

cámara de seguimiento ocular – eye-movement camera

Authored by
memjavad

February 26, 2026

RECOMMENDED CITATION

memjavad (2026). *cámara de seguimiento ocular – eye-movement camera*. Spanish Psychological Databases. Retrieved from <https://spanish.arabpsychology.com/?p=9331>

Cámara de Movimiento Ocular

Campo(s) Disciplinario(s) Primario(s): Psicología Cognitiva, Neurociencia, Interacción Persona-Ordenador (HCI), Marketing y Oftalmología.

1. Definición y Fundamentos Técnicos

La **cámara de movimiento ocular**, componente esencial de los sistemas conocidos como [seguimiento ocular](#) o **eye-tracking**, es un dispositivo especializado diseñado para medir y registrar la posición de los ojos y sus desplazamientos. A diferencia de una cámara de video convencional, este instrumento está optimizado para detectar características fisiológicas específicas del globo ocular, permitiendo determinar con una precisión milimétrica el punto exacto de fijación de un sujeto en un espacio bidimensional o tridimensional. El funcionamiento básico se fundamenta en la captura de imágenes de alta velocidad, generalmente bajo iluminación infrarroja, para analizar la relación geométrica entre la pupila y los reflejos corneales.

El principio técnico más extendido en la actualidad es el de **reflexión corneal y centro de la pupila** (PCCR, por sus siglas en inglés). En este proceso, una fuente de luz infrarroja cercana ilumina el ojo, generando reflejos detectables en la superficie de la córnea conocidos como reflejos de Purkinje. La cámara de movimiento ocular captura estas imágenes y, mediante algoritmos de visión artificial, calcula el vector entre el centro de la pupila y el reflejo corneal. Este vector cambia según la dirección de la mirada, lo que permite al software del sistema mapear las coordenadas visuales del usuario sobre un estímulo específico, ya sea una pantalla, un objeto físico o un entorno de realidad virtual.

La importancia de utilizar **luz infrarroja** radica en su naturaleza no invasiva y en su capacidad para crear un contraste superior entre la pupila y el iris, independientemente del color de ojos del sujeto. Al ser una luz invisible para el ojo humano, no provoca distracciones ni contracciones pupilares no deseadas, lo que garantiza que el comportamiento visual registrado sea lo más natural posible. Estos dispositivos pueden alcanzar frecuencias de muestreo extremadamente altas, que oscilan desde los 30 Hz en aplicaciones comerciales básicas hasta más de 2000 Hz en entornos de investigación de laboratorio, permitiendo capturar incluso los movimientos oculares más veloces y sutiles.

2. Etimología y Evolución Histórica

La historia de la cámara de movimiento ocular está intrínsecamente ligada al deseo de la ciencia por comprender los procesos mentales ocultos tras el acto de ver. Los primeros intentos de registrar el movimiento de los ojos a finales del siglo XIX eran rudimentarios y altamente invasivos. Investigadores como [Louis Émile Javal](#) observaron mediante espejos que la lectura no consistía

en un movimiento fluido, sino en una serie de saltos espasmódicos. Sin embargo, no fue hasta principios del siglo XX cuando **Edmund Huey** desarrolló el primer rastreador ocular utilizando una especie de lente de contacto con un orificio para la pupila, conectada a una palanca de aluminio que registraba físicamente los movimientos sobre un tambor de papel giratorio.

La transición hacia métodos fotográficos y cinematográficos marcó el nacimiento de la cámara de movimiento ocular propiamente dicha. En la década de 1930, el psicólogo **Guy Thomas Buswell** utilizó cámaras de cine para registrar los reflejos de luz en los ojos de sujetos mientras observaban obras de arte y textos, logrando avances significativos en la comprensión de la atención visual. Estos sistemas, aunque menos dolorosos que los dispositivos de contacto, seguían siendo extremadamente voluminosos y requerían que la cabeza del sujeto estuviera completamente inmovilizada para evitar errores en la medición, lo que limitaba la naturalidad de los experimentos.

La verdadera revolución tecnológica ocurrió con la llegada de la computación y la miniaturización de los sensores de imagen. En las décadas de 1970 y 1980, investigadores como [Marcel Just](#) y Patricia Carpenter postularon la **hipótesis del ojo-mente**, que sugiere que no hay un retraso apreciable entre lo que el ojo fija y lo que el cerebro procesa. Este marco teórico impulsó el desarrollo de cámaras más rápidas y software capaz de procesar datos en tiempo real. Hoy en día, la tecnología ha evolucionado desde sistemas de laboratorio que ocupan una habitación entera hasta dispositivos portátiles integrados en gafas de sol o incluso sensores integrados en teléfonos inteligentes y computadoras portátiles.

3. Características y Componentes Clave

Una cámara de movimiento ocular moderna se define por varias especificaciones técnicas que determinan su utilidad en diferentes contextos de investigación. La **frecuencia de muestreo** es quizás la característica más crítica; se mide en hercios (Hz) e indica cuántas veces por segundo el dispositivo captura la posición del ojo. Para estudios de usabilidad web, una frecuencia de 60 Hz suele ser suficiente, pero para el estudio de las **sacadas** (movimientos rápidos entre fijaciones) en neurociencia, se requieren dispositivos que superen los 500 Hz para capturar la dinámica completa del movimiento acelerado y desacelerado del globo ocular.

Otro aspecto fundamental es la **precisión y la exactitud** del sistema. La exactitud se refiere a la diferencia entre la posición real de la mirada y la posición registrada por el dispositivo, mientras que la precisión se refiere a la capacidad del sistema para reproducir la misma medición de manera consistente (el nivel de "ruido" en los datos). Una cámara de alta calidad debe mantener una exactitud inferior a 0.5 grados de ángulo visual. Para lograr esto, los sistemas modernos incorporan algoritmos de compensación de movimiento de cabeza, permitiendo que el sujeto se mueva con relativa libertad sin que la calibración del sistema se pierda por completo.

Iluminadores Infrarrojos: Fuentes de luz LED que crean los reflejos necesarios en la córnea para la triangulación.

Sensores de Imagen de Alta Velocidad: Cámaras especializadas con obturadores globales que capturan la morfología del ojo sin distorsiones por movimiento.

Unidad de Procesamiento de Datos: Hardware o software encargado de convertir las imágenes de video en coordenadas de mirada (X, Y) en tiempo real.

Algoritmos de Calibración: Procedimientos iniciales donde el usuario sigue puntos en una pantalla para que el sistema aprenda las características únicas de su anatomía ocular.

4. Tipología de Dispositivos

Existen principalmente dos categorías de cámaras de movimiento ocular, clasificadas según su movilidad y el entorno de uso. Los **sistemas estacionarios o de pantalla** (Remote Eye Trackers) se ubican debajo o integrados en un monitor. Estos son ideales para estudios donde el estímulo es digital, como la evaluación de interfaces de software, visualización de anuncios o lectura de textos electrónicos. Su principal ventaja es que no requieren que el usuario vista ningún equipo, lo que reduce el sesgo de observación y permite sesiones de prueba más largas y cómodas.

Por otro lado, encontramos los **sistemas portátiles o de gafas** (Mobile Eye Trackers). Estos dispositivos integran cámaras de movimiento ocular en una montura similar a la de unas gafas convencionales, junto con una "cámara de escena" que graba la perspectiva del usuario. Esta configuración es esencial para la investigación en entornos naturales, como supermercados, conducción de vehículos o prácticas deportivas. Al permitir la movilidad total, estos sistemas capturan cómo interactúa el ser humano con el mundo físico, proporcionando datos valiosos sobre la atención visual en contextos de la vida real que los sistemas de laboratorio no pueden replicar.

Finalmente, existe una categoría emergente de **sistemas basados en webcam**. Aunque técnicamente utilizan cámaras de video estándar en lugar de cámaras de movimiento ocular especializadas en infrarrojos, emplean algoritmos avanzados de aprendizaje profundo para estimar la mirada. Aunque su precisión es significativamente menor que la de los sistemas profesionales, su bajo costo y escalabilidad permiten realizar estudios masivos a través de internet, democratizando el acceso a la recolección de datos biométricos en el ámbito del marketing digital y las ciencias sociales.

5. Aplicaciones en la Investigación Científica

En el ámbito de la **psicología cognitiva** y la lingüística, la cámara de movimiento ocular es una herramienta indispensable para estudiar los procesos de lectura y comprensión. Al analizar las **fijaciones** (periodos en los que el ojo permanece relativamente quieto) y las regresiones (movimientos hacia atrás en el texto), los investigadores pueden identificar qué palabras

presentan mayor carga cognitiva o dificultad de procesamiento. Estos datos permiten construir modelos sobre cómo el cerebro humano decodifica símbolos y construye significados en tiempo real, algo imposible de lograr mediante simples pruebas de memoria o cuestionarios post-lectura.

En la medicina y la **neurociencia clínica**, el seguimiento ocular se utiliza como un biomarcador para el diagnóstico precoz de diversas condiciones neurológicas. Trastornos como el autismo, la enfermedad de Parkinson y el Alzheimer presentan patrones de movimiento ocular atípicos. Por ejemplo, se ha observado que los niños con trastornos del espectro autista suelen fijar menos la mirada en los ojos de las personas en videos sociales en comparación con niños con desarrollo neurotípico. La cámara de movimiento ocular proporciona una métrica objetiva y cuantitativa que ayuda a los clínicos a evaluar la progresión de las enfermedades y la eficacia de los tratamientos.

La **ergonomía y la seguridad industrial** también se benefician enormemente de esta tecnología. Al equipar a operadores de maquinaria pesada, pilotos o cirujanos con cámaras de movimiento ocular, es posible identificar patrones de fatiga visual o túneles de atención que podrían derivar en accidentes catastróficos. El análisis de la "conciencia situacional" a través de la mirada permite diseñar mejores protocolos de entrenamiento y paneles de control más intuitivos, asegurando que la información crítica siempre esté dentro del campo visual prioritario del operador durante momentos de alta presión.

6. Significado e Impacto en la Industria y el Marketing

El impacto de la cámara de movimiento ocular en el mundo comercial es profundo, especialmente en el área del **Neuromarketing**. Las empresas utilizan esta tecnología para evaluar la eficacia del diseño de empaques, la disposición de productos en los estantes de los supermercados y la jerarquía visual de los anuncios publicitarios. Mediante el uso de **mapas de calor** (heatmaps), que representan visualmente las zonas que recibieron mayor atención, y **mapas de rutas** (scanpaths), que muestran el orden de las fijaciones, los analistas pueden determinar si un mensaje de marca está siendo ignorado o si un elemento visual distractor está desviando la atención del objetivo principal.

En el diseño de [experiencia de usuario \(UX\)](#), el seguimiento ocular permite optimizar interfaces digitales de manera basada en evidencia. Los diseñadores pueden identificar puntos de fricción donde los usuarios se pierden o elementos de navegación que son invisibles para el ojo humano debido a su ubicación. Esto ha llevado a la formulación de patrones de diseño estándar, como el "Patrón en F" para la lectura de páginas web, que describe cómo los usuarios suelen escanear el contenido digital. La optimización resultante no solo mejora la satisfacción del usuario, sino que aumenta directamente las tasas de conversión en plataformas de comercio electrónico.

Además, la tecnología está comenzando a integrarse en la **Interacción Persona-Ordenador** como una modalidad de entrada activa. Esto significa que la cámara de movimiento ocular no solo

registra datos, sino que permite al usuario controlar el sistema con sus ojos. Esto tiene aplicaciones revolucionarias en tecnologías de asistencia para personas con discapacidades motoras severas (como la ELA), permitiéndoles escribir, navegar por internet y comunicarse mediante la mirada. Asimismo, en la industria de los videojuegos y la realidad virtual, el seguimiento ocular permite el "renderizado foveado", una técnica que concentra la potencia de procesamiento gráfico solo en el punto donde el usuario está mirando, mejorando drásticamente el rendimiento y el realismo.

7. Debates, Críticas y Limitaciones

A pesar de sus avances, la cámara de movimiento ocular no está exenta de críticas y desafíos técnicos. Uno de los debates más persistentes es el cuestionamiento de la **hipótesis del ojo-miente**. Diversos estudios han demostrado que es posible prestar atención a algo sin mirarlo directamente (atención periférica o encubierta) y, a la inversa, es posible mirar fijamente algo sin procesarlo cognitivamente (el fenómeno de "mirar pero no ver"). Por lo tanto, inferir estados mentales complejos o intenciones de compra basándose exclusivamente en datos de seguimiento ocular puede llevar a conclusiones erróneas si no se triangula con otras métricas biométricas o conductuales.

Desde una perspectiva técnica, existe el problema conocido como el "**Efecto Midas**" en las interfaces controladas por la mirada. Este problema surge cuando el sistema interpreta cada fijación prolongada como un comando de "clic", lo que provoca acciones no deseadas simplemente porque el usuario estaba observando un elemento para comprenderlo, no para activarlo. Resolver esta ambigüedad entre la observación pasiva y la intención activa sigue siendo uno de los mayores retos en el diseño de sistemas interactivos basados en cámaras de movimiento ocular.

Finalmente, la **privacidad y la ética** representan una preocupación creciente. A medida que las cámaras de movimiento ocular se vuelven más comunes en dispositivos de consumo, surge el riesgo de que las empresas recopilen datos biométricos íntimos sin un consentimiento plenamente informado. La mirada puede revelar información sensible sobre la salud mental, las preferencias sexuales, las inclinaciones políticas y las vulnerabilidades cognitivas de un individuo. La posibilidad de utilizar estos datos para la manipulación psicológica en publicidad o para la vigilancia masiva plantea dilemas éticos profundos que las legislaciones actuales aún están tratando de abordar.

8. Lectura Adicional

[Eye tracking - Wikipedia, the free encyclopedia](#)

[What is eye tracking? - Tobii Technology](#)

[Holmqvist, K., et al. \(2011\). Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures. Oxford University Press.](#)

[Eye-Tracking Research Methodologies - Nielsen Norman Group](#)

[The Eye-Mind Link: An Overview - Frontiers in Psychology](#)

ARABPSYCHOLOGY.COM