

Estrategias para creación audiovisual interactiva a partir del movimiento del cuerpo

Fernando Enrique Franco Lizarazo¹
Karla Brunet²

Resumen

En el contexto de los medios digitales, la articulación del movimiento del cuerpo con la tecnología hace que las obras audiovisuales puedan ser creadas y modificadas en tiempo real, lo que favorece un diálogo o *feedback* continuo entre el mundo tangible y el medio digital. Las infinitas posibilidades de gestos y movimientos del cuerpo adquieren una nueva materialidad cuando son digitalizados. La imagen y el sonido digital son materiales elásticos que se transforman para inscribir el tiempo y el movimiento a partir de las acciones de los espectadores o intérpretes en una obra interactiva. Entre las técnicas más usadas en las obras interactivas y prototipos referenciados en este artículo están el *motion capture*, *motion tracking*, visión por computador, *machine learning*, la síntesis y procesamiento digital de sonido e imagen, en conexión con uno o más tipos de sensores o interfaces dispuestos en el espacio. Estas configuraciones permiten diferentes niveles de automatización en el funcionamiento de los componentes tecnológicos de las obras, y de detalle en la cantidad y calidad de la información capturada. Asimismo, las estructuras propuestas influyen en el nivel de complejidad de las interacciones y el nivel de indeterminación de los resultados audiovisuales.

Palabras clave: Movimiento, cuerpo, audiovisual, interacción, código

Introducción

Dentro de las obras y proyectos referenciados en este artículo encontramos diversas estrategias para abordar los aspectos estéticos, conceptuales, técnicos y de interacción a partir del movimiento corporal para crear y transformar contenidos audiovisuales. Un aspecto recurrente en estas obras es el carácter híbrido en su producción, presentación y resultados. Todas las obras aquí tratadas involucran tecnologías de captura de movimiento, y/o interfaces y sensores que registran cambios en los gestos y acciones de los espectadores o intérpretes. Dependiendo de estas tecnologías y de los modelos usados para mapear los parámetros asociados al movimiento, se presentan diferentes niveles de detalle y respuesta a las acciones de los individuos, los cuales se adaptan a las necesidades específicas de cada proyecto. La diversidad de herramientas y configuraciones de los ambientes interactivos lleva a explorar y proponer experiencias multisensoriales. Los estímulos multimodales presentes en muchas de las obras propuestas, corresponden a sensores naturales del ser humano que pueden ser simulados a través de sensores artificiales. Por esta razón, los canales sensoriales recurrentes en las obras que llevan a una percepción multimodal son la visión, la audición, el tacto, y la cinestesia a través de los propioceptores del cuerpo. La flexibilidad para reconfigurar la relación entre

¹ Mestre, doutorando no Programa de Pós-graduação em Cultura e Sociedade na Universidade Federal da Bahia – UFBA. Contato: (71) 98786 1935, rugitus@gmail.com

² Doutora, professora do Programa de Pós-graduação em Cultura e Sociedade na Universidade Federal da Bahia – UFBA. Contato: (71) 99943 8889, karlab@ufba.br

movimiento, imagen y sonido, así como la capacidad de control a varios niveles, son aspectos cruciales para apoyar la creatividad y la producción de obras audiovisuales e interactivas. En los medios digitales, el control gestual se utiliza para lograr resultados "más expresivos", aprovechando la versatilidad y espontaneidad del repertorio de movimientos del cuerpo humano. Las características temporales y espaciales de los gestos y sus matices capturados por un dispositivo de entrada se pueden utilizar para controlar y transformar varios parámetros visuales y de audio.

Presencia y representación

En muchas obras interactivas el computador captura los gestos del espectador a través de una cámara de video y el contenido aparece como la diferencia entre las acciones de los espectadores y sus transformaciones creadas y proyectadas desde el software. Algunos ejemplos de este tipo de trabajo son *Videoplaces* (1972-1990s) de Myron Krueger, y *Recollections* (1981-2014) de Ed Tannenbaum. Según la propuesta por David Rokeby (2006) las reflexiones transformadas del espectador son un diálogo entre el propio ser, la imagen de sí mismo y el mundo exterior. Rokeby afirma que este tipo de trabajo lleva al espectador a ver su propia imagen desde otro punto de vista simultáneamente con sus acciones, creando una especie de tensión estereoscópica (Rokeby, D., 1996).

Es interesante pensar en este tipo de obras desde la indeterminación y la complejidad de los resultados que se pueden crear a partir del movimiento. En este sentido, se puede ir más allá de la copia o reflejo literal del movimiento y explorar un sinfín de formas de visualización y sonorización, promoviendo diferentes tipos de interacciones entre uno o más espectadores y las obras. La mayoría de las piezas interactivas ofrecen un rango limitado de posibilidades a los espectadores, estas restricciones ayudan o guían las acciones del espectador, y al mismo tiempo reflejan sus gestos en los resultados. Para algunos artistas como Myron Krueger, lo importante es la composición de las relaciones entre acción y respuesta, dejando en un segundo plano la "belleza" de las respuestas visuales y sonoras (Rokeby, 1996). Es importante pensar, hasta donde llegan las restricciones y las libertades dadas por el artista para el intercambio de información individuo-ambiente. En esas particularidades y posibles combinatorias de acciones y respuestas radican el sentido de la obra y las claves para una interacción creativa.

Hipercuerpo y memoria del movimiento

La digitalización del cuerpo permite crear nuevas experiencias en las obras interactivas. El cuerpo se convierte en un "hipercuerpo" (Levy, 1999) que se transforma, deforma y comienza a existir en un espacio virtual, donde la inercia de sus movimientos puede generar nuevas imágenes, sonidos y conexiones espacio-temporales entre los cuerpos digitalizados y actuales de los espectadores. Pasado, presente y futuro crean un diálogo permanente. En general, en las obras de arte interactivas contemporáneas se espera una respuesta inmediata a las acciones del espectador, incluso si esta respuesta sucede en un espacio virtual. Esta sincronización se percibe como una prueba de buen funcionamiento del sistema, sin embargo, es interesante experimentar con los tiempos de respuesta con relación al tiempo de los movimientos de los espectadores. Por ejemplo, la video-instalación *Present Continuous Past* (1974) de Dan Graham propone un tipo de interacción y percepción

de la propia imagen con tiempos diferentes. El cuerpo virtual adquiere nuevas velocidades, habita nuevos espacios, se desplaza y fragmenta tomando un carácter de telepresencia y ubicuidad, el cuerpo se multiplica y se reinventa. Las características de los cuerpos visibles, audibles y sensibles captadas por los dispositivos tecnológicos siempre están filtradas por sus propias limitaciones técnicas y por los algoritmos y parámetros definidos por el artista-programador. En este sentido, la "heterogénesis" (Levy, 1999), reconstrucción, deconstrucción, metamorfosis y proyección del cuerpo será el resultado de las posibles combinatorias de parámetros propuestas por el artista entre la mediación tecnológica y las acciones del espectador.

Una de las tecnologías más usadas con relación al movimiento del cuerpo humano y su digitalización es el *motion capture*, la cual se ha utilizado en varios proyectos de danza como *Biped* (1999) y *Loop* (2000) de Merce Cunningham, y *Ghostcatching* (1998) de Bill T. Jones. El cuerpo virtual creado a partir de este tipo de tecnologías, guarda información de un cuerpo humano que adquiere nuevas dimensiones. Como afirma Ivani Santana, "*a dança agora pode ocorrer nesta organização corpórea de outra natureza. Real e virtual não podem mais continuar a serem colocadas como opostos, pois a virtualidade apenas significa uma outra possibilidade de existência. Trata-se de uma forma de existência real*" (Santana, 2006, p.110). Las formas del cuerpo en ese nuevo contexto pueden ser próximas a lo que se considera "real" en el mundo tangible, o estar completamente alejadas de esas referencias como resultado de percepciones expandidas, donde las nociones de tiempo, espacio y movimiento también adquieren nuevas configuraciones. Santana (2006) propone que en la relación cuerpo-tecnología ambos son reconfigurados por completo y no sólo anexados uno al otro.

Realidad mixta y medios tangibles

El concepto de realidad virtual se ha utilizado por varias décadas, sin embargo, ha ido cambiando con el tiempo y en los últimos años ha tomado fuerza el paradigma de realidad mixta. Hansen (2006) al referirse a la realidad mixta, hace énfasis en la importancia de la forma como se accede a lo virtual, dando prioridad a la percepción más que al contenido. En este paradigma de la realidad mixta, el cuerpo es la referencia sobre la cual debe orientarse toda la experiencia perceptiva, el cuerpo es un sensor continuo de los cambios, es un transductor de lo virtual. En ese sentido, el movimiento sirve para darle una realidad corporal a la experiencia perceptiva externa, sea física o virtual (Hansen, 2006). Para Hansen la realidad mixta es la condición para toda experiencia real en el mundo de hoy. Las personas recuerdan las experiencias con la realidad virtual no como algo que vieron, sino como algo que les pasó. La experiencia sigue tomando fuerza con el desarrollo de las nuevas tecnologías de realidad virtual y realidad mixta, donde el usuario va a "sentir" más que solo observar y además puede interactuar con otras personas.

La obra *The Tangible Image* (1991), de Peter Weibel, permite un acceso háptico directo a una imagen digital. Weibel propone la presencia simultánea del espectador en dos lugares diferentes, en la sala real de la exposición donde además está siendo filmado y en el espacio digital que se manifiesta en la pantalla de proyección. El visitante puede tocar un monitor con una superficie de goma equipada con sensores que registran los toques y los transmiten a un computador para modificar la proyección de su propia imagen, es evidente el paradigma de la realidad mixta, donde el cuerpo es el medio para conectar el entorno físico con el virtual. El cuerpo existe en más de un lugar al mismo tiempo al entrar en un espacio de realidad mixta. La idea

del hombre que pierde su cuerpo por la tecnología y la descorporización a través de la realidad virtual debe ser revisado, de acuerdo con Hansen (2006), el entorno artificial tridimensional puede permitir que el hombre redefine el espacio a través de la interacción. Tomando como referencia *The Tangible Image* de Weibel, se puede pensar que el paradigma de la realidad mixta dialoga con el paradigma de "medios tangibles" (*tangible media*) planteado, entre otros, por Hiroshi Ishii y su grupo en el MIT Media Lab. En los proyectos de este grupo se trata de dar forma física y tangible a la información digital, creando experiencias multisensoriales e interacciones más directas y naturales.

Los principios de los medios tangibles se aplican en diversos objetos y aplicaciones, que van desde de la música y juguetes interactivos, *smartphones*, *tablets*, hasta pintura digital y diseño arquitectónico. Un ejemplo es la aplicación *d-sonus*³ (2013-2014) para dispositivos móviles, desarrollada en Salvador-Bahia dentro del proyecto *Música Móvel*⁴. *D-sonus* toma como punto de partida los movimientos de las manos del usuario, para realizar trazos visuales y sonoros simultáneos sobre una pantalla táctil que se generan a partir de algoritmos de síntesis de sonido e imagen. Las trayectorias de los gestos quedan grabadas en la memoria del dispositivo como parámetros de duración y posición en un plano X y Y, para luego ser reproducidas como composiciones audiovisuales que imitan los gestos del usuario, dentro de una estética de animación abstracta e "interfaces pictóricas y tangibles" (Levin, 2000). Esta aplicación surge como una actualización de un proyecto de maestría en ciencias desarrollado en la Universidad de Limerick en Irlanda, que tuvo como resultado una aplicación audiovisual interactiva llamada *Miró* (Franco, 2004) desarrollada en el ambiente de programación *Pure Data*. *Miró*⁵ fue diseñada para funcionar en computadores portátiles y de escritorio, y su interface de control era una *Wacom tablet* que además de capturar y enviar datos de posición, incorporaba el parámetro de presión que se ejerce con la mano sobre la *tablet* para modificar los resultados.

Representación y simulación visual del movimiento

La espontaneidad y diversidad del movimiento humano y del movimiento en general, se ha estudiado de forma continua a lo largo de la historia en las artes escénicas, las artes visuales, y concretamente en movimientos artísticos como el arte cinético, *op art*, futurismo y cubismo. El arte cinético rompe con la condición estática de la pintura, presentando la obra como un objeto que se mueve, que no sólo refleja o representa el movimiento, sino que está en movimiento. Algunos estudios extienden aún más la noción de arte cinético e incorporan obras que evidencian sus posibilidades de transformación, ya sea por la posición del observador o por la manipulación de la obra. El arte cinético busca la "intensificación de la sensibilidad perceptiva" lo cual es también un aspecto importante de la experiencia estética en la interacción con medios digitales. El arte cinético, a diferencia de los *happenings* y el performance, ofrece también la posibilidad de realizar acciones en la ausencia del artista, lo cual puede ser un esquema de referencia para obras de arte con medios interactivos (Kwastek, 2013). En la pintura futurista de comienzos del siglo XX, el uso de colores vivos, contrastes y la superposición de imágenes pretendía dar la idea de deformación dinámica. Para los artistas del futurismo los objetos no acaban con el contorno aparente y sus aspectos formales se entrelazan continua y simultáneamente. Se busca expresar el movimiento actual, registrando o representando la velocidad

3 <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.musicomvel.dominigound>

4 <https://musicomvelbahia.wordpress.com/>

5 <https://vimeo.com/channels/collectimptag/24438865>

descrita por las formas en movimiento en el espacio. Dinamismo y simultaneidad son términos paradigmáticos de la propuesta futurista.

Motivado por las ideas cubistas y futuristas de desintegrar la representación lineal del espacio y el tiempo, diseñadores y artistas del estudio alemán ART+COM crearon *The Invisible Shapes of Things Past*⁶ (1995-2006), un proyecto que consiste en traducciones paramétricas de películas en el espacio. Fotogramas de una secuencia de la película se alinean en el espacio de acuerdo con el movimiento de la cámara con la que se tomaron. A través de esta traducción de cuadros individuales que consisten en píxeles individuales (elementos de imagen) en el espacio, se generan los objetos de voxels (elementos de volumen). De esta manera se generan objetos y esculturas a partir de fotogramas individuales preexistentes. Otro objetivo de este trabajo de ART+COM es introducir un método para encontrar formas arquitectónicas o escultóricas basadas no en el modelado manual, sino en procesos generativos, que en este caso tienen como referencia el movimiento de la mirada a través de una cámara de video y su división en fotogramas individuales. A partir de estos métodos se crearon tres tipos de resultados para *The Invisible Shapes of Things Past*:

- Una aplicación basada en la pantalla (1995): en una representación virtual de una ciudad, estos objetos cinematográficos están colocados de acuerdo con el lugar y el tiempo en que fueron filmados en la ciudad real.
- Un modelo arquitectónico aumentado (1999): con la ayuda de la técnica *Pepper's ghost technique*⁷ (proyección en un espejo semi-transparente), un objeto-película (*film object*) fue aumentado en un modelo de arquitectura física.
- Esculturas basadas en la película (2006): con la llegada de las impresoras 3D que hacen posible la impresión de objetos virtuales, estos objetos-película inmateriales salen de las pantallas y se presentan como esculturas físicas. (Art+Com, 2016)

Estos objetos recuerdan las esculturas futuristas que sugieren acción y movimiento dados por la expansión y desplazamiento de las figuras, por ejemplo, la obra "Formas únicas de continuidad en el espacio" de Umberto Boccioni (1913). Este tipo de formas híbridas producidas con medios digitales son un ejemplo de las infinitas posibilidades de creación de nuevas formas visuales a partir del movimiento y las diferentes estrategias para abordarlo estéticamente y producir interfaces de acceso a la obra.

Imagen numérica, tiempo, movimiento e interacción

Simón Feldman (2002, p.108) afirma que "...no hay 'originales' con lo numérico, ya que cada pixel o unidad mínima es una serie de 0 y 1 modificable a voluntad: cada tratamiento de imagen genera una nueva imagen sin pasado". Las imágenes digitales se construyen a partir de modelos numéricos, que por ser abstracciones formales necesariamente reducen y limitan la cantidad de información a lo que es estrictamente necesario, útil, manipulable y funcional en esos modelos. El referente para estas imágenes es el algoritmo o programa que las origina, no dependen de ninguna conexión física con objetos del exterior y por esto se pueden crear imágenes

6 <http://artcom.de/en/project/the-invisible-shape-of-things-past/>

7 http://en.wikipedia.org/wiki/Pepper%27s_ghost

completamente nuevas, sean realistas o abstractas. Lo visible se convierte en el resultado de múltiples combinatorias posibles a partir de abstracciones matemáticas. Las imágenes digitalizadas a partir de una cámara también tienen infinitas posibilidades de manipulación y se pueden transformar hasta perder por completo sus referentes en el mundo "real" (Machado, 2000). Varios autores afirman que el valor de las imágenes sintéticas, no radica tanto en su resultado acabado, sino en la manera como se crean sus formas, es decir, en la originalidad de los procesos que las hacen posibles.

En cuanto a la investigación en el campo de la imagen sintética y su relación con el movimiento corporal, en la década de 1970s, Myron Krueger creó el laboratorio *Videoface* de "realidad artificial", término usado por él para describir sus ambientes inmersivos e interactivos. El objetivo de Krueger era crear una realidad artificial alrededor de los usuarios, que respondiera a sus acciones y movimientos, sin la necesidad de usar accesorios como lentes y guantes. Los ambientes y simulaciones de Krueger están basados en técnicas de reconocimiento a partir del video, lo que actualmente se conoce como visión por computador (*computer vision*), donde los movimientos de los usuarios se analizan y se transfieren a las representaciones coloridas de sus siluetas en el entorno de realidad artificial. A partir de estas representaciones se espera que los usuarios tengan una sensación de presencia al interactuar con los objetos que aparecen en pantalla y con otros usuarios, aunque no haya una respuesta o *feedback* táctil. Las interacciones consisten en acciones como dibujar en la pantalla, manipular elementos gráficos y animaciones a partir de la silueta del cuerpo, y la interacción con las siluetas y acciones de otros usuarios sobre la misma proyección. Además, se crean diferentes tipos de visualizaciones y efectos basados en principios físicos, que expanden los gestos de los usuarios, como por ejemplo la multiplicación y repetición de formas, variación de colores, brillo y escala de la representación del cuerpo y sus movimientos. Es así como el trabajo de Myron Krueger introdujo un vocabulario básico de interacción con medios digitales (Kwastek, 2013).

En la última década las grandes empresas de videojuegos han desarrollado controles basados en el movimiento del cuerpo, que son capaces de captar y transmitir varias dimensiones del movimiento simultáneamente. Es el caso de los controles *wii mote*, lanzados por la compañía japonesa Nintendo en 2006, que además de los botones usados en los *gamepads*, incorporan sensores infrarrojos y acelerómetros para detectar posición, rotación y movimientos hacia delante y hacia atrás. Además, los *wii mote* tienen varias formas de uso, ya sea con una o dos manos y con accesorios adaptables a diferentes tipos de acciones. Otro ejemplo de sensor de movimiento es el *Kinect*, lanzado por la compañía Microsoft en 2010, que permite a los usuarios controlar e interactuar con la consola de juegos sin necesidad de tener contacto físico con un control de videojuegos tradicional, mediante una interfaz que reconoce gestos, objetos, imágenes y comandos de voz.

Existen varias iniciativas para emplear estas tecnologías con fines distintos a los videojuegos, más específicamente como controladores de efectos visuales, robots, drones, y en expresiones artísticas como teatro, danza, performance audiovisual e instalaciones interactivas. Estos usos alternativos se deben, en parte, a que estos dispositivos y la tecnología que incorporan, son relativamente asequibles en el mercado para creadores, desarrolladores y artistas, comparados con otro tipo de dispositivos especializados que solo grandes empresas o instituciones pueden desarrollar o adquirir debido a su alto costo. Muchas de las herramientas que se usan

en estos proyectos alternativos, se han desarrollado gracias al trabajo colaborativo de comunidades de programadores y artistas, que facilitan el acceso a la tecnología a los creadores que trabajan con los nuevos medios.

Un ejemplo de uso alternativo del *Kinect*, es *as-phyx-i-a*⁸ (2015), un corto experimental creado por Maria Takeuchi y Frederico Phillips con la bailarina Shiho Tanaka. Los artistas "hackearon" un *Kinect* para la captura de datos de movimiento, que posteriormente fueron utilizados para crear y renderizar animaciones en 3D. El resultado es una versión sintética de la coreografía ejecutada por la bailarina, donde su figura visual es reemplazada por una estructura de redes o cables elásticos unidos por miles de nodos, que parecen formar una camisa de fuerza de la que el cuerpo intenta escapar. La plasticidad y fluidez de los movimientos digitalizados hacen inevitable la asociación con su origen corporal y físico. En *V motion project*⁹ (2012), del programador y artista Jeff Nusz y colaboradores, se crea música a través del movimiento, y utiliza las capacidades del *Kinect* para capturar los gestos de un intérprete, y traducirlos en la música que se realiza en vivo, y en proyecciones visuales de gran formato. Elementos de diseño como el seguimiento en tiempo real o *motion tracking* y muestras sonoras que se dibujan al ser tocadas hacen parte del espectáculo. Los diseñadores del proyecto optimizaron y sincronizaron los procesos de generación visual, sonora y los sistemas de captura de movimiento y visión por computador.

Con relación a la investigación sobre la abstracción de la forma humana y el movimiento, podemos mencionar el proyecto *Reincarnation*¹⁰ (2009) del artista Memo Akten. En este caso, el artista diseñó un sistema de visión por computador para capturar el performance de un bailarín, y usa su cuerpo como si fuera un pincel para crear formas abstractas, expandiendo el cuerpo y su movimiento. Aunque la forma natural del cuerpo desaparece, las visualizaciones y efectos que se generan con algoritmos de síntesis, revelan la dinámica y estructura de los movimientos de un ser humano. Es como si el referente físico se desvaneciera y solo permaneciera su alma o su "aura". *Reincarnation* es un prototipo de lo que puede ser una estética digital abstracta creada a partir del movimiento.

El proyecto *Manual Input Workstation*¹¹ (2004) de Zach Lieberman y Golan Levin presenta una serie de viñetas audiovisuales que sondean las posibilidades expresivas de los gestos de las manos y los movimientos de los dedos. Las interacciones ocurren en una combinación de software interactivo, un proyector analógico, y un proyector de video digital conectado a un computador. Durante el uso, los gestos de las manos de los visitantes son interpretadas por un sistema de visión por computador a medida que pasan a través de la tapa de cristal del retroproyector. En respuesta, el software genera gráficos y sonidos sintéticos que están estrechamente ligados a las formas y los movimientos de las acciones de los visitantes. Las formas creadas con las manos se proyectan como animaciones que responden a diversos parámetros como trayectorias de los movimientos, simulaciones de la fuerza de gravedad, elasticidad, capacidad de rebotar y donde además hay un correspondencia entre las características visuales y el sonido que se genera.

8 <http://www.asphyxia-project.com/>

9 <http://www.custom-logic.com/blog/v-motion-project-the-instrument/>

10 <http://www.memo.akten.io/reincarnation/>

11 <http://thesystemia.com/projects/manual-input-station/>

Creación artística a partir del sonido y el movimiento

El sonido fijado en soportes analógicos como la cinta magnética, al igual que el sonido digital, permiten su manipulación mediante diversos procedimientos como cortar, pegar, superponer, mezclar, etc. Sin embargo, el sonido digital es más flexible y maleable, y se puede procesar en tiempo-real con algoritmos cada vez más complejos en dispositivos cada vez más asequibles y cotidianos como los computadores personales y los dispositivos móviles. A continuación se hará una descripción de algunas obras, resaltando la manera en que enfatizan el sonido y el movimiento como componentes fundamentales.

Ivani Santana (2006, p.101) hace referencia a algunas obras de danza donde los movimientos están estrechamente relacionados con la música y el sonido por intermedio de dispositivos tecnológicos. En la obra *Variations V²* (1965) del coreógrafo Merce Cunningham, los bailarines se mueven entre antenas con células fotoeléctricas que envían señales para la consola de los músicos John Cage y David Tudor, por donde los sonidos son generados. En otra obra, *TV Rerun* (1972), Cunningham propone que el sonido sea generado por los músicos a partir de las señales enviadas por sensores incorporados al cinturón del bailarín. Estas señales varían de acuerdo a la localización del cuerpo en el espacio, haciendo que varíe también el tipo de sonido. Un aspecto interesante de estas propuestas es que no dependen de referencias visuales del cuerpo, sino de su ubicación y desplazamiento en el espacio.

InfoMus Lab basado en Génova-Italia, ha trabajado desde 1997 en el desarrollo de *EyesWeb*¹², una plataforma abierta para apoyar el diseño y desarrollo de sistemas e interfaces multimodales que funcionan en tiempo real. Para llevar a la práctica las capacidades de *EyesWeb* se han desarrollado obras como *TanGo Touching Music*¹³ (2011), una pieza para bailarines y voz, la cual vincula música de tango, tecnología para el análisis de gestos expresivos no verbales y danza. En esta obra se exploran las relaciones entre danza y música a partir de la ubicación del cuerpo en el espacio, las características de sus movimientos y las interacciones con otros cuerpos. La música vocal previamente grabada se modifica a partir de las acciones y cualidad de los movimientos de los bailarines en el escenario, creando una diversidad de polifonías y dinámicas sonoras.

Otro proyecto artístico que tiene el sonido como componente principal, es *Very Nervous System*¹⁴ de David Rokeby, desarrollado entre 1982 y 1995, una instalación sonora que reacciona a los movimientos del cuerpo capturados mediante una cámara de video. Esta obra tiene varias versiones, existe como objeto de exhibición para interacciones con los visitantes y como instrumento interactivo para performances con músicos y bailarines. En *Very Nervous System*, Rokeby plantea una interface inusual, invisible y difusa, que ocupa un volumen de espacio amplio. La interface se piensa como una zona de experiencia, de encuentro multidimensional. El lenguaje del encuentro no es claro al comienzo, pero evoluciona a medida que se explora y experimenta. La instalación es un *loop* en constante transformación, el usuario y el computador cambian como respuesta del uno al otro. La idea de Rokeby es que la

12 <https://www.youtube.com/watch?v=jQ1R74Nm3dE4>

13 http://www.infomus.org/eyesweb_eng.php

14 https://www.youtube.com/watch?v=DckQ5XU_E0s&list=PLRVgIAQUBzLUM_ZYBzKWZEOhnsEhockq

15 <http://www.davidrokeby.com/vns.html>

#15.ART

Encontro Internacional de Arte e Tecnologia
International Meeting of Art and Technology

noción de control se pierda y la relación entre el espectador/intérprete y el sistema sea compleja y resonante, de encuentro y involucramiento.

El equipo del ISMM (*Sound Music Movement Interaction*)¹⁶ en el IRCAM de París, plantea que el diseño de las relaciones entre el movimiento y el sonido es un aspecto crucial para la creación de sistemas sonoros interactivos. En este contexto, las técnicas de *machine learning*¹⁷ han demostrado ser eficientes como apoyo al diseño, lo que permite a los usuarios evaluar y refinar el reconocimiento de gestos, mapeos movimiento-sonido y estrategias de control. El ISMM desarrolló *MUBU.*MM* (Bevilacqua et al, 2014) un conjunto de objetos de software para el modelado probabilístico de las relaciones de movimiento y sonido. Esta colección de objetos proporciona herramientas para crear mapeos de forma interactiva. El mapeo movimiento-sonido es "aprendido" automáticamente por el sistema cuando el movimiento y sonido (por ejemplo sonidos vocales) generados por el usuario se graban de forma simultánea. El *MUBU.*MM* es independiente del tipo de dispositivos de detección de movimiento/gesto, y puede usar directamente diferentes tipos de sensores como cámaras y micrófonos de contacto. Algunas aplicaciones desarrolladas a partir de *MUBU.*MM* son *Resonant Scratching*, *Gesture-based Sound Mixing* e *Interactive Vocalization* (Bevilacqua et al, 2014, p.5). Estos modelos de software fueron implementados en el ambiente de programación *Max*¹⁸ y están disponibles libremente en *Ircam Forumnet*.¹⁹

Messa di Voce (2003)²⁰ de Galan Levin y Zach Lieberman, es definida por sus autores como una obra de arte de realidad aumentada, que tiene que ver con las implicaciones poéticas de hacer visible la voz humana. El interés de Levin y Lieberman en la fonestesia (*phonesthesia* en inglés), o simbolismo fonético, está reflejado en *Messa di Voce*. De acuerdo con esta idea, los sonidos de las palabras tienden a reflejar, en cierta medida, connotaciones asociadas de otros dominios de percepción tales como la forma o la textura. *Messa di Voce* se basa en un sistema de software que integra la visión por computador en tiempo real y algoritmos de análisis de la voz. En respuesta, el computador muestra varios tipos de visualizaciones en una pantalla de proyección detrás de los intérpretes; y están estrechamente acopladas a los sonidos hablados y cantados por los artistas. Gracias a un sistema de seguimiento o *motion tracking* de la cabeza, estas visualizaciones pueden proyectarse de tal manera que parecen surgir directamente de la boca de los intérpretes. En algunas de las visualizaciones, elementos gráficos proyectados no sólo representan sonidos vocales, sino que también sirven como una interfaz interactiva mediante la cual los sonidos que representan pueden ser reactivados y manipulados por los artistas.

En *V motion project*²¹ (2012), la cámara del *Kinect* se conecta a *Ableton Live*, un software comercial para hacer secuencias musicales, usado por Djs y músicos en espectáculos en vivo. El sistema musical se basa en un esqueleto virtual, el cual permite mapear los movimientos del cuerpo a los controles de *Ableton Live*. Por ejemplo, al tocarse la cabeza con una de las manos se puede activar algún *loop*, o controlar un filtro con la distancia entre las manos o un botón mediante su ángulo de rotación. Para *V motion project* también se creó un teclado aéreo basado en gestos.

16 <http://www.ircam.fr/>

17 http://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning

18 <http://cycling74.com/products/max/#:~:zpid=ISMMzKGB>

19 <http://forumnet.ircam.fr/product/mubu/>

20 <http://www.tmea.org/news/messa.html>

21 <http://www.custom-logic.com/blog/v-motion-project-the-instrument/>

Durante el proceso, los diseñadores notaron la dificultad para controlar las teclas en el aire por la ausencia de *feedback* táctil para el intérprete. Para resolver este problema, se ubicaron las teclas virtuales a los lados del intérprete, las cuales se tocan al extender completamente sus brazos, con lo cual se crea un *feedback* físico más natural basado en la extensión de las articulaciones. De esta forma se desarrolló un teclado aéreo circular, con teclas que se pueden crear y ubicar en cualquier posición en el espacio de acuerdo a la longitud de los brazos del intérprete. Así se pueden tocar y modificar diferentes tipos de sonidos mediante osciladores de baja frecuencia y filtros, que a su vez son controladas a partir de varios tipos de movimientos del intérprete como subir y bajar el pecho o las manos, abrir y cerrar las manos y los brazos, etc.

Consideraciones finales

A lo largo de este artículo se han tratado el movimiento, el sonido y la imagen visual desde diferentes perspectivas relacionadas con la creación artística en el contexto de los medios digitales interactivos, sin olvidar algunos antecedentes de la era pre-digital. Un aspecto que cabe resaltar es la manera como la evolución de las tecnologías y dispositivos digitales, hace que en la actualidad los artistas y creadores tengan mayor acceso a estas herramientas no sólo desde el punto de vista económico, sino desde el conocimiento de su estructura y funcionamiento a nivel de hardware y software. El papel de la comunidad de programadores y *hackers* ha sido fundamental a la hora de hacer públicas y disponibles los últimos desarrollos tanto de software libre como propietario, que pueden funcionar en conexión con dispositivos tecnológicos comerciales o hardware creado para proyectos específicos por ingenieros, investigadores y artistas. El desarrollo de lenguajes de programación enfocados hacia la creación artística también ha sido esencial para la producción de una infinidad de obras basadas en las tecnologías digitales.

Como alternativa para el desarrollo de prototipos en este tipo de proyectos, se puede pensar en redes de sensores que vayan más allá de la referencia visual del espectador/intérprete, es decir, más allá de usar una cámara o un *Kinect*. Se podrían usar sensores de presión para el peso, térmicos para la temperatura corporal, micrófonos para el sonido, ultrasónicos para distancias, acelerómetros y giroscopios para la posición e inclinación del cuerpo, etc., para así tener un rango más amplio de información como *input* para la creación audiovisual a partir del movimiento.

Referencias

- Art+Com Studios. Recuperado de <https://artcom.de/en/project/the-invisible-shape-of-things-past/> en 2016
- Bevilacqua, F., Françoise, J., Schnell, N., Borghesi, R. Probabilistic Models for Designing Motion and Sound Relationships. Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression. Goldsmiths University of London. Recuperado de http://ismm.ircam.fr/nime2014_mbd/ en 2014
- ISM - Sound Music Movement Interaction. Recuperado de http://ismm.ircam.fr/nime2014_mbd/ en 2014
- Feldman, S. La fascinación del movimiento. Editorial Gedisa S.A., Barcelona, 2002
- Franco, F.E. "Miró: a flexible expressive audiovisual system for real-time

#15.ART

Encontro Internacional de Arte e Tecnologia
International Meeting of Art and Technology

- performance and composition". Tesis de Master en Ciencias por Investigación. Universidad de Limerick, Irlanda. Publicado en LABS: Leonardo Abstracts Service, <http://collections.pomona.edu/labs/record/?pdb=3317>, 2004
- Hansen, M. *Bodies in Code: Interfaces with Digital Media*. Routledge, New York, 2006
- Kwastek, K. *Aesthetics of Interaction in Digital Art*. MIT Press, Cambridge/London. 2013
- Levin, G. *Painterly interfaces for audiovisual performance*. Master's Thesis, Massachusetts Institute of Technology, MIT Media Lab, Cambridge, 2000
- Lévy, P. *O que é o virtual?* Editora 34, São Paulo, 1999
- Machado A. *El Paisaje mediático. Sobre el desafío de las poéticas tecnológicas*. Libros del Rojas, Buenos Aires, 2000
- Daniels, D., Frieling, R. *Strategies of Interactivity. Media Art Interaction, The 1980s and 1990s in Germany*, ed. Goethe-Institut München / ZKM Karlsruhe, Springer, Vienna / New York, 2000, p. 170-197. https://www.hgb-leipzig.de/daniels/vom-readymade-zum-cyberspace/strategies_of_interactivity.html 2000
- Reyes, J. *Leslie and Moving Sound Sources*. Recuperado de <https://coma.stanford.edu/~juanig/codexamp/ckleslie.html> en 2016
- Rokeby, D. *Transforming Mirrors: Subjectivity and Control in Interactive Media*. Recuperado de <http://www.davidrokeby.com/mirrors.html> en 2016
- Santana, I. *Dança na cultura digital [online]*. Salvador: EDUFBA, 2006

Estrategias para creación audiovisual interactiva a partir del movimiento del cuerpo

Fernando Enrique Franco Lizarazo¹
Karla Brunet²

Resumen

En el contexto de los medios digitales, la articulación del movimiento del cuerpo con la tecnología hace que las obras audiovisuales puedan ser creadas y modificadas en tiempo real, lo que favorece un diálogo o *feedback* continuo entre el mundo tangible y el medio digital. Las infinitas posibilidades de gestos y movimientos del cuerpo adquieren una nueva materialidad cuando son digitalizados. La imagen y el sonido digital son materiales elásticos que se transforman para inscribir el tiempo y el movimiento a partir de las acciones de los espectadores o intérpretes en una obra interactiva. Entre las técnicas más usadas en las obras interactivas y prototipos referenciados en este artículo están el *motion capture*, *motion tracking*, visión por computador, *machine learning*, la síntesis y procesamiento digital de sonido e imagen, en conexión con uno o más tipos de sensores o interfaces dispuestos en el espacio. Estas configuraciones permiten diferentes niveles de automatización en el funcionamiento de los componentes tecnológicos de las obras, y de detalle en la cantidad y calidad de la información capturada. Asimismo, las estructuras propuestas influyen en el nivel de complejidad de las interacciones y el nivel de indeterminación de los resultados audiovisuales.

Palabras clave: Movimiento, cuerpo, audiovisual, interacción, código

Introducción

Dentro de las obras y proyectos referenciados en este artículo encontramos diversas estrategias para abordar los aspectos estéticos, conceptuales, técnicos y de interacción a partir del movimiento corporal para crear y transformar contenidos audiovisuales. Un aspecto recurrente en estas obras es el carácter híbrido en su producción, presentación y resultados. Todas las obras aquí tratadas involucran tecnologías de captura de movimiento, y/o interfaces y sensores que registran cambios en los gestos y acciones de los espectadores o intérpretes. Dependiendo de estas tecnologías y de los modelos usados para mapear los parámetros asociados al movimiento, se presentan diferentes niveles de detalle y respuesta a las acciones de los individuos, los cuales se adaptan a las necesidades específicas de cada proyecto. La diversidad de herramientas y configuraciones de los ambientes interactivos lleva a explorar y proponer experiencias multisensoriales. Los estímulos multimodales presentes en muchas de las obras propuestas, corresponden a sensores naturales del ser humano que pueden ser simulados a través de sensores artificiales. Por esta razón, los canales sensoriales recurrentes en las obras que llevan a una percepción multimodal son la visión, la audición, el tacto, y la cinestesia a través de los propioceptores del cuerpo. La flexibilidad para reconfigurar la relación entre

¹ Mestre, doutorando no Programa de Pós-graduação em Cultura e Sociedade na Universidade Federal da Bahia – UFBA. Contato: (71) 98786 1935, rugitus@gmail.com

² Doutora, professora do Programa de Pós-graduação em Cultura e Sociedade na Universidade Federal da Bahia – UFBA. Contato: (71) 99943 8889, karlab@ufba.br

movimiento, imagen y sonido, así como la capacidad de control a varios niveles, son aspectos cruciales para apoyar la creatividad y la producción de obras audiovisuales e interactivas. En los medios digitales, el control gestual se utiliza para lograr resultados "más expresivos", aprovechando la versatilidad y espontaneidad del repertorio de movimientos del cuerpo humano. Las características temporales y espaciales de los gestos y sus matices capturados por un dispositivo de entrada se pueden utilizar para controlar y transformar varios parámetros visuales y de audio.

Presencia y representación

En muchas obras interactivas el computador captura los gestos del espectador a través de una cámara de video y el contenido aparece como la diferencia entre las acciones de los espectadores y sus transformaciones creadas y proyectadas desde el software. Algunos ejemplos de este tipo de trabajo son *Videoplace* (1972-1990s) de Myron Krueger, y *Recollections* (1981-2014) de Ed Tannenbaum. Según lo propuesto por David Rokeby (2006) las reflexiones transformadas del espectador son un diálogo entre el propio ser, la imagen de sí mismo y el mundo exterior. Rokeby afirma que este tipo de trabajo lleva al espectador a ver su propia imagen desde otro punto de vista simultáneamente con sus acciones, creando una especie de tensión estereoscópica (Rokeby, D., 1996).

Es interesante pensar en este tipo de obras desde la indeterminación y la complejidad de los resultados que se pueden crear a partir del movimiento. En este sentido, se puede ir más allá de la copia o reflejo literal del movimiento y explorar un sinnúmero de formas de visualización y sonorización, promoviendo diferentes tipos de interacciones entre uno o más espectadores y las obras. La mayoría de las piezas interactivas ofrecen un rango limitado de posibilidades a los espectadores, estas restricciones ayudan o guían las acciones del espectador, y al mismo tiempo reflejan sus gestos en los resultados. Para algunos artistas como Myron Krueger, lo importante es la composición de las relaciones entre acción y respuesta, dejando en un segundo plano la "belleza" de las respuestas visuales y sonoras (Rokeby, 1996). Es importante pensar, hasta donde llegan las restricciones y las libertades dadas por el artista para el intercambio de información individuo-ambiente. En esas particularidades y posibles combinatorias de acciones y respuestas radican el sentido de la obra y las claves para una interacción creativa.

Hipercuerpo y memoria del movimiento

La digitalización del cuerpo permite crear nuevas experiencias en las obras interactivas. El cuerpo se convierte en un "hipercuerpo" (Levy, 1999) que se transforma, deforma y comienza a existir en un espacio virtual, donde la inercia de sus movimientos puede generar nuevas imágenes, sonidos y conexiones espacio-temporales entre los cuerpos digitalizados y actuales de los espectadores. Pasado, presente y futuro crean un diálogo permanente. En general, en las obras de arte interactivas contemporáneas se espera una respuesta inmediata a las acciones del espectador, incluso si esta respuesta sucede en un espacio virtual. Esta sincronización se percibe como una prueba de buen funcionamiento del sistema, sin embargo, es interesante experimentar con los tiempos de respuesta con relación al tiempo de los movimientos de los espectadores. Por ejemplo, la video-instalación *Present Continuous Past* (1974) de Dan Graham propone un tipo de interacción y percepción

de la propia imagen con tiempos diferentes. El cuerpo virtual adquiere nuevas velocidades, habita nuevos espacios, se desplaza y fragmenta tomando un carácter de telepresencia y ubicuidad, el cuerpo se multiplica y se reinventa. Las características de los cuerpos visibles, audibles y sensibles captadas por los dispositivos tecnológicos siempre están filtradas por sus propias limitaciones técnicas y por los algoritmos y parámetros definidos por el artista-programador. En este sentido, la "heterogénesis" (Levy, 1999), reconstrucción, deconstrucción, metamorfosis y proyección del cuerpo será el resultado de las posibles combinatorias de parámetros propuestas por el artista entre la mediación tecnológica y las acciones del espectador.

Una de las tecnologías más usadas con relación al movimiento del cuerpo humano y su digitalización es el *motion capture*, la cual se ha utilizado en varios proyectos de danza como *Biped* (1999) y *Loop* (2000) de Merce Cunningham, y *Ghostcatching* (1998) de Bill T. Jones. El cuerpo virtual creado a partir de este tipo de tecnologías, guarda información de un cuerpo humano que adquiere nuevas dimensiones. Como afirma Ivani Santana, "*a dança agora pode ocorrer nesta organização corpórea de outra natureza. Real e virtual não podem mais continuar a serem colocados como opostos, pois a virtualidade apenas significa uma outra possibilidade de existência. Trata-se de uma forma de existência real*" (Santana, 2006, p.110). Las formas del cuerpo en ese nuevo contexto pueden ser próximas a lo que se considera "real" en el mundo tangible, o estar completamente alejadas de esas referencias como resultado de percepciones expandidas, donde las nociones de tiempo, espacio y movimiento también adquieren nuevas configuraciones. Santana (2006) propone que en la relación cuerpo-tecnología ambos son reconfigurados por completo y no sólo anexados uno al otro.

Realidad mixta y medios tangibles

El concepto de realidad virtual se ha utilizado por varias décadas, sin embargo, ha ido cambiando con el tiempo y en los últimos años ha tomado fuerza el paradigma de realidad mixta. Hansen (2006) al referirse a la realidad mixta, hace énfasis en la importancia de la forma como se accede a lo virtual, dando prioridad a la percepción más que al contenido. En este paradigma de la realidad mixta, el cuerpo es la referencia sobre la cual debe orientarse toda la experiencia perceptiva, el cuerpo es un sensor continuo de los cambios, es un transductor de lo virtual. En ese sentido, el movimiento sirve para darle una realidad corporal a la experiencia perceptiva externa, sea física o virtual (Hansen, 2006). Para Hansen la realidad mixta es la condición para toda experiencia real en el mundo de hoy. Las personas recuerdan las experiencias con la realidad virtual no como algo que vieron, sino como algo que les pasó. La experiencia sigue tomando fuerza con el desarrollo de las nuevas tecnologías de realidad virtual y realidad mixta, donde el usuario va a "sentir" más que solo observar y además puede interactuar con otras personas.

La obra *The Tangible Image* (1991), de Peter Weibel, permite un acceso háptico directo a una imagen digital. Weibel propone la presencia simultánea del espectador en dos lugares diferentes, en la sala real de la exposición donde además está siendo filmado y en el espacio digital que se manifiesta en la pantalla de proyección. El visitante puede tocar un monitor con una superficie de goma equipada con sensores que registran los toques y los transmiten a un computador para modificar la proyección de su propia imagen, es evidente el paradigma de la realidad mixta, donde el cuerpo es el medio para conectar el entorno físico con el virtual. El cuerpo existe en más de un lugar al mismo tiempo al entrar en un espacio de realidad mixta. La idea

del hombre que pierde su cuerpo por la tecnología y la descorporeización a través de la realidad virtual debe ser revisado, de acuerdo con Hansen (2006), el entorno artificial tridimensional puede permitir que el hombre redefina el espacio a través de la interacción. Tomando como referencia *The Tangible Image* de Weibel, se puede pensar que el paradigma de la realidad mixta dialoga con el paradigma de "medios tangibles" (*tangible media*) planteado, entre otros, por Hiroshi Ishii y su grupo en el MIT Media Lab. En los proyectos de este grupo se trata de dar forma física y tangible a la información digital, creando experiencias multisensoriales e interacciones más directas y naturales.

Los principios de los medios tangibles se aplican en diversos objetos y aplicaciones, que van desde de la música y juguetes interactivos, *smartphones*, *tablets*, hasta pintura digital y diseño arquitectónico. Un ejemplo es la aplicación *d-sonus*³ (2013-2014) para dispositivos móviles, desarrollada en Salvador-Bahia dentro del proyecto *Música Móvel*⁴. *D-sonus* toma como punto de partida los movimientos de las manos del usuario, para realizar trazos visuales y sonoros simultáneos sobre una pantalla táctil que se generan a partir de algoritmos de síntesis de sonido e imagen. Las trayectorias de los gestos quedan grabadas en la memoria del dispositivo como parámetros de duración y posición en un plano X y Y, para luego ser reproducidas como composiciones audiovisuales que imitan los gestos del usuario, dentro de una estética de animación abstracta e "interfaces pictóricas y tangibles" (Levin, 2000). Esta aplicación surge como una actualización de un proyecto de maestría en ciencias desarrollado en la Universidad de Limerick en Irlanda, que tuvo como resultado una aplicación audiovisual interactiva llamada *Miró* (Franco, 2004) desarrollada en el ambiente de programación *Pure Data*. *Miró*⁵ fue diseñada para funcionar en computadores portátiles y de escritorio, y su interface de control era una *Wacom tablet* que además de capturar y enviar datos de posición, incorporaba el parámetro de presión que se ejerce con la mano sobre la *tablet* para modificar los resultados.

Representación y simulación visual del movimiento

La espontaneidad y diversidad del movimiento humano y del movimiento en general, se ha estudiado de forma continua a lo largo de la historia en las artes escénicas, las artes visuales, y concretamente en movimientos artísticos como el arte cinético, *op art*, futurismo y cubismo. El arte cinético rompe con la condición estática de la pintura, presentando la obra como un objeto que se mueve, que no sólo refleja o representa el movimiento, sino que está en movimiento. Algunos estudios extienden aún más la noción de arte cinético e incorporan obras que evidencian sus posibilidades de transformación, ya sea por la posición del observador o por la manipulación de la obra. El arte cinético busca la "intensificación de la sensibilidad perceptiva" lo cual es también un aspecto importante de la experiencia estética en la interacción con medios digitales. El arte cinético, a diferencia de los *happenings* y el performance, ofrece también la posibilidad de realizar acciones en la ausencia del artista, lo cual puede ser un esquema de referencia para obras de arte con medios interactivos (Kwastek, 2013). En la pintura futurista de comienzos del siglo XX, el uso de colores vivos, contrastes y la superposición de imágenes pretendía dar la idea de deformación dinámica. Para los artistas del futurismo los objetos no acaban con el contorno aparente y sus aspectos formales se entrelazan continua y simultáneamente. Se busca expresar el movimiento actual, registrando o representando la velocidad

3 <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.musicamovel.drawingsound>

4 <https://musicamovelbahia.wordpress.com/>

5 <https://vimeo.com/channels/colectivoplug/24438665>

descrita por las formas en movimiento en el espacio. Dinamismo y simultaneidad son términos paradigmáticos de la propuesta futurista.

Motivado por las ideas cubistas y futuristas de desintegrar la representación lineal del espacio y el tiempo, diseñadores y artistas del estudio alemán ART+COM crearon *The Invisible Shapes of Things Past*⁶ (1995-2006), un proyecto que consiste en traducciones paramétricas de películas en el espacio. Fotogramas de una secuencia de la película se alinean en el espacio de acuerdo con el movimiento de la cámara con la que se tomaron. A través de esta traducción de cuadros individuales que consisten en píxeles individuales (elementos de imagen) en el espacio, se generan los objetos de *voxels* (elementos de volumen). De esta manera se generan objetos y esculturas a partir de fotogramas individuales preexistentes. Otro objetivo de este trabajo de ART+COM es introducir un método para encontrar formas arquitectónicas o escultóricas basadas no en el modelado manual, sino en procesos generativos, que en este caso tienen como referencia el movimiento de la mirada a través de una cámara de video y su división en fotogramas individuales. A partir de estos métodos se crearon tres tipos de resultados para *The Invisible Shapes of Things Past*:

- Una aplicación basada en la pantalla (1995): en una representación virtual de una ciudad, estos objetos cinematográficos están colocados de acuerdo con el lugar y el tiempo en que fueron filmados en la ciudad real.
- Un modelo arquitectónico aumentado (1999): con la ayuda de la técnica *Pepper's ghost technique*⁷ (proyección en un espejo semi-transparente), un objeto-película (*film object*) fue aumentado en un modelo de arquitectura física.
- Esculturas basadas en la película (2006): con la llegada de las impresoras 3D que hacen posible la impresión de objetos virtuales, estos objetos-película inmateriales salen de las pantallas y se presentan como esculturas físicas. (Art+Com, 2016)

Estos objetos recuerdan las esculturas futuristas que sugieren acción y movimiento dados por la expansión y desplazamiento de las figuras, por ejemplo, la obra "Formas únicas de continuidad en el espacio" de Umberto Boccioni (1913). Este tipo de formas híbridas producidas con medios digitales son un ejemplo de las infinitas posibilidades de creación de nuevas formas visuales a partir del movimiento y las diferentes estrategias para abordarlo estéticamente y producir interfaces de acceso a la obra.

Imagen numérica, tiempo, movimiento e interacción

Simón Feldman (2002, p.108) afirma que "...no hay 'originales' con lo numérico, ya que cada pixel o unidad mínima es una serie de 0 y 1 modificable a voluntad: cada tratamiento de imagen genera una nueva imagen sin pasado". Las imágenes digitales se construyen a partir de modelos numéricos, que por ser abstracciones formales necesariamente reducen y limitan la cantidad de información a lo que es estrictamente necesario, útil, manipulable y funcional en esos modelos. El referente para estas imágenes es el algoritmo o programa que las origina, no dependen de ninguna conexión física con objetos del exterior y por esto se pueden crear imágenes

6 <https://artcom.de/en/project/the-invisible-shape-of-things-past/>

7 https://en.wikipedia.org/wiki/Pepper%27s_ghost

completamente nuevas, sean realistas o abstractas. Lo visible se convierte en el resultado de múltiples combinatorias posibles a partir de abstracciones matemáticas. Las imágenes digitalizadas a partir de una cámara también tienen infinitas posibilidades de manipulación y se pueden transformar hasta perder por completo sus referentes en el mundo "real" (Machado, 2000). Varios autores afirman que el valor de las imágenes sintéticas, no radica tanto en su resultado acabado, sino en la manera como se crean sus formas, es decir, en la originalidad de los procesos que las hacen posibles.

En cuanto a la investigación en el campo de la imagen sintética y su relación con el movimiento corporal, en la década de 1970s, Myron Krueger creó el laboratorio *Videoplace* de "realidad artificial", término usado por él para describir sus ambientes inmersivos e interactivos. El objetivo de Krueger era crear una realidad artificial alrededor de los usuarios, que respondiera a sus acciones y movimientos, sin la necesidad de usar accesorios como lentes y guantes. Los ambientes y simulaciones de Krueger están basados en técnicas de reconocimiento a partir del video, lo que actualmente se conoce como visión por computador (*computer vision*), donde los movimientos de los usuarios se analizan y se transfieren a las representaciones coloridas de sus siluetas en el entorno de realidad artificial. A partir de estas representaciones se espera que los usuarios tengan una sensación de presencia al interactuar con los objetos que aparecen en pantalla y con otros usuarios, aunque no haya una respuesta o *feedback* táctil. Las interacciones consisten en acciones como dibujar en la pantalla, manipular elementos gráficos y animaciones a partir de la silueta del cuerpo, y la interacción con las siluetas y acciones de otros usuarios sobre la misma proyección. Además, se crean diferentes tipos de visualizaciones y efectos basados en principios físicos, que expanden los gestos de los usuarios, como por ejemplo la multiplicación y repetición de formas, variación de colores, brillo y escala de la representación del cuerpo y sus movimientos. Es así como el trabajo de Myron Krueger introdujo un vocabulario básico de interacción con medios digitales (Kwastek, 2013).

En la última década las grandes empresas de videojuegos han desarrollado controles basados en el movimiento del cuerpo, que son capaces de captar y transmitir varias dimensiones del movimiento simultáneamente. Es el caso de los controles *wiimote*, lanzados por la compañía japonesa Nintendo en 2006, que además de los botones usados en los *gamepads*, incorporan sensores infrarrojos y acelerómetros para detectar posición, rotación y movimientos hacia delante y hacia atrás. Además, los *wiimotes* tienen varias formas de uso, ya sea con una o dos manos y con accesorios adaptables a diferentes tipos de acciones. Otro ejemplo de sensor de movimiento es el *Kinect*, lanzado por la compañía Microsoft en 2010, que permite a los usuarios controlar e interactuar con la consola de juegos sin necesidad de tener contacto físico con un control de videojuegos tradicional, mediante una interfaz que reconoce gestos, objetos, imágenes y comandos de voz.

Existen varias iniciativas para emplear estas tecnologías con fines distintos a los videojuegos, más específicamente como controladores de efectos visuales, robots, drones, y en expresiones artísticas como teatro, danza, performance audiovisual e instalaciones interactivas. Estos usos alternativos se deben, en parte, a que estos dispositivos y la tecnología que incorporan, son relativamente asequibles en el mercado para creadores, desarrolladores y artistas, comparados con otro tipo de dispositivos especializados que solo grandes empresas o instituciones pueden desarrollar o adquirir debido a su alto costo. Muchas de las herramientas que se usan

en estos proyectos alternativos, se han desarrollado gracias al trabajo colaborativo de comunidades de programadores y artistas, que facilitan el acceso a la tecnología a los creadores que trabajan con los nuevos medios.

Un ejemplo de uso alternativo del *Kinect*, es *as·phyx·i·a*⁸ (2015), un corto experimental creado por Maria Takeuchi y Frederico Phillips con la bailarina Shiho Tanaka. Los artistas "hackearon" un *Kinect* para la captura de datos de movimiento, que posteriormente fueron utilizados para crear y renderizar animaciones en 3D. El resultado es una versión sintética de la coreografía ejecutada por la bailarina, donde su figura visual es reemplazada por una estructura de redes o cables elásticos unidos por miles de nodos, que parecen formar una camisa de fuerza de la que el cuerpo intenta escapar. La plasticidad y fluidez de los movimientos digitalizados hacen inevitable la asociación con su origen corporal y físico. En *V motion project*⁹ (2012), del programador y artista Jeff Nusz y colaboradores, se crea música a través del movimiento, y utiliza las capacidades del *Kinect* para capturar los gestos de un intérprete, y traducirlos en la música que se realiza en vivo, y en proyecciones visuales de gran formato. Elementos de diseño como el seguimiento en tiempo real o *motion tracking* y muestras sonoras que se dibujan al ser tocadas hacen parte del espectáculo. Los diseñadores del proyecto optimizaron y sincronizaron los procesos de generación visual, sonora y los sistemas de captura de movimiento y visión por computador.

Con relación a la investigación sobre la abstracción de la forma humana y el movimiento, podemos mencionar el proyecto *Reincarnation*¹⁰ (2009) del artista Memo Atken. En este caso, el artista diseñó un sistema de visión por computador para capturar el performance de un bailarín, y usa su cuerpo como si fuera un pincel para crear formas abstractas, expandiendo el cuerpo y su movimiento. Aunque la forma natural del cuerpo desaparece, las visualizaciones y efectos que se generan con algoritmos de síntesis, revelan la dinámica y estructura de los movimientos de un ser humano. Es como si el referente físico se desvaneciera y solo permaneciera su alma o su "aura". *Reincarnation* es un prototipo de lo que puede ser una estética digital abstracta creada a partir del movimiento.

El proyecto *Manual Input Workstation*¹¹ (2004) de Zach Lieberman y Golan Levin presenta una serie de viñetas audiovisuales que sondan las posibilidades expresivas de los gestos de las manos y los movimientos de los dedos. Las interacciones ocurren en una combinación de software interactivo, un proyector analógico, y un proyector de video digital conectado a un computador. Durante el uso, los gestos de las manos de los visitantes son interpretadas por un sistema de visión por computador a medida que pasan a través de la tapa de cristal del retroproyector. En respuesta, el software genera gráficos y sonidos sintéticos que están estrechamente ligados a las formas y los movimientos de las acciones de los visitantes. Las formas creadas con las manos se proyectan como animaciones que responden a diversos parámetros como trayectorias de los movimientos, simulaciones de la fuerza de gravedad, elasticidad, capacidad de rebotar y donde además hay un correspondencia entre las características visuales y el sonido que se genera.

8 <http://www.asphyxia-project.com/>

9 <http://www.custom-logic.com/blog/v-motion-project-the-instrument/>

10 <http://www.memo.tv/reincarnation/>

11 <http://thesystemis.com/projects/manual-input-station/>

Creación artística a partir del sonido y el movimiento

El sonido fijado en soportes analógicos como la cinta magnética, al igual que el sonido digital, permiten su manipulación mediante diversos procedimientos como cortar, pegar, superponer, mezclar, etc. Sin embargo, el sonido digital es más flexible y maleable, y se puede procesar en tiempo-real con algoritmos cada vez más complejos en dispositivos cada vez más asequibles y cotidianos como los computadores personales y los dispositivos móviles. A continuación se hará una descripción de algunas obras, resaltando la manera en que enfatizan el sonido y el movimiento como componentes fundamentales.

Ivani Santana (2006, p.101) hace referencia a algunas obras de danza donde los movimientos están estrechamente relacionados con la música y el sonido por intermedio de dispositivos tecnológicos. En la obra *Variations V*¹² (1965) del coreógrafo Merce Cunningham, los bailarines se mueven entre antenas con células fotoeléctricas que envían señales para la consola de los músicos John Cage y David Tudor, por donde los sonidos son generados. En otra obra, *TV Rerun* (1972), Cunningham propone que el sonido sea generado por los músicos a partir de las señales enviadas por sensores incorporados al cinturón del bailarín. Estas señales varían de acuerdo a la localización del cuerpo en el espacio, haciendo que varíe también el tipo de sonido. Un aspecto interesante de estas propuestas es que no dependen de referencias visuales del cuerpo, sino de su ubicación y desplazamiento en el espacio.

InfoMus Lab basado en Génova-Italia, ha trabajado desde 1997 en el desarrollo de *EyesWeb*¹³, una plataforma abierta para apoyar el diseño y desarrollo de sistemas e interfaces multimodales que funcionan en tiempo real. Para llevar a la práctica las capacidades de *EyesWeb* se han desarrollado obras como "*TanGo Touching Music*"¹⁴ (2011), una pieza para bailarines y voz, la cual vincula música de tango, tecnología para el análisis de gestos expresivos no verbales y danza. En esta obra se exploran las relaciones entre danza y música a partir de la ubicación del cuerpo en el espacio, las características de sus movimientos y las interacciones con otros cuerpos. La música vocal previamente grabada se modifica a partir de las acciones y cualidad de los movimientos de los bailarines en el escenario, creando una diversidad de polifonías y dinámicas sonoras.

Otro proyecto artístico que tiene el sonido como componente principal, es *Very Nervous System*¹⁵ de David Rokeby, desarrollado entre 1982 y 1995, una instalación sonora que reacciona a los movimientos del cuerpo capturados mediante una cámara de video. Esta obra tiene varias versiones, existe como objeto de exhibición para interacciones con los visitantes y como instrumento interactivo para performances con músicos y bailarines. En *Very Nervous System*, Rokeby plantea una interface inusual, invisible y difusa, que ocupa un volumen de espacio amplio. La interface se piensa como una zona de experiencia, de encuentro multidimensional. El lenguaje del encuentro no es claro al comienzo, pero evoluciona a medida que se explora y experimenta. La instalación es un *loop* en constante transformación, el usuario y el computador cambian como respuesta del uno al otro. La idea de Rokeby es que la

12 <https://www.youtube.com/watch?v=jQTFZNM3dE4>

13 http://www.infomus.org/eyesweb_eng.php

14 https://www.youtube.com/watch?v=DckQ5XI_B0s&list=PLEVgkiAQI8zLU6_ZYEuXW2EOhusFhodcq

15 <http://www.davidrokeby.com/vns.html>

noción de control se pierda y la relación entre el espectador/intérprete y el sistema sea compleja y resonante, de encuentro y involucramiento.

El equipo del ISMM (*Sound Music Movement Interaction*)¹⁶ en el IRCAM de París, plantea que el diseño de las relaciones entre el movimiento y el sonido es un aspecto crucial para la creación de sistemas sonoros interactivos. En este contexto, las técnicas de *machine learning*¹⁷ han demostrado ser eficientes como apoyo al diseño, lo que permite a los usuarios evaluar y refinar el reconocimiento de gestos, mapeos movimiento-sonido y estrategias de control. El ISMM desarrolló *MUBU.*MM* (Bevilacqua et al, 2014) un conjunto de objetos de software para el modelado probabilístico de las relaciones de movimiento y sonido. Esta colección de objetos proporciona herramientas para crear mapeos de forma interactiva. El mapeo movimiento-sonido es "aprendido" automáticamente por el sistema cuando el movimiento y sonido (por ejemplo sonidos vocales) generados por el usuario se graban de forma simultánea. El *MUBU.*MM* es independiente del tipo de dispositivos de detección de movimiento/gesto, y puede usar directamente diferentes tipos de sensores como cámaras y micrófonos de contacto. Algunas aplicaciones desarrolladas a partir de *MUBU.*MM* son *Resonant Scratching*, *Gesture-based Sound Mixing* e *Interactive Vocalization* (Bevilacqua et al, 2014, p.5). Estos modelos de software fueron implementados en el ambiente de programación *Max*¹⁸ y están disponibles libremente en *Ircam Forumnet*.¹⁹

Messa di Voce (2003)²⁰ de Golan Levin y Zach Lieberman, es definida por sus autores como una obra de arte de realidad aumentada, que tiene que ver con las implicaciones poéticas de hacer visible la voz humana. El interés de Levin y Lieberman en la fonoestesia (*phonesthesia* en inglés), o simbolismo fonético, está reflejado en *Messa di Voce*. De acuerdo con esta idea, los sonidos de las palabras tienden a reflejar, en cierta medida, connotaciones asociadas de otros dominios de percepción tales como la forma o la textura. *Messa di Voce* se basa en un sistema de software que integra la visión por computador en tiempo real y algoritmos de análisis de la voz. En respuesta, el computador muestra varios tipos de visualizaciones en una pantalla de proyección detrás de los intérpretes; y están estrechamente acopladas a los sonidos hablados y cantados por los artistas. Gracias a un sistema de seguimiento o *motion tracking* de la cabeza, estas visualizaciones pueden proyectarse de tal manera que parecen surgir directamente de la boca de los intérpretes. En algunas de las visualizaciones, elementos gráficos proyectados no sólo representan sonidos vocales, sino que también sirven como una interfaz interactiva mediante la cual los sonidos que representan pueden ser reactivados y manipulados por los artistas.

En *V motion project*²¹ (2012), la cámara del *Kinect* se conecta a *Ableton Live*, un software comercial para hacer secuencias musicales, usado por Djs y músicos en espectáculos en vivo. El sistema musical se basa en un esqueleto virtual, el cual permite mapear los movimientos del cuerpo a los controles de *Ableton Live*. Por ejemplo, al tocarse la cabeza con una de las manos se puede activar algún *loop*, o controlar un filtro con la distancia entre las manos o un botón mediante su ángulo de rotación. Para *V motion project* también se creó un teclado aéreo basado en gestos.

16 <http://ismm.ircam.fr/>

17 https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning

18 <https://cyclimg74.com/products/max/#.VzvMISMJGE>

19 <http://forumnet.ircam.fr/product/mubu/>

20 <http://www.tmema.org/messa/messa.html>

21 <http://www.custom-logic.com/blog/v-motion-project-the-instrument/>

Durante el proceso, los diseñadores notaron la dificultad para controlar las teclas en el aire por la ausencia de *feedback* táctil para el intérprete. Para resolver este problema, se ubicaron las teclas virtuales a los lados del intérprete, las cuales se tocan al extender completamente sus brazos, con lo cual se crea un *feedback* físico más natural basado en la extensión de las articulaciones. De esta forma se desarrolló un teclado aéreo circular, con teclas que se pueden crear y ubicar en cualquier posición en el espacio de acuerdo a la longitud de los brazos del intérprete. Así se pueden tocar y modificar diferentes tipos de sonidos mediante osciladores de baja frecuencia y filtros, que a su vez son controlados a partir de varios tipos de movimientos del intérprete como subir y bajar el pecho o las manos, abrir y cerrar las manos y los brazos, etc.

Consideraciones finales

A lo largo de este artículo se han tratado el movimiento, el sonido y la imagen visual desde diferentes perspectivas relacionadas con la creación artística en el contexto de los medios digitales interactivos, sin olvidar algunos antecedentes de la era pre-digital. Un aspecto que cabe resaltar es la manera como la evolución de las tecnologías y dispositivos digitales, hace que en la actualidad los artistas y creadores tengan mayor acceso a estas herramientas no sólo desde el punto de vista económico, sino desde el conocimiento de su estructura y funcionamiento a nivel de hardware y software. El papel de la comunidad de programadores y *hackers* ha sido fundamental a la hora de hacer públicos y disponibles los últimos desarrollos tanto de software libre como propietario, que pueden funcionar en conexión con dispositivos tecnológicos comerciales o hardware creado para proyectos específicos por ingenieros, investigadores y artistas. El desarrollo de lenguajes de programación enfocados hacia la creación artística también ha sido esencial para la producción de una infinidad de obras basadas en las tecnologías digitales.

Como alternativa para el desarrollo de prototipos en este tipo de proyectos, se puede pensar en redes de sensores que vayan más allá de la referencia visual del espectador/intérprete, es decir, más allá de usar una cámara o un *Kinect*. Se podrían usar sensores de presión para el peso, térmicos para la temperatura corporal, micrófonos para el sonido, ultrasónicos para distancias, acelerómetros y giroscopios para la posición e inclinación del cuerpo, etc., para así tener un rango más amplio de información como *input* para la creación audiovisual a partir del movimiento.

Referencias

- Art+Com Studios. Recuperado de <https://artcom.de/en/project/the-invisible-shape-of-things-past/> en 2016
- Bevilacqua, F., Françoise, J., Schnell, N., Borghesi, R. Probabilistic Models for Designing Motion and Sound Relationships. Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression. Goldsmiths University of London. Recuperado de http://ismm.ircam.fr/nime2014_mbd/ en 2014
- ISMM - Sound Music Movement Interaction. Recuperado de http://ismm.ircam.fr/nime2014_mbd/ en 2014
- Feldman, S. La fascinación del movimiento. Editorial Gedisa S.A., Barcelona, 2002
- Franco, F.E. "Miró: a flexible expressive audiovisual system for real-time

- performance and composition". Tesis de Master en Ciencias por Investigación. Universidad de Limerick, Irlanda. Publicado en LABS: Leonardo Abstracts Service, <http://collections.pomona.edu/labs/record/?pdb=3317>, 2004
- Hansen, M. *Bodies in Code: Interfaces with Digital Media*. Routledge, New York, 2006
- Kwastek, K. *Aesthetics of Interaction in Digital Art*. MIT Press, Cambridge/London. 2013
- Levin, G. *Painterly interfaces for audiovisual performance*. Master's Thesis, Massachusetts Institute of Technology, MIT Media Lab, Cambridge, 2000
- Lévy, P. *O que é o virtual?* Editora 34, São Paulo, 1999
- Machado A. *El Paisaje mediático. Sobre el desafío de las poéticas tecnológicas*. Libros del Rojas, Buenos Aires, 2000
- Daniels, D., Frieling, R. *Strategies of Interactivity. Media Art Interaction, The 1980s and 1990s in Germany*, ed. Goethe-Institut München / ZKM Karlsruhe, Springer, Vienna / New York, 2000, p. 170–197. https://www.hgb-leipzig.de/daniels/vom-readymade-zum-cyberspace/strategies_of_interactivity.html 2000
- Reyes, J. *Leslie and Moving Sound Sources*. Recuperado de <https://ccrma.stanford.edu/~juanig/codexamp/ckleslie.html> en 2016
- Rokeby, D. *Transforming Mirrors: Subjectivity and Control in Interactive Media*. Recuperado de <http://www.davidrokeby.com/mirrors.html> en 2016
- Santana, I. *Dança na cultura digital [online]*. Salvador: EDUFBA, 2006