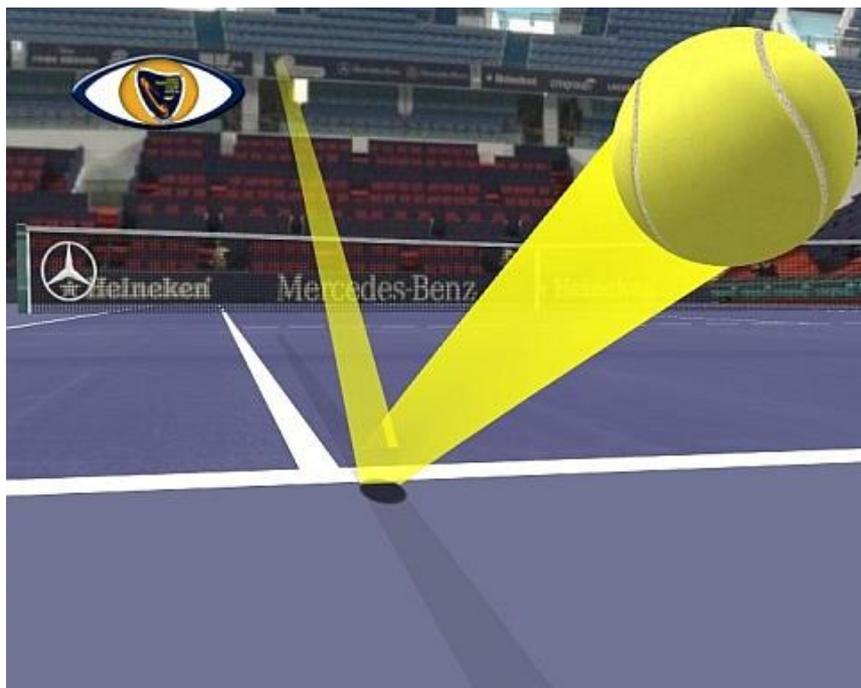
Tanto **Collins** como su colega **Robert Evans** elaboraron un informe sobre las percepciones públicas del mencionado sistema que se publicará el próximo mes en la revista **"Public Understanding of Science"**.

En el torneo de hierba de **Wimbledon**, cuya próxima edición dará comienzo este lunes, el **"Hawk-Eye"** (en su nombre en inglés) tiene diez cámaras posicionadas alrededor de las pistas y con ellas se reconstruye la trayectoria más probable que sigue la bola con imágenes filmadas por estas lentes.

El sistema no reproduce exactamente lo que ha sucedido, pero sí reconstruye lo que estadísticamente cuenta con más probabilidades de haber ocurrido.

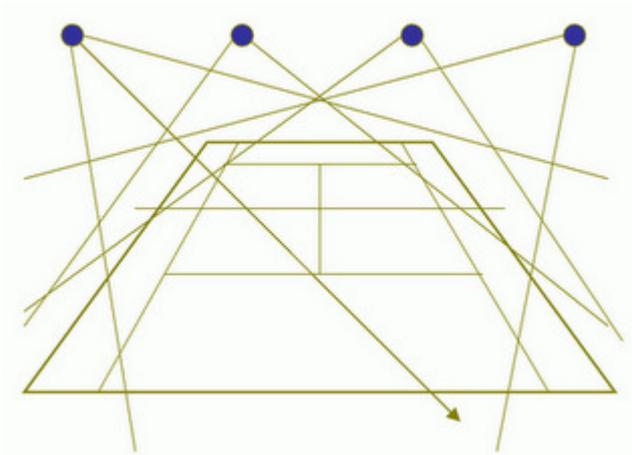
Cuando el **'Ojo de Halcón'** dice que una bola ha entrado por 1 milímetro, lo que debería decir que es se cree que ha entrado por un milímetro", apunta **Collins**.

El uso de esta tecnología ha dividido también a los jugadores, entre los que existen detractores y partidarios de su empleo.



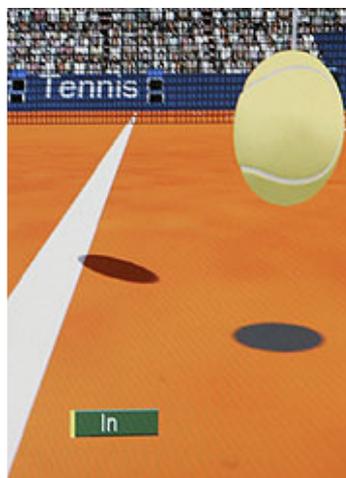
OPEN DE AUSTRALIA 2009

La pista está cubierta por un conjunto de seis a diez cámaras digitales. Es esencial que todas las líneas de la pista estén cubiertas simultáneamente por varias cámaras, preferiblemente cuatro o más. Aunque no he encontrado ningún esquema de la situación real, es razonable suponer que todas estén altas sobre la pista de forma que la inclinación hacia abajo sea de al menos 20° y que sus campos visuales se superpongan lo más posible.



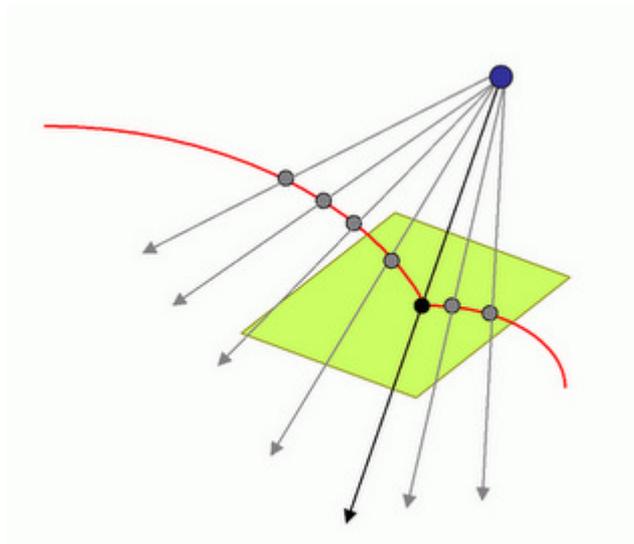
Cobertura de la pista mediante cámaras cuyos campos visuales se superponen.

Las cámaras filman de forma continua a alta velocidad, su posición es fija y conocida y la orientación de su eje focal está bien determinada con relación a un sistema de coordenadas local. Un ejemplo de este tipo de cámaras son las de la serie [CamRecord](#): los modelos 600 y 1000 captan respectivamente 500 y 1000 imágenes por segundo con una resolución de 1280×1024 píxeles. Por dar una idea de los datos, una pelota a 100 km/h se habrá movido en 2 ms (cámara CamRecord 600) unos 55 mm entre dos fotogramas siempre que la trayectoria sea perpendicular al eje focal.

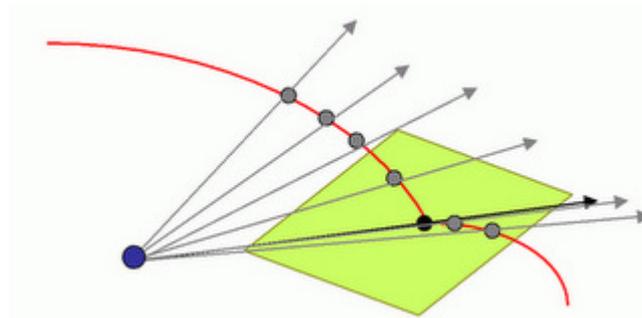


La esencia del proceso es la siguiente:

- una cámara capta una secuencia donde la pelota queda representada por unos pocos píxeles que deben ser reconocidos del resto de la imagen. Esos píxeles cambian de posición en cada "fotograma" debido al movimiento de la pelota. En tiempo real, esos píxeles deben ser detectados y su posición en cada fotograma registrada en el campo de visión de la cámara. Lógicamente, la pelota se "ve" pero no es posible determinar la distancia y el dato no es 3D.
- otra cámara situada en una posición diferente capta el mismo movimiento y lo representa en su plano propio.
- dado que las cámaras están sincronizadas, la posición de la pelota en un momento determinado puede estimarse en ambas cámaras; en cada una de ellas define una semirrecta con origen en la cámara y que pasa por el punto donde se ha localizado la pelota.
- la localización 3D se construye mediante la intersección de las dos trayectorias en el espacio, algo que es posible calcular geoméricamente dado que se conoce la posición de cada cámara y su orientación.

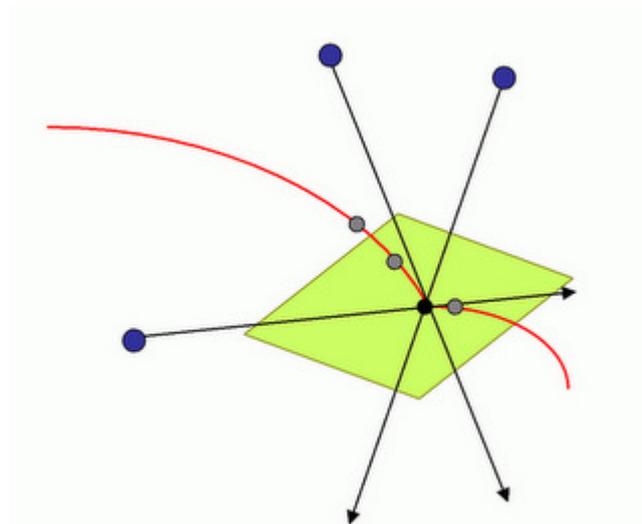


Una cámara registra la trayectoria como posiciones discretas calculando un vector para cada fotograma.



Simultáneamente, otra cámara hace lo mismo; obsérvese que hay posiciones cuyos vectores casi coinciden. En este caso esa cámara no será muy útil para discriminar esa parte de la trayectoria.

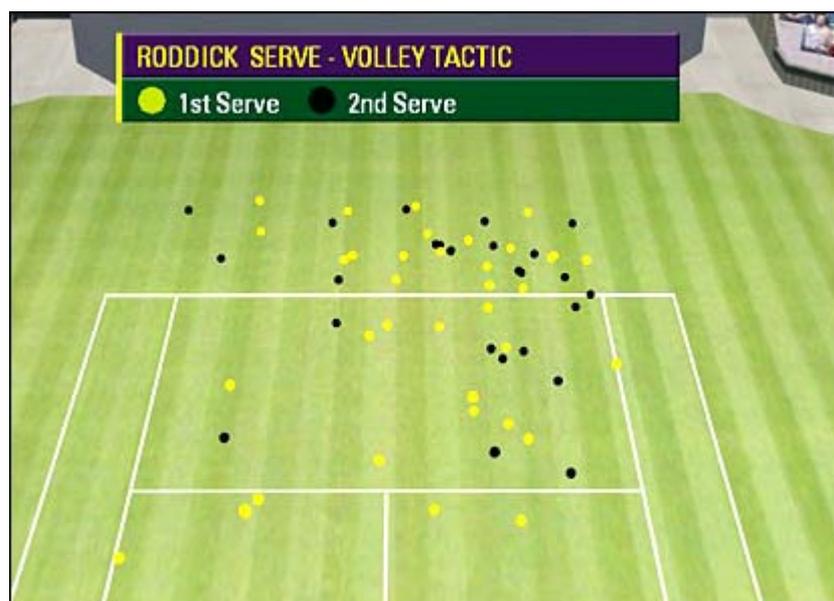
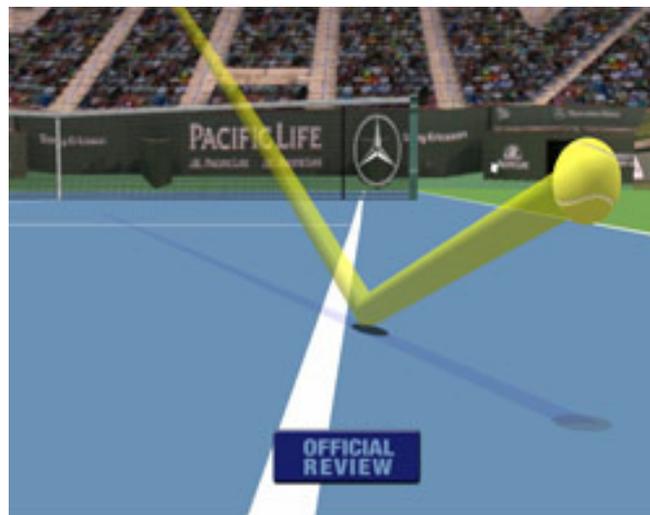
Aunque teóricamente se puede restaurar cada posición 3D y, por tanto, la trayectoria con sólo dos cámaras, la redundancia ayuda a reducir la incertidumbre y a "reparar" los errores de reconocimiento. Es muy deseable tener al menos cuatro secuencias distintas. La intersección de las cuatro trayectorias es mucho más robusta, tanto más porque se pueden introducir restricciones geométricas para garantizar la coherencia de las trayectorias que, por ejemplo, sabemos que deben trazar curvas relativamente suaves con velocidad decreciente.

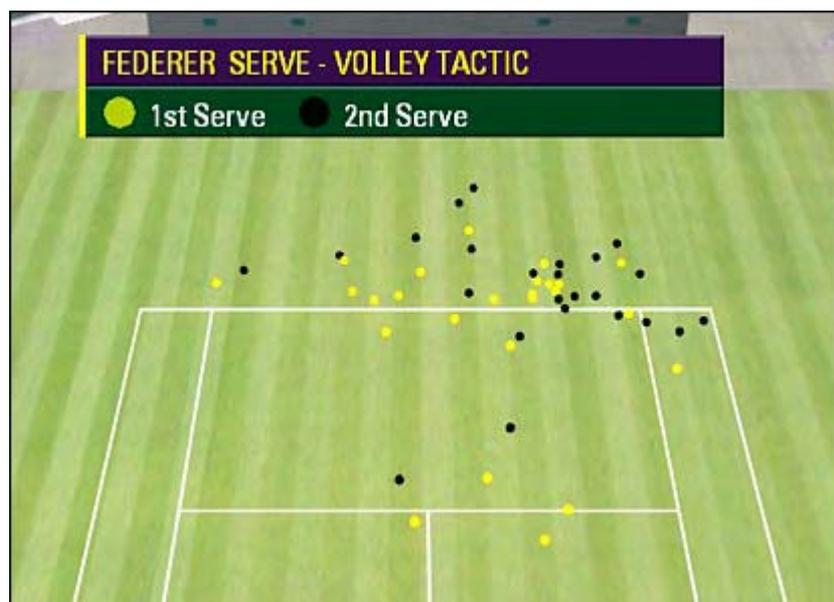
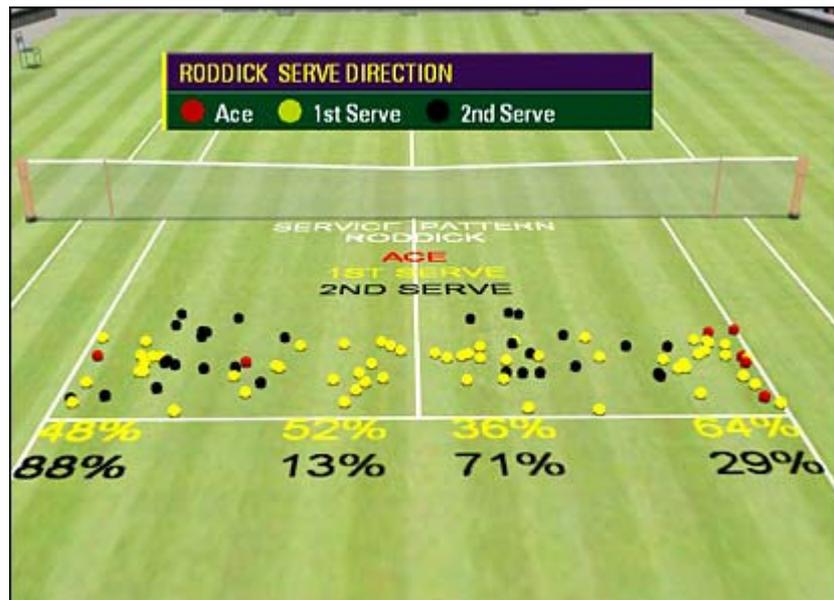


Las posiciones deben analizarse secuencialmente para localizar el momento del bote, donde la trayectoria cambia bruscamente.

Los momentos "interesantes" son aquellos en los que esa continuidad se rompe, especialmente el momento del saque y los botes en el suelo. El primer caso interesa para estimar la velocidad del servicio pero su localización espacial no es demasiado importante. En cambio, los botes sí deben localizarse de la manera más exacta posible. Para ello, el plano de la pista (otra restricción geométrica más) y las líneas están previamente definidas en el sistema de referencia local lo que

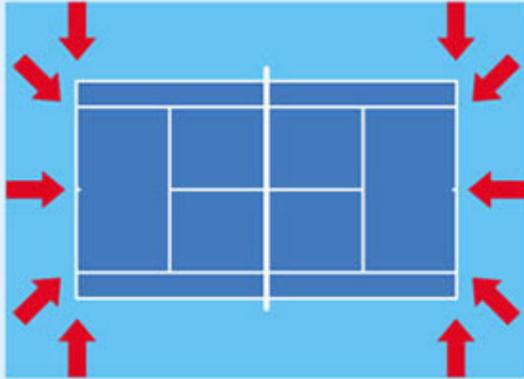
permite representarlas a la vez que el bote de la pelota. El resultado es **un gráfico de la trayectoria estimada de la pelota**. La huella de la pelota sobre la pista es sólo una estimación, aunque los fabricantes del sistema hablan de errores de alrededor de los 4 mm.





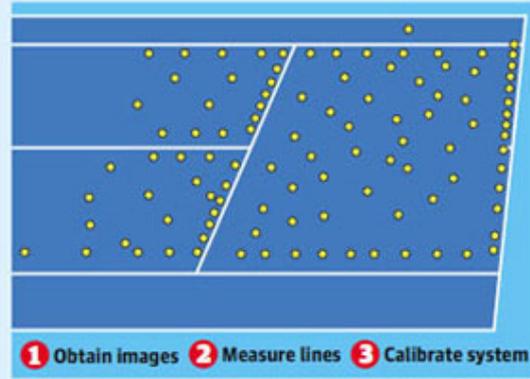
Installing cameras around the court

The previous tenants left the arena on Wednesday and the organisers of the ATP finals were in by 2am the next morning. The first step for Hawk-Eye Innovations is to install the 10 cameras used, which at the O₂ Arena are positioned 10 metres up in the air and 30 metres wide of the court



Fine-tuning

There is then a wait until the surface has been laid and the paint has dried before the team can obtain images of the court, measure the lines and calibrate the system. This is done by placing 72 balls on both halves of the court. The data is then processed to ensure the cameras supply the right information



1 Obtain images 2 Measure lines 3 Calibrate system

Final testing

The system should always be set up and fully operating at least 24 hours before a tournament in order for it to be tested. Each camera tracks the ball, taking five frames of every bounce and sends the images to the computers in the review booth. There are three Hawk-Eye staff in the review booth, as well as an independent ATP official

The review booth

