

---

# APLICACIONES Y USOS DE LA TECNOLOGÍA MOTION CAPTURE EN EL CAMPO DEL ARTE Y LA CIENCIA

Susana Elvira Del Río Kuroiwa

---

## Resumen

Análisis de la técnica de captura del movimiento conocida como *motion capture* o *performance capture*, en el campo de la industria cinematográfica. Para ello se hace una revisión de los diversos tipos de sistemas y sus usos, dando un énfasis al sistema de marcadores ópticos-pasivos que se han empleado en películas y animaciones. Asimismo, se aborda el uso de esta tecnología para mejorar la calidad de vida de pacientes con problemas motores, presentando los proyectos interdisciplinarios del Dr. Dante Elías, de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), donde la perspectiva del diseño puede constituir un aporte particular.

---

## Palabras clave

*performance capture*, *motion capture*, captura de movimiento, marcadores ópticos-pasivos, animación .

---

## Introducción

“Las opciones de captura de movimiento vienen en muchos sabores para encajar en una variedad de necesidades”<sup>1</sup> (Moltenbrey 2015: 21)<sup>2</sup>. Con estas palabras la editora en jefe de *Computer Graphics World* (CGW) se refiere al empleo de la tecnología de *motion capture* o captura de movimiento en una diversidad de campos. Se utiliza en ciencia, salud, educación (Moltenbrey 2015: 21), y en el entrenamiento de deportistas en tiempo real (Peng-zhan y otros 2015: 1). También se usa en la captura de movimiento en videojuegos, tales como *Prince of Persia* (Moltenbrey 2015: 21), *3Dbasketball* y *NBA*, los cuales emplean esta técnica junto con la realidad virtual (Peng-zhan y otros 2015: 1). Finalmente, son conocidas sus innumerables aplicaciones en la industria cinematográfica.

“La técnica de captura de movimiento trata de copiar o capturar, y transformar los movimientos humanos en simulaciones realísticas por computadora” (Bratlie 2014: 154)<sup>3</sup>. Esta definición, que se refiere a los movimientos humanos, también puede aplicarse al caso de animales y objetos. Se trata del rastreo y captura de un cuerpo en movimiento, para una posterior reconstrucción de la data y mapeo de ésta en un segundo

---

<sup>1</sup> Traducción propia.

<sup>2</sup> “Motion-capture options come in many flavors to suit a variety of needs”.

<sup>3</sup> “The motion capture technique is about copying, or capturing, and transforming human movements into realistic computer simulations”.

---

---

objeto, creado por computadora, el cual adquiere el movimiento del primer cuerpo.

La data obtenida en la captura consiste en “muestras de algunas propiedades específicas, tales como posición, dirección y rotación” de los cuerpos en “intervalos de tiempo determinados (y regulares)”<sup>4</sup>. En el caso de la industria cinematográfica, cuando se traslada a un software de animación, esta información “es comúnmente representada como un set de puntos claves [...]. Cada punto clave contiene información acerca de posición y orientación” (Bratlie 2014: 153)<sup>5</sup>.

### **Tipos de sistemas: la flexibilidad del sistema óptico-pasivo**

Respecto a los tipos de marcadores y sistemas y sus respectivas ventajas o desventajas, Moltenbrey explica lo siguiente.

Hay marcadores activos (pulsed-LED), marcadores pasivos (reflexivos) y marcadores semi-pasivos. Hay sistemas reflexivos y ópticos. (...) Y hay sistemas sin marcadores, sistemas inerciales y sistemas magnéticos. Cada uno ofrece ventajas y desventajas, como la captura de movimiento en sí. Hay sistemas costosos a alta fidelidad y opciones a bajo costo (2005: 21)<sup>6</sup>

Asimismo, la autora señala la variedad de sistemas de captura de movimiento, que se clasifican según diversos criterios. Uno de éstos es el empleo de marcadores. “Muchos sistemas requieren trajes de licra que se adaptan al cuerpo, con marcadores incrustados o adjuntos, mientras que otros son libres de marcadores” (Moltenbrey 2015: 21)<sup>7</sup>.

De otro lado, el sitio web de la compañía Vicon, empresa dedicada a vender equipos de captura de movimiento, sostiene que los sistemas sin marcadores, llamados también de Video, cuentan con un software que rastrea el cuerpo en movimiento, pero observa que arrojan un mayor margen de error en la data, en comparación con los sistemas que usan marcadores.

En los sistemas que cuentan con marcadores, éstos pueden cumplir el rol de emisores o sensores. Dicha compañía reseña la diferencia entre éstos. En el caso de los ópticos-activos, el actor usa un traje que se conecta por cables a marcadores LED, el cual debe incluir una batería o un cargador. Por otro

---

4 “...samples of some specified properties, such as position, direction and rotation (...) at given (regular) time intervals”.

5 “...is commonly represented as a set of key-frames [...]. Each key-frame contains information regarding position and orientation”.

6 “There are active (pulsed-LED) markers, passive (reflective) markers, and semi-passive markers. There are reflective and optical systems. And there are markerless systems, inertia systems, and magnetic systems. Each offers advantages and disadvantages, as does motion capture itself. There are expensive high-fidelity systems and low-cost options”.

7 “Many systems require Lycra formfitting suits with embedded or attached markers, while others are marker-free”.

---

lado, se encuentran los marcadores ópticos-pasivos, este sistema consiste en cámaras, usualmente infrarrojas, que rastrean los marcadores retro-reflexivos que se encuentran ubicados en el traje del sujeto (Moltenbrey 2015: 21).

En este sistema, es importante la resolución y calidad del sensor de la cámara para obtener un mayor detalle del marcador. La importancia de la resolución es mayor cuando se trata de marcadores pequeños, como los que se usan en el rostro para una ficción, o cuando se emplean marcadores ubicados muy cerca al otro para analizar caminatas. Actualmente Vicon ofrece cámaras entre 4 y 16MP.

La velocidad de la cámara juega un rol significativo cuando se emplea en deportes, por ejemplo, en el golf, para analizar las oscilaciones o para calcular cuánto se deforma el músculo.

Entre las ventajas de los ópticos-pasivos se encuentra la libertad con que el bailarín o actor puede desplazarse a lo largo del escenario, ya que el traje no está conectado a ningún cable. Por ello, permite movimientos libres y flexibles. Respecto al sistema óptico, Moltenbrey señala que “éste continúa siendo un método muy popular, aunque la oclusión puede ser un problema” (2015: 21)<sup>8</sup>. Las cámaras pueden perder de vista algún marcador. Eso sucede, por ejemplo, cuando un actor se echa en el suelo. (Fig.1)

En tercer lugar, se encuentra el sistema inercial, que en líneas generales no requiere cámaras, excepto como una herramienta de localización. El actor emplea sensores inerciales y la data de los sensores es transmitida en forma inalámbrica a la computadora.

El sitio web de la compañía Meta Motion, también dedicada a la venta de sistemas para captura de movimiento, explica que el sistema inercial emplea pequeños sensores inerciales en estado sólido, llamados gyros, los cuales miden con precisión las rotaciones exactas de los huesos de los actores en tiempo real. Como ventajas, señala que el actor puede usar este sistema debajo de cualquier prenda de vestir. Incluso se puede realizar la captura desde laptops. Todo el sistema entra en una pequeña maleta que pesa poco y puede capturar hasta 64 actores simultáneamente. Es un sistema que no necesita cableado y brinda la data con precisión.

“En la actualidad los sistemas comunes de captura de movimiento se basan en los sensores ópticos o en los inerciales” (Peng-zhan y otros 2015: 1)<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> “This continues to be a very popular method, though occlusion can be an issue”.

<sup>9</sup> “At present, the common motion capture systems are based on either optical or inertial sensors”.



(Fig.1)

---

(Fig.1) Foto: DEL RIO, Susana. Fotografía de herramientas para la captura de movimiento del sistema óptico, Detalle de marcadores ópticos-pasivos, cortesía de LIBRA en la PUCP, Lima, Perú (2016).

---

Por un lado, se prefiere los sistemas ópticos para actividades que requieran una mayor exactitud en la información, como por ejemplo, la industria de videojuegos y la industria cinematográfica. Una desventaja de los sistemas ópticos radica en los altos costos, tanto en los equipos como en la construcción de escenarios. Por otro lado, los sistemas inerciales aún están en desarrollo, pues tienen poco tiempo de vida. Una ventaja de éstos es que demandan un menor presupuesto. Se emplean para investigar las interacciones entre la persona y el dispositivo (Peng-zhan y otros 2015: 1).

A lo largo de la historia de la captura de movimiento, otro criterio de clasificación incluye, además de los ópticos, los sistemas magnéticos y los sistemas mecánicos. Maureen Furniss, experta en temas de animación, explica que éstos últimos consisten en un sistema de metales a modo de “un esqueleto muy básico” (1999)<sup>10</sup>. De acuerdo a la autora, la persona que los usa, se mueve con el mencionado exoesqueleto. De ese modo, los sensores detectan las rotaciones de las articulaciones y pueden ser usados en cualquier ambiente (Moltenbrey 2015: 21). Furniss añade que la ventaja de este sistema es que “no hay interferencia de luz ni de campos magnéticos” (1999)<sup>11</sup>.

También son conocidos los sistemas electromagnéticos o magnéticos. Maureen Furniss (1999) señala que la persona que los usa tiene “una serie de receptores magnéticos que rastrean la ubicación con respecto a un transmisor magnético estático”<sup>12</sup>. Especifica que inicialmente se usaba en el campo militar para rastrear las cabezas de los pilotos.

Como ventajas, el sistema magnético permite conocer las posiciones y rotaciones absolutas de los cuerpos. Para el campo de las artes, otra ventaja es el uso del tiempo real, es decir, se puede realizar una actuación en vivo y en directo. Los que trabajan con títeres también se benefician de este sistema. Sin embargo, los pisos de cemento pueden contener metal, por lo que es necesario construir un escenario adecuado (Furniss 1999).

A nivel de las artes o animación, la desventaja de los sistemas mecánicos y magnéticos es que, por sus estructuras, ambos limitan los movimientos durante una danza o actuación (Moltenbrey 2015: 21). Justamente, en esto radica la supremacía de los marcadores ópticos-pasivos. Dada su flexibilidad y comodidad, su uso es frecuente tanto en la industria cinematográfica como en temas de salud y rehabilitación.

---

<sup>10</sup> “...a very basic skeleton...”

<sup>11</sup> “...no interference from light or magnetic fields”

<sup>12</sup> “...an array of magnetic receivers which track location with respect to a static magnetic transmitter”

---

### Usos en el cine

En la industria cinematográfica se aplica la captura de movimiento de una forma muy versátil, sea para animar “personajes de fondo, muchedumbres, personajes digitales dirigidos, personajes parecidos a los humanos, y aquéllos que no lo son” (Moltenbrey, 2015: 21)<sup>13</sup>. Si bien en un inicio, se le denominaba *motion capture*, ahora se prefiere el término *performance capture*, ya que involucra no sólo la captura de los movimientos del cuerpo, sino también el registro de las expresiones faciales, y los movimientos de dedos y manos, procesos conocidos como *facial capture* y *hand capture*, respectivamente (Moltenbrey 2015: 21).

Robert Zemeckis, director conocido por el uso de efectos visuales en sus películas, ha realizado *performance capture* en películas como *The Polar Express* (2004), *Beowulf* (2007) y *A Christmas Carol* (2009) (Moltenbrey 2015: 21). En el uso de esta técnica también destacan películas como *Avatar* (2009) y *The Adventures of Tintin* (2011), en las que se ha combinado la captura de movimiento con la realidad virtual (Peng-zhan y otros 2015: 1).

Moltenbrey señala que el *facial capture* puede realizarse con o sin marcadores. En la animación *The Polar Express* (2004), al actor Tom Hanks le colocaron un número considerado de pequeños marcadores en la cara, de modo que pudiera captarse hasta las más sutiles expresiones. Cámaras de alta resolución rastrearon el movimiento de estos marcadores. Posteriormente, esta información se aplicó en varios personajes de la película. Con el paso del tiempo los marcadores LED revolucionaron el sistema de captura en el cine permitiendo la retroalimentación en tiempo real (Moltenbrey). Por otro lado, en *Harry Potter and the Order of the Phoenix* (2007) usaron una técnica de rastreo sin marcadores, que igualmente permitió reconocer los rasgos faciales y sus expresiones (Moltenbrey 2015: 20).

Si bien el empleo del *hand capture* se ha extendido a la industria del entretenimiento, la biometría y el análisis de movimientos, Moltenbrey (2015) afirma que tiene mucho potencial para la realidad virtual y la realidad aumentada. En el caso de la industria cinematográfica, la captura de dedos y manos se aplica con un sistema de guantes que pueden llevar o no marcadores (Moltenbrey 2015: 20-21) y se aplican para mapear los movimientos de un actor a las manos de un personaje, para animar títeres, etc.

Un actor conocido en la industria cinematográfica por realizar *performance capture* es Andy Serkis, conocido como “un maestro de monstruos”. Sus

---

<sup>13</sup> “...background characters, crowds, lead digital characters, characters that are humanlike, and those that are not...”

---

expresiones y movimientos han dado vida a diversos personajes: Gollum en la saga *The Lord of the Rings* (2001-2003) y en *The Hobbit: an Unexpected Journey* (2012), *King Kong* (2005), *Caesar en Rise of the Planet of the Apes* (2011) y en *Dawn of the Planet of the Apes* (2014), así como a *Captain Haddock en The Adventures of Tintin* (Hiatt, 2014; Serkis, 2000-2016).

Serkis aclara que la gente asume que *performance capture* se trata de una profusión estimable de movimiento, pero lo que él ha aprendido es que esta experiencia enseña a ejercitar una quietud increíble. Esta reflexión citada por Hiatt (2014) refleja cómo el actor siente que debe actuar con la misma naturalidad como si estuviera en una película de *live-action*.

Por un lado, la experiencia de Serkis demuestra que en la actualidad, los avances en *performance capture* permiten que cualquier mínima expresión facial del actor sea capturada y mapeada en un personaje. Por otro lado, los animadores son quienes terminan de pulir a los personajes, proceso al cual Serkis ha comenzado a denominar “maquillaje digital”. Los avances conllevan nuevas interrogantes, como ¿quién se llevaría el crédito, o en todo caso, una nominación: el actor de *performance capture* o el animador del personaje? Consciente de este conflicto potencial “el supervisor de animación de *The Lord of the Rings* recientemente posteó un ensayo en línea insistiendo que Gollum, en particular, era “una actuación colaborativa” (Hiatt 2014).

### **Aplicaciones en ciencias y salud**

El sistema de captura de movimiento se emplea también de manera experimental en el campo de la salud en el país. Para ampliar la información al respecto, entrevistamos al Dr. Dante Elías Giordano, Profesor Principal del Departamento de Ingeniería, sección Mecánica, quien refiere su experiencia en la captura de movimiento con marcadores ópticos-pasivos con el objetivo de rehabilitar pacientes. Asimismo, explica su aplicación en el campo del deporte y la cultura. Se trata de diversos proyectos e iniciativas donde el diseño puede jugar un rol significativo. (Fig. 2)

La experiencia del Dr. Elías nos remite al año 2008 cuando se inicia formalmente el proyecto *Simulador en marcha*, el cual reúne un equipo de docentes, alumnos y exalumnos de Ingeniería Mecánica y Electrónica de la PUCP, liderados por él y la co-investigadora Mg. Rocío Callupe. El objetivo del mencionado proyecto fue mejorar la movilidad de pacientes “con lesiones motoras en miembros inferiores” (Grimaldo 2012: 2).

Este proyecto cuenta con un robot sobre el cual, se ubica al paciente. Cuando, el Dr. Elías dice robot, se refiere a dos plataformas especiales sobre las cuales el paciente se para poniendo cada pie sobre una plataforma. Las mismas que se mueven generando el movimiento del paciente. En esta fase interviene el sistema de captura, ya que las cámaras detectan

---

el movimiento del paciente. Al finalizar la sesión, se puede establecer una comparación entre el movimiento que genera el robot y el movimiento que detecta la cámara. Elías explica que al comparar los dos movimientos, se podrá determinar si se está generando el movimiento que se quiere.

En la publicación *Neo* de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Elías observa que el método tradicional de rehabilitación consiste en que el terapeuta solo sea quien mueve las piernas del paciente, quien naturalmente puede sentir miedo. En cambio, en el sistema propuesto el paciente “es sostenido con un arnés”. Al inicio se puede sentir confundido, “pero finalmente entiende que debe dejarse llevar y continuar el proceso” (citado en Grimaldo 2012: 7). Los pacientes sólo tendrían que “acostumbrarse a repetir las movimientos que la máquina les presenta en el ritmo que mejor les convenga” (Grimaldo 2012: 3).

El proyecto también incluye un entorno virtual para que el paciente se distraiga y se relaje. Elías explica que al habilitar un entorno virtual lo que se busca es situar a la persona en un espacio simulado de tal manera que se aisle del contexto del equipo, ya que el paciente tiene la tendencia a mirar hacia abajo para ver sobre lo que está parado, entonces adquiere una postura incorrecta para caminar. Por el contrario, cuando se colocó visores al paciente para sumergirlo en un entorno virtual, su postura era erguida. Como podemos ver, el uso del entorno virtual constituye una ventaja en la rehabilitación del paciente, porque presenta un ambiente verosímil con objetos diseñados y animados digitalmente.

Elías refiere que el proyecto comenzó con una alianza con la Clínica San Juan de Dios. Señala que la ventaja de trabajar con niños consiste en que se puede conseguir una recuperación más rápida que en los adultos. Sin embargo, como con los niños no se puede hacer pruebas por una cuestión de legislación, sólo se recopiló información clínica de los requerimientos del equipo. En la actualidad el equipo del proyecto *Simulador en marcha*, trabaja con el Instituto Nacional de Rehabilitación.

Actualmente el referido proyecto se encuentra en una fase de evaluación del sistema a nivel de ingeniería para que más adelante pueda ser calificado clínicamente. Para esta segunda fase Elías especifica que se requiere de otro proyecto donde los médicos sean los principales ejecutores de la labor.

En segundo lugar, también se viene gestando el *Proyecto del exoesqueleto*. Para ello se han realizado capturas de personas con movimiento normal: marcha, subir y bajar escalón. Elías afirma que, al generarse las capturas de un número considerable de personas, se puede obtener estadísticamente el patrón de movimiento de un grupo de personas seleccionadas. Sostiene que la meta es generar patrones que se puedan reproducir en cualquier robot. Con ello se pueden generar patrones de movimiento en un exoesqueleto, el





(Fig.2)



(Fig.3)

---

(Fig.2) Foto: DEL RIO, Susana. Fotografía Dr. Dante Elías Giordano, Coordinador del proyecto Simulador en Marcha de la PUCP, Lima, Perú (2015).

(Fig.3) Foto: DEL RIO, Susana. Fotografía del Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Robótica Aplicada (LIBRA) de la PUCP donde se realizan la capturas de movimiento, Detalle de cámara Vicon 460, Lima, Perú (2016).

---

cual se puede colocar sobre las piernas de una persona. Esto permitiría que un paciente con parálisis pueda movilizarse. “El dispositivo electromecánico tiene que poder reproducir estos movimientos como lo hace una persona normal” subraya Elías. (Fig. 3)

El profesor Elías destaca la presencia de diversas disciplinas, como la ingeniería electrónica, mecánica, mecatrónica y la medicina que han enriquecido los proyectos de captura de movimiento. Asimismo reconoce la importancia del aporte del Diseño Industrial a partir de su experiencia con otro proyecto en el que participó. En este sentido, sostiene que considera la posibilidad de convocar a alumnos de Diseño Industrial para que formen parte de un equipo interdisciplinario desde el inicio, ya que de esta manera se produce una mayor integración y aporte de saberes.

### **Proyecciones**

El Dr. Elías comenta algunas áreas en las cuales le gustaría incursionar empleando la captura de movimiento. “Queremos usar también los sistemas de captura de movimiento para hacer estudios de biomecánica deportiva para ver la performance de los deportistas”. Señala que observando las posturas y movimientos de los involucrados, se puede “mejorar sus capacidades o reducir la posibilidad de lesiones”.

Asimismo, afirma que el empleo de la captura de movimiento puede ser muy útil en diversos aspectos de la cultura peruana. Por ejemplo se podría reconocer y conservar los patrones de movimiento de la marinera y otras expresiones fundamentales y significativas de nuestro acervo cultural.

En este sentido finalmente, Elías observa que, a diferencia de los caballos de Andalucía que ya tienen patrones de movimiento registrados, los caballos de paso peruano aún no cuentan con este registro. Sostiene que la captura de movimiento de nuestros caballos de paso ayudaría a tener un patrón que se contraste con cualquier otro ejemplar que se esté introduciendo al país haciéndolos pasar por éstos. “Este patrón sería una herramienta eficaz para las personas interesadas en mantener las tradiciones y evitar alteraciones en las especies” concluye.

---

## Bibliografía

BRATLIE, Jostein y otros

- 2014 “Motion capture data represented using a blending type spline construction”. *Applications of Mathematics in Engineering and Economics*. Narvik, AMEE'14, pp. 153 – 157.

DEL-RIO-KUROIWA, Susana

- 2015 “Entrevista a Dante Elías Giordano”. 20 de octubre.

FURNISS, Maureen

- 1999 “Motion Capture”. En MIT Communications Forum. Consulta: 3 de marzo de 2016.  
<http://web.mit.edu/comm-forum/papers/furniss.html>

GRIMALDO, Diego

- 2012 “Rehabilitación en marcha”. *Neo* (Pontificia Universidad Católica del Perú). Lima, año 3, número 39, pp. 2-7.

HIATT, Brian

- 2014 “How Andy Serkis Became the King of Post-Human Acting”. *Rolling Stone*. s/l: Consulta: 25 de febrero de 2016.  
<http://www.rollingstone.com/movies/news/how-andy-serkis-became-the-king-of-post-human-acting-20140714>

METAMOTION

Motion Capture Suits: IGS-190™ Motion Capture System.  
Consulta: 15 de marzo de 2016.  
<http://metamotion.com/gypsy/gypsy-gyro.htm>

MOLTENBREY, Karen

- 2015 “Moving Performances”. *Computer Graphics World (CGW)*. s/l, volumen 38, número 5, pp. 20-21

PENG-ZHAN, Chen y otros

- 2015 “Real-Time Human Motion Capture Driven by a Wireless Sensor Network”. *International Journal of Computer Games Technology*. s/l: volumen 2015, pp. 1-14.

SERKIS, Andy

Andy Serkis: Official website. Consulta: 27 de marzo de 2016.  
<http://www.serkis.com/performance-capture.htm>

VICON

Motion capture. Consulta: 24 de marzo de 2016.  
<http://vicon.com/what-is-motion-capture>