

# INVASIÓN GENERATIVA III

Realidades Mixtas y  
Realidad Aumentada Aplicadas

Compilador: Emiliano Causa

- + Loreto Alonso
- + David Bedoian
- + Emiliano Causa
- + Alejandra Ceriani
- + Luis Gárciga
- + Miguel Grassi
- + Matías Jauregui Lorda
- + Ana Longobuco
- + Daniel Loaiza
- + Natalia Matewecki
- + Rosa Nolly
- + Ezequiel Rivero
- + Matías Romero Costas
- + Gerardo Sanchez Olguin
- + Christian Silva
- + Juan José María Tirigall
- + Krista Yorbyck



# STAFF

## Director

Emiliano Causa | [emiliano.causa@gmail.com](mailto:emiliano.causa@gmail.com) | [emiliano-causa.com.ar](http://emiliano-causa.com.ar)

## Comité Editorial

Alejandra Ceriani | [aceriani@gmail.com](mailto:aceriani@gmail.com)

Paula Castillo | [info@paucastr.com.ar](mailto:info@paucastr.com.ar)

Hernan Gonzales Moreno | [hera4q@gmail.com](mailto:hera4q@gmail.com)

Matias Jaureguil Lorda | [matias.jl@gmail.com](mailto:matias.jl@gmail.com)

Ana Longobucco | [annaflongobucco@gmail.com](mailto:annaflongobucco@gmail.com)

Juan Quiroga | [soundnowaits@gmail.com](mailto:soundnowaits@gmail.com)

Ezequiel Rivero | [mannezik@gmail.com](mailto:mannezik@gmail.com)

Christian Silva | [entorno3@gmail.com](mailto:entorno3@gmail.com)

Krista Yorbyck | [yorbyck@gmail.com](mailto:yorbyck@gmail.com)

## Colaboran en este número

David Bedoian

Emiliano Causa

Alejandra Ceriani

Luis Gárciga

Miguel Grassi

Matías Jauregui Lorda

Ana Longobucco

Daniel Loaiza

Natalia Matewecki

Rosa Nolly

Ezequiel Rivero

Matías Romero Costas

Gerardo Sanchez Olguin

Christian Silva

Juan José María Tirigall

Krista Yorbyck

Loreto Alonso



Editorial Invasores de la Generatividad

Calle 500 N° 867 Gonnet

CP 1897, La Plata, Bs. As. Argentina

[invasiogenerativa.com.ar](http://invasiogenerativa.com.ar)

## Diseño de cubierta e interiores

Paula Castillo | [paucastr.com.ar](http://paucastr.com.ar)

Todos los derechos reservados / ISSN: 2362-3381

La Plata, Buenos Aires, Argentina, octubre de 2018

**Año 3 - N°3**

# **INVASIÓN GENERATIVA III**

Realidades Mixtas  
y Realidad Aumentada Aplicadas

## PROLOGO

Esta tercer edición de Invasión Generativa fue creada desde el proyecto de investigación “Realidades Mixtas y Realidad Aumentada Aplicadas” de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Nacional de La Plata -UNLP- (Argentina) y del Laboratorio de Multimedia y Nuevas Interfaces Físicas “emmeLab” de la misma facultad, ambos espacios dirigidos por mí. Gran parte de los textos surgen de estos espacios, sin embargo, contamos con invitadas/os tales como Natalia Matewecki, quien dirige otros proyectos en la facultad, Juan José María Tirigall de la Universidad Nacional del Arte -UNA-, y Miguel Grassi de la Universidad de Tres de Febrero -UNTREF-. En este número tenemos el privilegio de poder incluir el texto “Modos de Mapeo en el Arte Contemporáneo. Videomapping, Medios Locativos y Visualización de Datos” de Luis Gárciga y Loreto Alonso, el cual tuve la oportunidad de conocer en la publicación del número 15 de la revista de investigación ASRI (Arte y Sociedad, Revista Investigación) de la Universidad de Málaga (España) y debido a la pertinencia temática con nuestra publicación decidí invitarlos a incluirlo, a lo que Luis y Loreto aceptaron amablemente.

Si bien el objeto de estudio de las ediciones anterior se centró sobre la generatividad y sus problemáticas, lo que justifica el título, en este número hemos decidido ir hacia las tierras de las Realidades Mixtas y la Realidad Aumentada, en gran parte porque es el tema actual de nuestro proyecto de investigación. Ya que Invasión Generativa tuvo una muy buena acogida en nuestro medio nos pareció que no tenía sentido cambiarle el título a la publicación y que era preferible respetar la continuidad que en su historia se ha ganado. De todos modos, la generatividad como tema sigue teniendo lugar, en este número, principalmente en el texto de Daniel Loaiza “Imágenes vivas e inteligentes”, en el que se trata de la utilización de Algoritmos Genéticos aplicados a la producción de imágenes.

Como hemos dicho, el objeto que nos ocupó en este número es el campo de las Realidades Mixtas, es decir aquel espacio en el que se articulan elementos reales (físicos) y elementos virtuales de forma de integrarse en términos perceptivos. Aquel espacio que Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi y Fumio Kishino definieron en su canónico texto “Augmented Reality: A Class Of Displays On The Reality-Virtuality Continuum”. Este campo ha crecido exponencialmente en los últimos años, y prueba de ellos es la gran variedad de experiencias (vinculadas a la Realidad Aumentada, principalmente) que han aparecido en muchas disciplinas.

En mi texto “Introducción a la Realidad Aumentada y las Realidades Mixtas”, intento dar una introducción al tema para abrir el espacio a planteos más profundos, como los de Miguel Grassi en su texto “La Realidad Intervenida” en el que problematiza más extensamente el campo, proponiendo otros

cruces. Luis Gárciga y Loreto Alonso investigan en su texto las relaciones entre el Mapeo y el Arte Contemporáneo, haciendo un inteligente análisis de la tradición del mapa en el arte. Natalia Matewecki ofrece otra mirada a la relación entre las Realidades Mixtas y el Arte Contemporáneo. Ezequiel Rivero, así como Alejandra Ceriani, desarrollan análisis de relaciones entre las Realidades Mixtas, la danza y la performance. Por su parte Juan José María Tirigall hace lo propio en el campo de los videojuegos.

Así como en los dos primeros números, este libro está organizado en dos partes: “Pensar” y “Hacer”, buscando propiciar la reflexión teórica pero también valorando la experimentación y su difusión. Los trabajos que hemos citados corresponden al eje discursivo/reflexivo (“Pensar”), pero contamos con una serie de trabajos que abordan problemáticas prácticas de este campo, tales como el de Juan José María Tirigall que aborda desafíos de las técnicas video-mapping, o el texto de Matías Jauregui Lorda que presenta técnicas introductorias para producir Realidad Aumentada. Ana Longobuco, Krista Yorbyck y Daniel Loaiza dan cuenta de un trabajo hecho en conjunto entre nuestro laboratorio y el Laboratorio de Investigaciones Morfológicas Aplicadas (Fac. de Medicina de la UNLP). Christian Silva hace un abordaje metodológico respecto del diseño de entornos de Realidad Aumentada. Y finalmente, junto a Matías Romero Costas, David Bedoian y Rosa Nolly, describimos la realización de una escultura de Realidad Aumentada con Vida Artificial.

Tal como explicamos en los dos primeros números, a la hora de emprender la empresa de hacer un libro, surge la exigencia de presentar un producto acabado, debidamente revisado y corregido. En nuestro caso, intentar llegar a dicho nivel de realización, atenta con los tiempos de que disponemos y nos obligaría a realizar este proyecto dentro de unos años, por eso priorizamos mostrar un producto más crudo, pero que rápidamente pudiera difundir el momento actual de nuestro trabajo.

Una vez más, nos sentimos afortunados de que estas publicaciones tengan una grata acogida en nuestro medio. Siendo esta una producción/actividad sin fines de lucro, nuestro mayor recompensa es poder contribuir al cuerpo de conocimiento y a la difusión de estos saberes en habla hispana, ya que somos conscientes de la escasez de textos en español que traten estas temáticas. Así que desde el orgullo de poder trabajar con un gran equipo de investigadores, los invitamos a disfrutar de Invasión Generativa III.



Emiliano Causa

Septiembre 2019

# INDICE

## PENSAR

- 11 **EMILIANO CAUSA**  
Introducción a la Realidad Aumentada y las Realidades Mixtas.  
Un recorrido desde el arte.
- 33 **LUIS GÁRCIGA, LORETO ALONSO**  
Modos de Mapeo en el Arte Contemporáneo. Videomapping, Medios  
Locativos y Visualización de Datos
- 47 **NATALIA MATEWECKI**  
Realidades Mixtas: paradigma de nuestro tiempo
- 53 **EZEQUIEL RIVERO**  
La Performance Interactiva como Realidad Mixta y la Simultaneidad de  
una Estética y una Endoestética
- 65 **ALEJANDRA CERIANI**  
Realidad Aumentada Interactiva. Nuevas interfaces tecnológicas para la escena
- 77 **MIGUEL GRASSI**  
La Realidad Intervenida.
- 113 **JUAN JOSÉ MARÍA TIRIGALL**  
Realidades Mixtas en Arte, Ciencia y Videojuegos: Un recorrido histórico dentro  
del espectro del Reality-Virtuality Continuum

## HACER

- JUAN JOSÉ MARÍA TIRIGALL  
Video Mapping sobre Objetos Complejos en Pequeña y Mediana Escala 175
- CHRISTIAN SILVA  
Algunas metodologías para proyectar entornos de realidad  
aumentada efectivos 194
- MATÍAS ROMERO COSTAS, DAVID BEDOIAN, ROSA NOLLY,  
EMILIANO CAUSA 211  
OSEDAX, escultura interactiva de Realidad Aumentada con Vida Artificial
- DANIEL LOAIZA, EMILIANO CAUSA, GERARDO SANCHEZ OLGUIN 239  
Imágenes Vivas e Inteligentes
- MATÍAS JAUREGUI LORDA 265  
Introducción a las técnicas de Modelado 3D y Realidad Aumentada
- ANA LONGOBUCO, KRISTA YORBYCK, DANIEL LOAIZA 277  
La Realidad Aumentada Aplicada en la Universidad como modelo educativo.



PENSAR



# INTRODUCCIÓN A LA REALIDAD AUMENTADA Y LAS REALIDADES MIXTAS. UN RECORRIDO DESDE EL ARTE.

## **Emiliano Causa**

Laboratorio emmeLab, Facultad de Bellas Artes

Universidad Nacional de La Plata

Argentina

## INTRODUCCIÓN

El presente texto surgió como la clase inicial de un curso a distancia que no se terminó concretando. El objetivo del mismo es dar los pasos iniciales en los conceptos de Realidad Aumentada y Realidades Mixtas. Independientemente de ser un texto de divulgación, me interesó que el recorrido fuese hecho desde una perspectiva del arte, por lo que la mayoría de los ejemplos articulan estos entornos virtuales desde miradas artísticas. El texto se basa principalmente en la taxonomía propuesta por Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi y Fumio Kishino en su canónico texto “Continuo de las Realidades Mixtas”, pero siendo que el mismo fue escrito en 1994, no incluye casos de realidad aumentada que se dieron en los años siguientes, por lo que mi texto transgrede dicha taxonomía y propone una más *aggiornada* y desde un standard de lo que hoy se consideran tipos de Realidad Aumentada.

## Realidad Aumentada

¿Qué es la realidad aumentada? Se llama Realidad Aumentada a la situación en la que a un entorno físico se lo aumenta con elementos virtuales que se integran perceptivamente a dicho entorno. Es decir, si estamos frente a un escritorio (físico, es decir, real) y en este se logra proyectar, mediante algún dispositivo, elementos virtuales (por ejemplo un ratón), pero de forma tal que estos parecen estar realmente ahí, entonces estamos frente a un proceso de “aumentación” de la realidad. Para lograr la simulación, es necesario que el elemento virtual respete el encuadre y perspectiva de la vista de la escena.

A continuación podemos ver la obra Golden Calf del artista Sheffrey Shaw, en el que se puede ver un becerro de oro (virtual) posado sobre un pedestal (físico). La imagen del becerro, generada sintéticamente, respeta la perspectiva y encuadre con la que el interactor está observando la escena, a través de la tablet. La obra de Shaw hace una clara cita bíblica referente al becerro de oro del pasaje de la historia de Moises en el Antiguo Testamento.

Figura 1

“Golden Calf” de Sheffrey Shaw

(Fuente: <https://www.jeffreyshawcompendium.com/portfolio/golden-calf/>)



Puede verse un video de la obra “Golden Calf” de Sheffrey Shaw en:

<https://www.youtube.com/watch?v=paaacEIF6wU>

## La Realidad Virtual

En la siguiente página citaré un extracto del libro “Interfaces y diseño de interacciones para la práctica artística” escrito por Emiliano Causa (quien escribe) y Federico Joselevich. A fines de que el extracto se



Figura 2

"Golden Calf" de Sheffey Shaw

(Fuente: <https://www.jeffreys-hawcompendium.com/portfolio/golden-calf/>)

adapte mejor al actual texto, haré algunas modificaciones:

*Las interfaces de los nuevos medios logran establecer espacios virtuales, el primer avance en este tipo de entorno fue la Realidad Virtual, la cual se puede definir como la supresión de la percepción del entorno físico y su reemplazo por un entorno generado por dispositivos de representación. Es decir, se suprime la vista de nuestro entorno mediante el uso de anteojos con pantallas que muestra una nueva realidad, se suprime la audición usando auriculares que nos permiten oír el entorno virtual, etc. La Realidad Virtual en su sentido más puro es aquella en la que se suprimen todos los sentido y se los reemplaza por representaciones, algo que aún no es técnicamente posible pero de lo que la*

película *Matrix* da un buen ejemplo.

Si bien durante años el paradigma de la Realidad Virtual gobernó el campo de los entornos virtuales, hace aproximadamente una década empezó a aparecer todo un campo de posibilidades de mixtura entre los entornos físicos y los virtuales.

En este punto es importante destacar que si bien en términos coloquiales es común oponer lo virtual a lo real, Pierre Lévy nos cuenta que esta oposición no es correcta, ya que según él, lo virtual es lo que está en potencia y por ende es opuesto de lo actual (lo que está presente). En función de esto, se puede considerar que tanto lo físico como lo virtual son partes de lo real. Por lo tanto en este texto vamos a reemplazar la oposición virtual/real por la de virtual/físico. Y cuando citemos otros autores que hablen de lo "real", nosotros lo entenderemos como lo "físico".

### Continuo de las Realidades Mixtas

Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi y Fumio Kishino definen el "Continuo de las Realidades Mixtas" como el espacio de posibilidades que surge a partir de las vinculaciones entre el espacio físico y los entornos virtuales.

Debajo podemos ver el esquema del Continuo de las Realidades Mixtas de estos autores, al que hemos traducido y le hemos hecho algunos cambios en los términos. El original decía "Entorno Real" en vez de "Entornos físicos" y nosotros le agregamos la etiqueta "Realidad Virtual" en el extremo derecho.

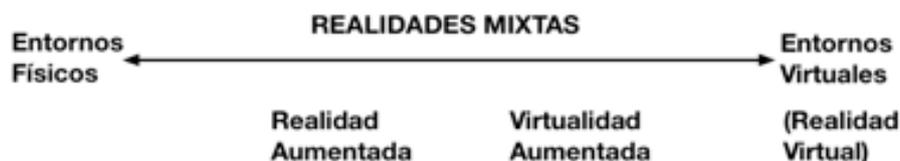
Figura 3

Continuo Realidad/Virtualidad

Fuente: Milgram P., Takemura H., Utsumi A. y Kishino F.,

Traducción del autor

(Fuente: [http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram\\_Takemura\\_SPIE1994.pdf](http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram_Takemura_SPIE1994.pdf))



Tal como muestra el gráfico, los autores proponen un continuo que nos permite ir de los entornos físicos a los virtuales pasando por diferentes grados de mixtura. En los dos extremos prevalece un tipo determinado de entorno en la escena percibida, por eso el extremo derecho corresponde a la Realidad Virtual, ya que lo físico desaparece y pasa a ser reemplazado enteramente por lo virtual. Uno de los tipos de espacio que más auge va teniendo, es el de la Realidad Aumentada, que es un entorno físico aumentado con elementos virtuales que se acoplan perceptivamente a este. Es decir, que dentro de la escena de mi realidad física inmediata puedo ver un objeto virtual que respeta el encuadre, iluminación y perspectiva de la escena, de forma tal que parece que "es parte de la escena".

Alguna de las "Esculturas Aumentadas" de Pablo Valbuena se constitu-

yen de una serie de formas de paralelepípedos emplazados en la esquina de una habitación, pintadas totalmente de blanco, parecen una paisaje minimalista de cajas amontonadas con precisión computacional. Pero la obra cobra su real sentido cuando proyecciones (que luego serían llamadas video-mapping) dibujan los bordes de estas piezas, hacen juegos de luces y sombras, llenan y vacían los planos y un sinfín de juegos formales. Un buen ejemplo de Realidad Aumentada aplicada al arte.

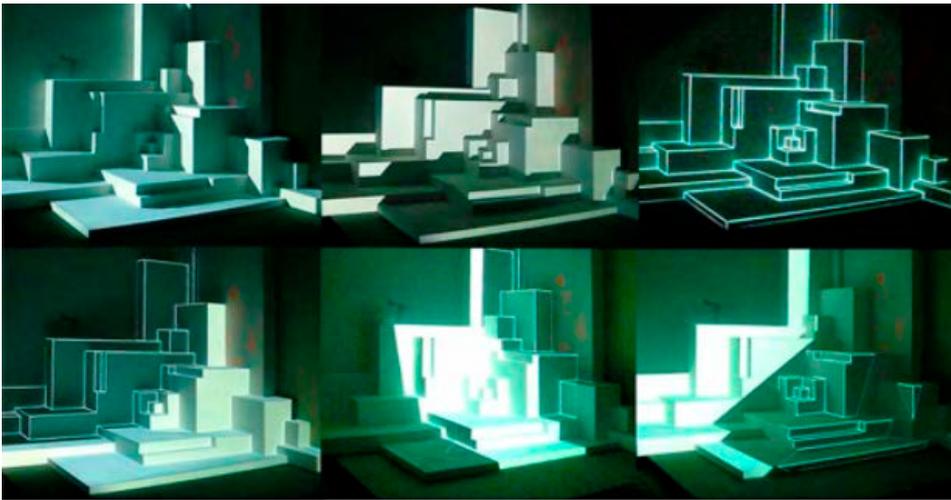


Figura 4

Augmented Sculpture Series - Pablo Valbuena

(Fuente: <http://www.pablovalbuena.com/work/augmented-sculpture-series/>)

Puede verse un video de la obra “Augmented Sculpture” de Pablo Valbuena en: <https://www.youtube.com/watch?v=KHWaH78Yt8Y>

## Tipos de Realidad Aumentada

Las puestas de Realidad Aumentada se podrían clasificar en función del tipo de dispositivo que utilizan para mediar la experiencia, ya que existen diferentes tecnologías para reproducir elementos virtuales sobre la realidad. Si bien la siguiente clasificación no es canónica y podría discutirse en cuanto algunos de sus criterios, nos puede resultar útil para entender los diferentes medios y estrategias que existen a la hora de hacer realidad aumentada.

### Realidad Aumentada basada en anteojos

En la mayoría de las experiencias de Realidad Virtual está presente el uso de los anteojos de RV (el HMD, Head Mounted Display, es decir las “pantallas montadas en la cabeza”). Se pueden pensar otros tipos de dispositivos para la Realidad Virtual, como es el caso del CAVE, que es una habitación donde todas las paredes son pantallas, pero por una cuestión de costos, los HMD son siempre la primera opción. En el caso de la Realidad Aumentada, las primeras aplicaciones que se pensaron surgieron a partir de anteojos, en este caso estos se llaman “See Through Display” (“pantallas para ver a través”), ya que con este tipo de dispositivos se puede ver la realidad circundante y la imagen de sus pantallas superpuestas a la realidad, es decir que no obturan la realidad.

Figura 5

Anteojos de Realidad Virtual (Head Mounted Display) modelo HTC Vive

(Fuente: <https://www.vive.com>)



Figura 6

Anteojos de Realidad Aumentada (See Through Displays)

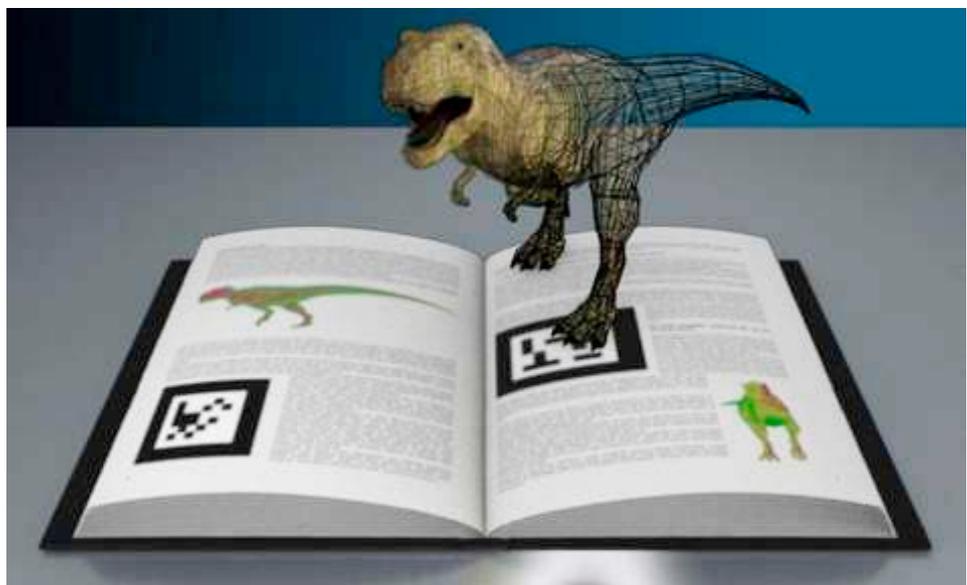
(Fuente: <https://www.dispelix.com>)



Figura 7

Realidad Aumentada. Detección de patrón bitonal y superposición de elemento virtual.

(Fuente: <https://www.laimprentacg.com/wp-content/uploads/2012/12/realidad-aumentada-21.jpg>)



Existen diferentes tipos de estos dispositivos, algunos permiten pasar la luz (imagen) del exterior en forma directa, a través de pantallas transparentes que se superponen a esta vista (como el caso del que se observa en la foto). En cambio, otros tienen pantallas opacas y cámaras que captan el entorno y lo reproducen en la pantalla.

El funcionamiento general de estos dispositivos es que tienen una cámara conectada a una computadora y un algoritmo permite interpretar algunos símbolos en la imagen, la mayoría de las veces, patrones visuales bitonales (en blanco y negro). La computadora detecta la presencia del patrón y determina el encuadre y perspectiva de la escena para luego montar el elemento virtual respetando dicho encuadre y perspectiva.

Independientemente del tipo de patrón que se use, o si no se lo usa, en la Realidad Aumentada casi siempre hay un análisis de la imagen (del entorno físico) para poder hacer un montaje del elemento virtual respetando la verosimilitud de la escena.

Un ejemplo del uso de este tipo de Realidad Aumentada en el arte es la obra "The Artvertiser" de Julian Oliver. El artista creó un dispositivo, unos anteojos del tipo "See Through Display", que reemplazan la publicidad en la vía pública por obras de arte. Las personas pueden recorrer el espacio público, mirando la realidad con unos binoculares especiales (creados para la obra) que reemplaza cada cartel publicitario por una imagen (o un video) de un trabajo artístico. El nombre de la obra es una humorada del término "advertiser" (que en inglés significa "anunciante") cambiando el inicio de la palabra por "art" ("arte" en inglés). El artista dice que su proyecto no es de Realidad Aumentada, sino de Realidad Mejorada, haciendo una clara alusión al problema de la invasión del espacio público por las marcas.

Puede verse un video de la obra "The Artvertiser" de Julian Oliver en:  
<https://vimeo.com/9291451#at=3>



Figura 8

"The Artvertiser" de Julian Oliver

(Fuente: <https://theartvertiser.com>)

Figura 9

"Hidden Worlds of Noise and Voice" de Golan Levin y Zachary Lieberman

(Fuente: <http://www.flong.com/projects/hwnv>)



Otro ejemplo es la obra "Hidden Worlds of Noise and Voice" de Golan Levin y Zachary Lieberman. Si bien, esta obra está al borde de la Realidad Virtual (ya que los anteojos obturan gran parte de la visión del entorno), en esta las personas emiten sonidos y estos se transforman en cuerpos tangibles/visibles que atraviesan el espacio, como si los sonidos fueran elementos visibles.

Puede verse un video de la obra "Hidden Worlds of Noise and Voice" de Golan Levin & Zachary Lieberman en: <https://vimeo.com/17229647>

### Realidad Aumentada basada en pantallas/monitores

Si bien los primeros dispositivos pensados para la Realidad Aumentada fueron los anteojos, la disponibilidad de otro tipo de dispositivos que tuviesen cámaras, pantallas y fueran portables, permitió extender y democratizar este tipo de experiencia. Concretamente, las tablets y teléfonos móviles (con pantallas sensibles al tacto) pusieron al alcance de todos el uso de este tipo de aplicaciones. Los dispositivos portables tienen la ventaja de reunir en un solo dispositivo todas las partes que intervienen en la reproducción de una escena de Realidad Aumentada: una cámara, una pantalla y una computadora, a un precio muy reducido. Luego veremos que estos también tienen GPS, un dispositivo de localización global, que se utiliza para la Realidad Aumentada Geolocalizada, que veremos más adelante. Esto ha hecho que los celulares y tablets hayan extendido las posibilidades de acceder a este tipo de experiencia.

Un ejemplo de este tipo de dispositivos usados en el arte son las obras de la serie "Mirages et Miracles" de Adrian M y Claire B. En esta serie se puede recorrer una serie de objetos y dibujos a los que se les superponen elementos virtuales con cierta mirada poética, como una pequeñas piedras que al ser vistas desde una tablet muestran la silueta de un niño saltando de una en una.



Figura 10

"Mirages et Miracles" - Adrian M y Claire B

(Fuente: <https://www.am-cb.net/projets/mirages-miracles>)

Se puede ver videos de esta obra en "Mirages et Miracles" de Adrian M y Claire B en:

[https://www.youtube.com/watch?v=KnUkws\\_zNxg](https://www.youtube.com/watch?v=KnUkws_zNxg)

<https://www.youtube.com/watch?v=2OrWfrFo3PE>

Otro ejemplo interesante de aplicación de Realidad Aumentada al arte es el trabajo de Amir Baradaran, "Frenchising Mona Lisa" que podría traducirse como "afrancesando a la Mona Lisa". Una propuesta lúdica que permite que cuando una apunta con su celular a la imagen de la Mona Lisa (ya sea el cuadro original o una reproducción) se puede ver al personaje que se envuelve en una bandera francesa, una anécdota graciosa si se tiene en cuenta que el original esta en el Museo del Louvre.

Puede verse un video de la obra "Frenchising Mona Lisa" de Amir Baradaran en: <https://vimeo.com/19395837>



Figura 11

"Frenchising Mona Lisa" de Amir Baradaran

(Fuente: [http://amirbaradaran.com/ab\\_futarism\\_monalisa.php](http://amirbaradaran.com/ab_futarism_monalisa.php))

## Realidad Aumentada basada en proyección de video (video-mapping)

La Realidad Aumentada mediada por anteojos o por pantallas son propuestas que se experimentan en forma personal, ya que otras personas no pueden ver lo que estamos viendo, como en el caso de los anteojos, o la experiencia es difícil de experimentar de a varios como en las pantallas (dependiendo de su tamaño). Una alternativa que permite tener una experiencia colectiva de la Realidad Aumentada es la del video-mapping. En esta propuesta, los elementos virtuales dejan de estar mediados por pantallas, sino que se proyectan (con proyectores de video) directamente sobre la escena. El término “video-mapping” significa la acción de hacer coincidir las imágenes virtuales (del video) con los volúmenes físicos (las formas) de la escena, ya que “mapear” significa: localizar y representar gráficamente la distribución relativa de las partes de un todo. En este sentido, el “mapa” (la distribución de las partes) es lo que permite establecer las relaciones entre lo físico y lo virtual. Las escenas de video-mapping, si están bien logradas, producen efectos de simulación muy interesantes, creando ilusiones volumétricas a partir de las imágenes bidimensionales bien asociadas con la escena.

Uno de los primeros artistas en trabajar el video-mapping en forma artística fue Pablo Valbuena, quien se decidió a “aumentar” los volúmenes de unas esculturas construidas por paralelepípedos.

Pero quizás uno de los trabajos de ilusión más logrados mediante técnicas de video-mapping es el llamado “Omote” (hecho por un equipo conformado por los artistas Asai, Kuwahara, Lacroix, Hasegawa, Ishibashi), que logra modificar el rostro de una artista/performer mientras ellas actúa. El video-mapping en este caso es en tiempo-real, ya que hay un sistema de captación que analiza la posición de del rostro de la performer para hacer que siempre coincida la proyección de video con sus facciones y lograr una ilusión perfecta. El tema de la performance se basa en conceptos de la cultura japonesa. Parece ser que “Omote” es un concepto que representa a la parte más avanzada tecnológicamente de Japón, así como la más poderosa, en comparación con la parte más tradicional.

Figura 12

“Augmented Sculpture” - Pablo Valbuena

(Fuente: <http://www.pablo-valbuena.com/augmented/augmented-sculpture/>)

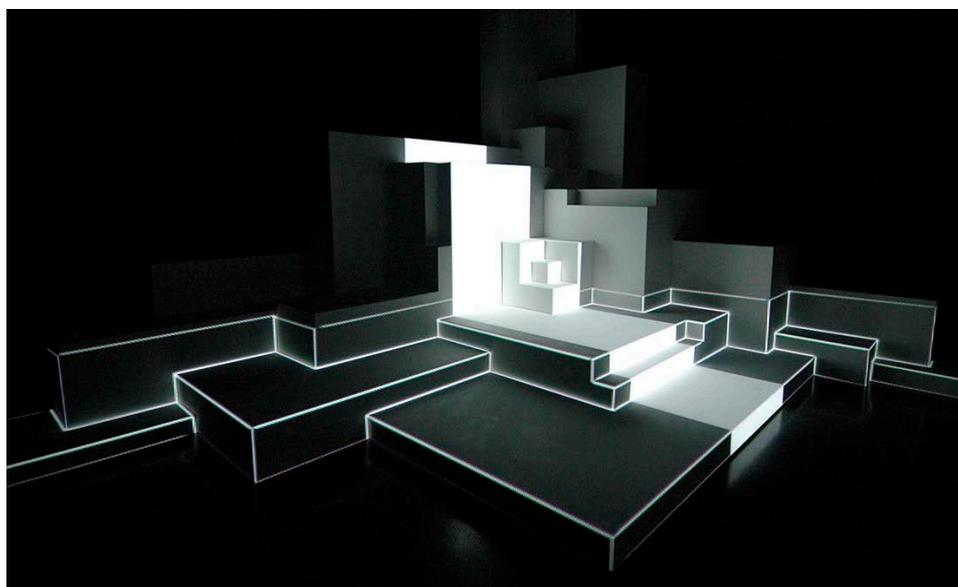




Figura 13

"Omote" - Asai, Kuwahara, Lacroix, Hasegawa, Ishibashi

(Fuente: <https://www.nobumichiasai.com/post/138919147877/omote-real-time-face-tracking-projection>)

Puede verse un video de la obra "Omote" de Asai, Kuwahara, Lacroix, Hasegawa y Ishibashi en: <https://www.youtube.com/watch?v=eVNDYgMrvUU>

Otro excelente trabajo de video-mapping que genera fuertes ilusiones de tridimensionalidad es el llamado "Box" del equipo Bot Dolly. En este, unos robots industriales, como los que se usan en la industria automotriz, mueven unos paneles en forma sincronizada con las proyecciones de video, de forma de producir todo tipo de ilusiones. La puesta se basa en conceptos referentes a la magia y toda la performance responde a la dinámica del acto de un mago. Un detalle interesante, es que la cámara con la que está filmada la escena está también sincronizada mediante otro robot, con lo que toda la escena está organizada para verse desde determinado punto de vista (el de la cámara) y todas las perspectivas respetan dicho punto de fuga.

Puede verse un video de "Box", Bot Dolly en: <https://www.youtube.com/watch?v=IX6JcybgDFo>



Figura 14

"Box" - Bot Dolly

(Fuente: <https://gmunk.com/BOX>)

## Realidad Aumentada Geolocalizada

La utilización de teléfonos celulares para la Realidad Aumentada trajo la posibilidad de asociar las entidades virtuales no solo con patrones visuales, sino con localizaciones específicas en el planeta. En este caso, el dispositivo que realiza la superposición del elemento virtual a la escena real, utiliza la geolocalización (un GPS) para determinar cómo hacer dicho montaje.

Lo interesante de este tipo de Realidad Aumentada es que se establece un fuerte nexo entre la aumentación (los elementos virtuales) y el espacio físico específico donde estos elementos se anclan, por esto los trabajos artísticos que usan estas tecnologías se constituyen en verdaderas “intervenciones” del espacio, ya que el concepto de “intervención” (u obra “site specific”) implica que esa obra sólo funciona en dicho espacio y no podría trasladarse a otro, debido al tipo de significaciones que construye en el entorno en que se ancla.

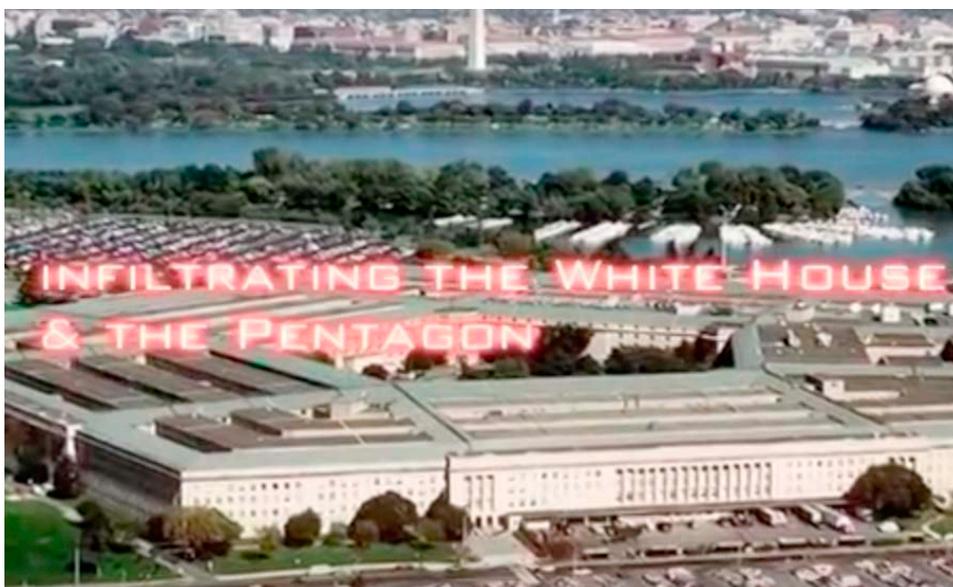
En este tipo de Realidad Aumentada, las personas pueden recorrer espacios físicos (generalmente públicos) y usar sus teléfonos como una ventana para ver, a través de ellos, los elementos virtuales que aumentan esas localizaciones. Comúnmente deben descargarse ciertas aplicaciones para el teléfono, que son las encargadas de buscar los contenidos que corresponden a la localización en el planeta. Una de las más conocida es “Layar”.

Uno de los artistas que más y primeramente ha explotado este tipo de puesta, es Sander Venhoof, un holandés que comprendió rápidamente y puso en crisis lo que podría ser la soberanía del espacio virtual, ya que se ha dedicado a intervenir espacios públicos y privados con trabajos artísticos de Realidad Aumentada geolocalizada. Quizás uno de sus trabajos más provocativos es “Infiltrating the Oval Office & Pentagon” (que en inglés significa “Infiltrando la Oficina Oval y el Pentágono”, la Oficina Oval es la del presidente de EEUU en la Casa Blanca y el Pentágono el famoso edificio militar de dicho país). En este trabajo, el artista geolocaliza un globo aerostático virtual en dichos espacios, de forma que sólo los em-

Figura 15

“Infiltrating the Oval Office & Pentagon” - Sander Veenhof

(Fuente: <https://www.layar.com/news/blog/tags/oval-office/>)



pleados que trabajan ahí (y los funcionarios) puede ver estos elementos. Los globos poseen en sus paredes *tweets* de crítica al gobierno que el público general puede subir a la red social. El trabajo es muy interesante porque pone en evidencia la falta de normativa respecto de la soberanía de este espacio, a la vez que funciona como una eficiente intervención simbólica de esos lugares.

Puede verse un video de “Infiltrating the Oval Office & Pentagon”, Sander Veenhof, en: <https://www.youtube.com/watch?v=wyEy2DLu7Wk>.

En otro de sus trabajos, llamado “MoMA NYC augmented reality”, el artista emplazó esculturas virtuales de realidad aumentada en ciertos espacios del famoso museo de arte moderno MoMA de Nueva York. Esta intervención la hizo, al igual que en el anterior trabajo, sin contar con la autorización de la administración de MoMA, quienes seguramente se enteraron del evento luego de que este sucedió.



Figura 16

“MoMA NYC augmented reality” - Sander Veenhof

(Fuente: <http://www.sndrv.nl/moma/>)

Puede verse un video de la obra “MoMA NYC augmented reality” de Sander Veenhof en: <https://www.youtube.com/watch?v=b9T2LVM7ynM>

Por último, y en colaboración con otros artistas, Veenhof repitió la experiencia, montando trabajos virtuales en una pabellón de la famosa Bienal de Arte de Venecia. Parece que los trabajos virtuales expuestos pertenecían a artistas que no habían sido convocados para la bienal.

Puede verse un video de “Manifest.AR” de Sander Veenhof en: <https://vimeo.com/26573455>

Un trabajo que sigue la línea de los de Veenhof, es el trabajo “Red Libre - Red Visible” de Clara Boj y Diego Díaz, el cual apunta a hacer visible la transmisión de información a través de las redes inalámbricas de Internet, como una forma de tangibilizar la información que nos rodea y atraviesa (literalmente).

Figura 17

"Manifest.AR" - Sander Veenhof  
(Fuente: <http://sndrv.nl/stop/>)



Figura 18

"Red Libre - Red Visible" - Clara Boj y Diego Díaz  
(Fuente: <http://www.banquete.org/banquete05/visualizacion.php?id=73>)



Puede verse un video de "Red Libre - Red Visible", Clara Boj y Diego Díaz, <https://www.youtube.com/watch?v=KJDxbzJA1a0>

"All Hail Damien Hirst!" es un trabajo de Tamiko Thiel que sigue la línea irónica de Sander Veenhof. El artista aprovechó una muestra retrospectiva de Damien Hirst en el Tate Modern de Londres y montó un trabajo de Realidad Aumentada en el que se muestra a Damien Hirst con una lluvia de monedas alrededor. El trabajo tiene algo de celebratorio y crítico a la vez, ya que el título significa: "todos saludan/veneran a Damien Hirst!". Damien Hirst es una figura muy importante del Arte Contemporáneo, que ha logrado vender sus trabajos con los mayores valores de la historia. De hecho, la obra de arte más cara del mundo, es una calavera humana que él recubrió con cientos de diamantes, la obra fue diseñada para ser la más cara de la historia y hubo que hacer un consorcio económico para poder costearla. Muchos trabajos de Hirst hacen referencias bíblicas o a temas religiosos o a la muerte, por lo que el trabajo de Tamiko Thiel decide respetar esa iconografía entre religiosa y satírica. Según sus palabras:



Figura 19

“All Hail Damien Hirst!” - Tamiko Thiel

(Fuente: <http://www.allhail-damienhirst.com/>)

“...el trabajo funciona ahora no solo visualmente, sino que a fuerza de su ubicación también cuestiona el sistema por el cual el mundo del arte consagra artistas y obras de arte. ¿Qué significa la ubicación de una obra de arte, si cada artista decide por sí mismo dónde colocar el trabajo? Los muros no pueden mantenernos alejados, ni las paredes nos mantienen dentro. Incluso Hirst, quien es conocido como un fanático del control, no puede ejercer control sobre la realidad aumentada...” (Tamiko Thiel en una entrevista en <https://www.furtherfield.org/all-hail-damien-hirst-augmented-reality-intervention-tate-modern/>)

Puede verse un video de la obra “All Hail Damien Hirst!” de Tamiko Thiel en: <https://www.youtube.com/watch?v=On417tdUxFA>

## Virtualidad Aumentada

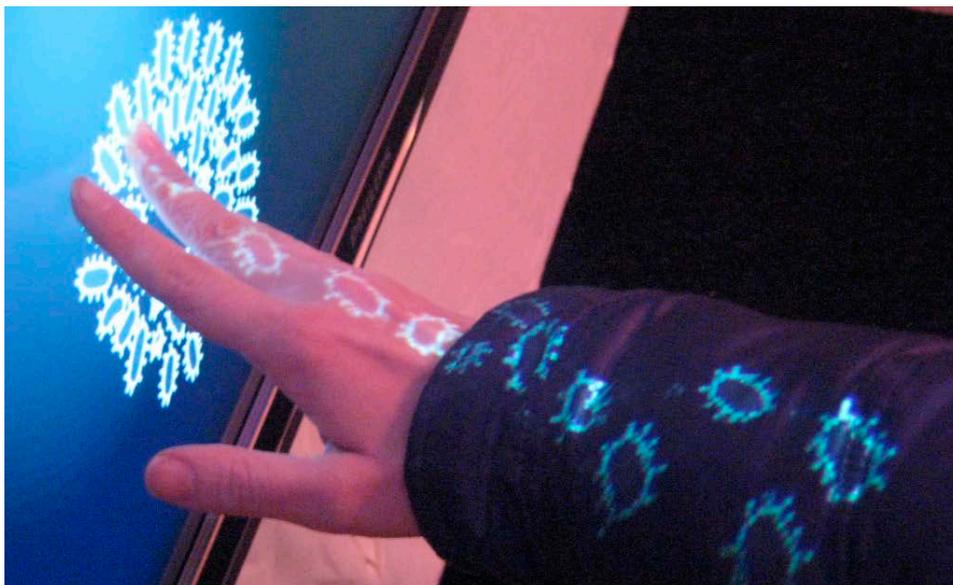
Hemos visto hasta aquí los diferentes tipos de Realidad Aumentada que pueden presentarse en función del tipo de dispositivos que utilizan. Ahora abordaremos la Virtualidad Aumentada para ver las diferencias entre esta y la anterior. Si quisiéramos establecer cuál es la diferencia entre ambas, podríamos decir que es una diferencia de “sujeto y marco general”, es decir: en la Realidad Aumentada, el marco general es la realidad física (el entorno real) y el sujeto que se suma (que se aumenta) son los elementos virtuales. En cambio, en la Virtualidad Aumentada esa relación se invierte, ya que el marco general es un entorno de realidad virtual, y lo que se suma a este son los elementos físicos. Una trabajo artístico que ilustra esta relación es el llamado “Delicated Boundaries” de Chris Sugrue, en el que el público observa unas bacterias virtuales en un monitor, pero cuando toca la pantalla con sus manos, estas bacterias se suben a la misma, escapando del monitor.

“Delicated Boundaries” es una trabajo de Virtualidad Aumentada porque el marco general de la obra es la virtualidad en el que se mueven las bacterias, el entorno físico no juega ningún papel en la obra y sólo

Figura 20

"Delicated Boundaries" - Chris Sugrue

(Fuente: <http://csugrue.com/delicateboundaries/>)



un elemento físico entra en escena, las manos del público. Por lo que podríamos decir que al entorno virtual de las bacterias sintéticas, se le aumenta con la presencia física de la mano del público, siendo entonces una Virtualidad Aumentada.

Puede verse un video de "Delicated Boundaries" de Chris Sugrue en: <https://vimeo.com/1007230>

Un caso muy interesante de Virtualidad Aumentada es el revolucionario instrumento de improvisación musical electroacústica, llamado "ReacTable", diseñado en la Universidad de Barcelona Pompeu Fabra, por Sergi Jordà, Günter Geiger, Martin Kaltenbrunner and Marcos Alonso. Este instrumento es una mesa, pantalla sensible al tacto y con interfaces tangibles. Estas interfaces tangibles son unas piezas de acrílico que poseen unos dibujos (que sirven como patrones bitonales para el sistema de captación) y sirven como módulos musicales de síntesis de sonidos y composición musical.

En este instrumento, el performer puede tomar piezas que producen música y sonidos, y al ubicarlas sobre la mesa estas entran en funcionamiento. Cada pieza tiene diferentes funciones y se combinan entre sí en función de la proximidad que tienen en la mesa.

Nuevamente, es un caso de Virtualidad Aumentada, dado que el entorno general es virtual y tanto las piezas de acrílico como las manos de los performers son elementos físicos que se integran a esta escena.

Puede verse un video de "ReacTable" de Sergi Jordà, Günter Geiger, Martin Kaltenbrunner and Marcos Alonso en: <https://www.youtube.com/watch?v=Mgy1S8qymx0>

Por último, el trabajo "UNMAKEABLELOVE", dirigido por Sarah Kenderdine y Sheffrey Shaw, muestra una puesta de Virtualidad Aumentada, en la que en el centro de un espacio se encuentra un habitáculo hexagonal supuestamente habitado por personas desnudas de un aspecto sombrío (casi zombi). El público puede rodear este habitáculo,



Figura 21

"ReacTable" - Sergi Jordà, Günter Geiger, Martin Kaltenbrunner and Marcos Alonso

(Fuente: <http://reactable.com/>)

pero no puede ingresar. Las paredes del mismo sirven como ventana hacia el interior, como si este fuera una jaula donde están encerrados estos seres. Pero el interior está a oscuras y sólo es posible iluminarlos con una linterna que el público puede manipular para poder observar la escena. El mundo interior del habitáculo es totalmente virtual y en realidad sus paredes son pantallas que reproducen la vista de la escena desde ese punto. Obviamente las seis pantallas están sincronizadas y muestra un mismo modelo (tridimensional) del interior del habitáculo y sus seres. A este mundo virtual, sólo se suma las linternas (elementos físicos) que el público puede manipular.

Puede verse un video de "UNMAKEABLELOVE" de Sarah Kenderdine y Sheffrey Shaw en: [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=233&v=f0VoCfyLmWw](https://www.youtube.com/watch?time_continue=233&v=f0VoCfyLmWw)



Figura 22

"UNMAKEABLELOVE" - Sarah Kenderdine y Sheffrey Shaw

(Fuente: <http://unmakeablelove.org/>)

## Conclusión

En este muy breve recorrido que hemos realizado por las diferentes mixturas posibles entre realidad y virtualidad, se abre una abanico de nuevas posibilidades para el mundo del arte. La Realidad Aumentada da cuenta de una integración entre lo virtual y lo físico, entre los bits y los átomos (como diría Nicholas Negroponte), que muestra cuanto de nuestra cultura ha sido atravesado por el proceso de digitalización de la realidad. Las entidades virtuales ya no se contentan con tener su propio mundo en una Realidad Virtual, ahora exigen estar entre nosotros, aumentando nuestra realidad cotidiana. Esta nueva articulación entre espacio e información, esta nueva complejidad de nuestra realidad es un campo fértil para que el arte investigue y desenvuelva sus problemáticas. La Realidad Aumentada ha añadido una nueva dimensión a nuestra realidad y artistas como Sander Veenhof decidieron poner en crisis estas nuevas soberanías territoriales. Quizás estas virtualidades permitan realizar (es decir, poner en lo real) lo irrealizable (aquello que sólo podía habitar lo simbólico, ahora puede habitar también lo real) mediante representación e ilusionismo, pero con estas realidades mixtas, las representaciones son más reales de lo que han sido nunca.

Emiliano Causa  
Septiembre 2018

## Bibliografía

- Causa, Emiliano y Joselevich Puiggrós, Federiro, (2013) “Interfaces y diseño de interacciones para la práctica artística”, Bernal, Universidad Virtual de Quilmes, ISBN 978-987-1856-89-3
- Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, Fumio Kishino (1994) “Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum”, [http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram\\_Takemura\\_SPIE1994.pdf](http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram_Takemura_SPIE1994.pdf)
- Pierre Lévy, (1999) “¿Qué es lo virtual?”, Ed. Paidós, ISBN: 84-493-0585-3

## Videos

- “Golden Calf” Sheffrey Shaw, <https://www.youtube.com/watch?v=paaacEIF6wU>
- “Augmented Sculpture” Pablo Valbuena, <https://www.youtube.com/watch?v=KHWaH78Yt8Y>
- “The Artvertiser” Julian Oliver, <https://vimeo.com/9291451#at=3>
- “Hidden Worlds of Noise and Voice” Golan Levin & Zachary Lieberman, <https://vimeo.com/17229647>
- “Mirages et Miracles” - Adrian M y Claire B, <https://www.youtube.com/watch?v=KHWaH78Yt8Y>

[com/watch?v=KnUkws\\_zNxg](https://www.youtube.com/watch?v=KnUkws_zNxg)

- “Mirages et Miracles” - Adrian M y Claire B, <https://www.youtube.com/watch?v=2OrWfrFo3PE>
- “Frenchising Mona Lisa”, Amir Baradaran, <https://vimeo.com/19395837>
- “Omote”, Asai, Kuwahara, Lacroix, Hasegawa, Ishibashi, <https://www.youtube.com/watch?v=eVNDYgMrvUU>
- “Box”, Bot Dolly, <https://www.youtube.com/watch?v=IX6JcybgDFo>
- “Infiltrating the Oval Office & Pentagon”, Sander Veenhof, <https://www.youtube.com/watch?v=wyEy2DLu7Wk>
- “MoMA NYC augmented reality”, Sander Veenhof, <https://www.youtube.com/watch?v=b9T2LVM7ynM>
- “Manifest.AR”, Sander Veenhof, <https://vimeo.com/26573455>
- “Red Libre - Red Visible”, Clara Boj y Diego Díaz, <https://www.youtube.com/watch?v=KJDxbzJAa0>
- “All Hail Damien Hirst!”, Tamiko Thiel, <https://www.youtube.com/watch?v=On417tdUxFA>
- “Delicated Boundaries”, Christine Sugrue, <https://vimeo.com/1007230>
- “ReacTable”, Sergi Jordà, Günter Geiger, Martin Kaltenbrunner and Marcos Alonso, <https://www.youtube.com/watch?v=Mgy1S8qymx0>
- “UNMAKEABLELOVE”, Sarah Kenderdine y Sheffrey Shaw, [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=233&v=f0VoCfyLmWw](https://www.youtube.com/watch?time_continue=233&v=f0VoCfyLmWw)

## Páginas de Internet

- “Golden Calf”, Sheffey Shaw, <https://www.jeffreyshawcompendium.com/portfolio/golden-calf/>
- “Augmented Sculpture Series”, Pablo Valbuena, <http://www.pablo-valbuena.com/work/augmented-sculpture-series/>
- HTC Vive, <https://www.vive.com>
- See Through Displays, <https://www.dispelix.com>
- <https://www.laimprentacg.com/wp-content/uploads/2012/12/realidad-aumentada-21.jpg>
- “The Artvertiser”, Julian Oliver, <https://theartvertiser.com>
- “Hidden Worlds of Noise and Voice”, Golan Levin y Zachary Lieberman, <http://www.flong.com/projects/hwnv>
- “Mirages et Miracles”, Adrian M y Claire B, <https://www.am-cb.net/projets/mirages-miracles>
- “Frenchising Mona Lisa”, Amir Baradaran, [http://amirbaradaran.com/ab\\_futarism\\_monalisa.php](http://amirbaradaran.com/ab_futarism_monalisa.php)

- “Omote”, Asai, Kuwahara, Lacroix, Hasegawa, Ishibashi, <https://www.nobumichiasai.com/post/138919147877/omote-real-time-face-tracking-projection>
- “Box”, Bot Dolly, <https://gmunk.com/BOX>
- “Infiltrating the Oval Office & Pentagon”, Sander Veenhof, <https://www.layar.com/news/blog/tags/oval-office/>
- “MoMA NYC augmented reality”, Sander Veenhof, <http://www.sndrv.nl/moma/>
- “Manifest.AR”, Sander Veenhof, <http://sndrv.nl/stop/>
- “Red Libre - Red Visible”, Clara Boj y Diego Díaz, <http://www.banquete.org/banquete05/visualizacion.php?id=73>
- “All Hail Damien Hirst!”, Tamiko Thiel, <http://www.allhaildamienhirst.com/>
- “Delicated Boundaries”, Chris Sugrue, <http://csugrue.com/delicate-boundaries/>
- “Reactable”, Sergi Jordà, Günter Geiger, Martin Kaltenbrunner and Marcos Alonso, <http://reactable.com/>
- “UNMAKEABLELOVE”, Sarah Kenderdine y Sheffrey Shaw, <http://unmakeablelove.org/>





# MODOS DE MAPEO EN EL ARTE CONTEMPORÁNEO. VIDEOMAPPING, MEDIOS LOCATIVOS Y VISUALIZACIÓN DE DATOS

Luis Gárciga (investigador independiente, Cuba)

Loreto Alonso (Cenidiap, México)

## RESUMEN

El texto hace un recorrido por las interacciones más significativas de las prácticas artísticas y la acción de mapeo. Examina algunos usos artísticos y posmediales de mapeo como son videomappings, medios locativos y visualización de datos, distinguiendo sus distintos intereses en conceptos como el espacio, el lugar y el territorio. Y plantea la propuesta de una concepción del mapa film en la práctica de videomappings artesanales.

*mapear*

*arte*

*videomapping*

*medios locativos*

*visualización de datos*

## 1. Introducción

Mapear, crear un mapa puede asociarse a la manera en la que se representa gráficamente un conocimiento que en sus orígenes estaba relacionado con una experiencia espacial, generalmente geométrica, pero estos conocimientos pueden ser no solo geométricos, como hacen evidente los términos mapa conceptual o mapa mental.

Hoy en día podemos consultar multitud de mapas que expresan diferentes tipos de conocimientos y datos y nos enfrentamos a problemáticas y dilemas complejos como la posibilidad o no de que un mapa sea anterior al conocimiento que lo construye.

Mapear, al igual que la práctica artística supone una forma específica de construcción de conocimiento<sup>1</sup>. Desde el Renacimiento el mapa y el mapeo han sido incorporados a la obra de arte como resultado y como procedimiento que valida morfológica y fisiológicamente a esta (Kemp 2000). Es en los dos primeros tercios del siglo XX<sup>2</sup> cuando varios artistas estuvieron interesados en usar el mapear de un modo más expresivo en tanto más novedoso e inusual. Dadaístas, situacionistas y artistas del Land Art son solo unos ejemplos. Es muy relevante en estas concepciones nociones como la *psicogeografía* y el *detournement* o deriva como maneras de vivir la experiencia espacial de los recorridos mezclando las características integrales de los lugares por donde se transita, más allá de un mapa o un urbanismo que atiende solo a volúmenes y distancias. Desde las prácticas del “arte de la tierra”, Robert Smithson plantea una tensión entre lugares y no lugares para abordar la relación de objetos, sujetos y contextos de creación y de recepción, en lo que podría entenderse como un recorrido conceptual entre el espacio absoluto-abstracto de Newton y el específico-concreto de Aristóteles.

Las referencias a la ubicación de la obra en el espacio de estas segundas vanguardias artísticas pueden considerarse concluyentes cuando Thomas McEvelley en su artículo “Sobre el ademán de dirigir las nubes. Catorce maneras de mirar a un pájaro negro” (1984), considera a la localización de la pieza como uno de sus catorce contenidos a la hora de enfocar las obras de arte de comienzos de los años ochenta. Esta relación obra-ubicación era igualmente destacada por Robert Irwin cuando consideraba que la escultura podía mantener tres formas de relacionarse con el emplazamiento a través de la existencia de tres tipologías: Site-determined, Site-adjusted y Site-specific (Bishop 2005).

Mapear es una acción que genera resultados a partir de un ente primigenio espacial que el arte ha aprovechado y diversificado. El espacio posee varios componentes geométricos, afectivos y políticos; a la vez que la generación de un mapa puede estar involucrada con las pequeñas o las grandes ópticas, esos modos de localización no siempre visuales y que van desde un conjunto preciso de lentes a un complejo sistema satelital. Video mapping, medios locativos y visualización de datos son tres ejes a explorar en un devenir histórico que va desde la última década del pasado siglo a la actualidad, cuando no solo ha cambiado el arte sino

la sociedad y la cultura en la que está inmerso. Mapear hoy hereda las diferentes implicaciones que el espacio tiene: sobre las dimensiones y las formas, sobre los afectos y sobre la condición de administrar el propio espacio junto a los tiempos de vida: el territorio como espacio político y biopolítico.

Las nuevas formas de mapeos que aquí expondremos siguen esa especie de trivalencia al referir al espacio, al lugar y al territorio. Solo que el medio del que se valen, el mapa, se ha transformado de un modo muy similar a como la fotografía lo ha hecho. Ha pasado de una fase originaria y basal a una medial, de ahí a una fase postmedial para finalmente en la actualidad encontrarse en una etapa más allá de su era posmedia. Estas nuevas formas de mapeo son: videomappings, medios locativos y visualización de datos.

## 2. Video- mapping

El videomapping consiste en proyectar imágenes sobre superficies materiales tangibles para conseguir la acentuación de la tridimensionalidad de la superficie y de la movilidad de las imágenes, a menudo se ejecuta sobre superficies con una previa carga o valor simbólico como edificios públicos y monumentos. Los resultados suelen ser monumentales, no solo por la herencia recibida de las fachadas o volúmenes arquitectónicos sobre los que se llevan a cabo sino por los recursos técnicos y logísticos que involucran. Se apoyan en el ilusionismo para garantizar una atención masiva en los espectadores.

Los videomapping se hayan ubicado en los polos de la realidad aumen-



Figura 1

Vista general en dos instantáneas de Punto WiFi y línea sobre el plano en el Centro de Arte Contemporáneo Wifredo Lam. La Habana: Obra y fotografía de los autores Luis Gárciga y Loreto Alonso (2016)

tada y la virtualidad aumentada, ya que amplían el entorno físico a través de uno virtual y extienden a la vez el entorno virtual en uno físico. Por estas razones puede decirse que el videomapping se haya próximo a las llamadas realidades mixtas (Milgram y Kishino 1994: 1321-1329).

Esta condición aumentada y mixta nos remite a dos antecedentes importantes: el cine expandido (Youngblood 1970) y a la escultura expandida (Krauss 1978). Como referencias de obras inscritas en estos antecesores mencionaremos a las piezas escultóricas con videoproyecciones de Tony Oursler o las de esculturas abstractas que proyectan sombras figurativas de Tim Noble & Sue Webster, mientras que en el cine expandido filiado en el llamado cine estructural señalamos los llamados filmes de luz sólida de Anthony Mccall, en particular Línea describiendo un cono (1973).

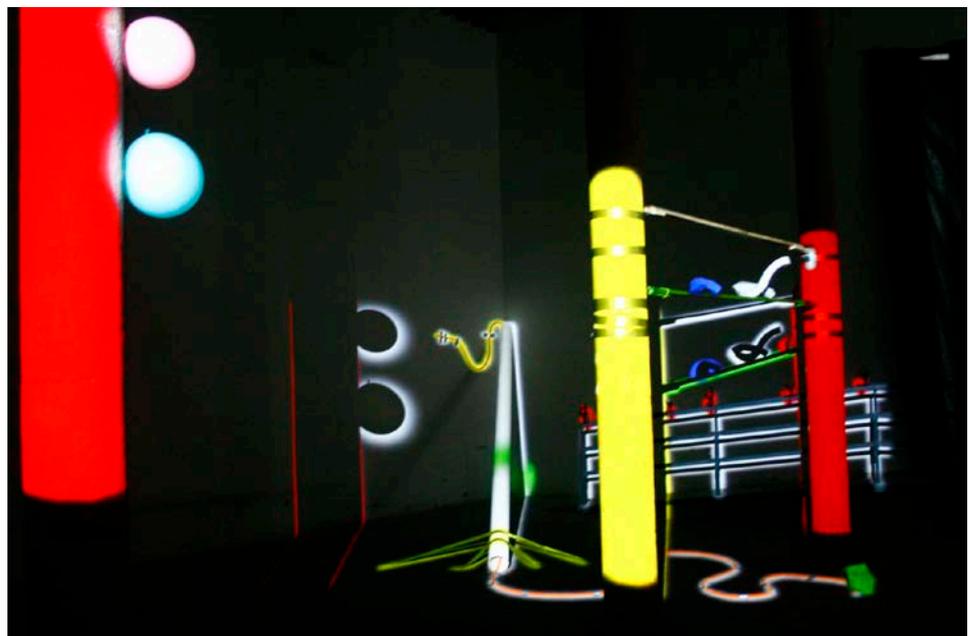
El videomapping pertenece a los llamados nuevos medios desde el enfoque de Lev Manovich, exhibiendo las características que los distinguen: variabilidad, modularidad, versionabilidad, representación numérica, automatización y transcodificación (Manovich 2005: 12).

Aunque se producen con antelación, se puede considerar el año 2010 como la fecha en la que en Latinoamérica se da su expansión pública, debido sobre todo a la popularización a través de las celebraciones de los bicentenarios de las independencias de varios de los países de la región.

Durante estos espectáculos se refuerzan algunas características de los mismos como el horror al vacío, la ocurrencia de momentos de abstracción, ciertas representaciones con tendencia didáctica al mostrar el efecto varias veces y cada vez más despacio como si de un tutorial se tratara. Las figuras humanas que se visibilizan oscilan entre dos escalas, una que las gigantiza y otra que las reduce a enanos, siendo ellas una especie de personajes coreografiados, donde juegan un papel compositivo sin evolución dramática. Ocurre una ruptura de la linealidad narrativa, hay una búsqueda

Figura 2

Vista general de *Fúgate, muérete, miéte, llora. Acordeón sobre dos sucesos carcelarios en México* Centro de las Artes de San Luis de Potosí, México: Obra y fotografía de los autores Luis Gárciga y Loreto Alonso. (2016).



del shock y el asombro permanentemente, se emplean recursos escénicos como luces seguidoras, voces en reverberación y telones que abren y cierran. En estos acontecimientos se da una espectacularidad integral de autor, parecida a la relación entre puesta en escena, autor y público que ocurren en los conciertos de rock y las actuaciones de DJs y VJs. Estos videomappings buscan lo que mencionaba Lehmann como TV-Effekt que es en cierta medida lo que el arte debería evadir (Lehmann 2013: 143).

En estas narraciones se recrean experiencias en el espacio físico, pero también en el espacio simbólico a partir de la activación de un espacio de la memoria. La producción espacial descrita en el punto anterior del presente artículo no es sólo esto. Como recuerda Henri Lefebvre (1984), ella no se acota a lo físico, pues el espacio no debe considerarse un producto sino un proceso, una producción en sí misma, que siempre está haciéndose y nunca queda fundada para siempre. El lugar se vuelve legible y reinterpretable, desmontable y reencuadrable. No es solamente la apariencia del monumento lo que cambia; también se transforma su propuesta de memoria. Las imágenes fijas, han servido como forma de recuerdo, trayendo de nuevo aquello ya pasado, pero tal y como reflexiona José Luis Brea sobre la imagen en movimiento, primeramente ensayada en el cine, la secuencia de imágenes "(...) dejan de oficiar como eficaces memorias de consignación: lejos de retener en lo inmóvil el acontecimiento que registran, ellas se hacen eficientes aliadas de su volatilidad" Los procesos de fantasmización y desfantasmización de la imagen electrónica ya no permite al espectáculo heredar el mismo rol que antes exigíamos al monumento. Lo efímero de las imágenes se corresponde con unos nuevos lazos, mucho más ligeros que atraviesan a los espectadores (Alonso 2013: s/p).

El video mapping aparece como espectáculo en un panorama posidentitario, donde los procesos de creación de imagen en tiempo real como el live coding o el video mapping se presentan como técnicas de memoria (o de recuerdo), a la vez que como espectáculos vertiginosos de ilusiones ópticas. En este sentido, el propio proceso de mapping parece estar marcando una nueva lógica de relación con el espacio físico, considerándolo como un elemento transcodificable, en el que podemos extraer o añadir información cuantificada.

El video mapping puede estar compartiendo igual suerte que el arte relacional, el cual pretende la restitución del tejido social; pero los dos poseen como debilidad el no lograr antagonismos ni crítica social. Los dos fenómenos, cada uno con una morfología diferente, pretenden, a través de una convocatoria a estar juntos, aparentar una participación activa más o menos masiva; similares a espectáculos musicales o eventos deportivos. Ocurriendo pues una reducción considerable de intensidad democrática real a favor de un aumento cuantitativo de participantes evidenciando el tránsito de una sociedad del espectáculo a una comunidad de figurantes.

Proponer desde el arte y a través de investigaciones alrededor de la cultura contemporánea estrategias para no descartar el videomapping como recurso expresivo, activándolo desde su condición transmedial y transdisciplinar empleando recursos que proviniendo de las artes que lo

conforman como el teatro posdramático, el cine o la instalación es un campo de estudio y producción que puede ayudar a resolver problemáticas en los sentidos antes mencionados.

### 3. Medios locativos

Otro modo de mapeo en el arte contemporáneo son los medios locativos. Estos son medios que combinan tecnologías y servicios basados en la localización. Este nombre se lo da Karlis Kalnins, del Centro de Nuevos Medios de Riga (Letonia) en el año 2003 con el objetivo de crear una diferencia entre el uso empresarial de los servicios basados en la localización del de las propuestas que provienen de las prácticas artísticas.

La tecnología fundamentada en la localización está formada por un conjunto de elementos que pueden ser parte de los recursos expresivos. Dispositivos digitales, sensores y redes inalámbricas digitales conforman las herramientas de las que se puede valer el artista para crear otras herramientas o para incidir directa o indirectamente en ellas. Su función fundamental es la de permitir flujos biyectivos de información con el mundo físico. De esto derivan sus aplicaciones para: localizar, mapear, acceder a servicios e información y a jugar.

Los medios locativos tienen una doble funcionalidad: como mass media y como post mass media; es decir, son recursos de información y de comunicación. Tienen además una doble característica: son ubicuos y pervasivos<sup>3</sup>, no solo se encuentran en casi todos los sitios sino que se interconectan entre sí y con los ámbitos socioeconómicos donde se sitúan.

Pueden considerarse cuatro tipos diferentes de proyectos con medios locativos: las anotaciones urbanas electrónicas, el mapeado, los juegos para móviles basados en la geolocalización y las movilizaciones inteligentes: convocatorias, promoción y realización de manifestaciones políticas y estéticas<sup>4</sup>.

Desde que se ha comenzado a disertar y reflexionar sobre los medios locativos se han generado ejes de producción e investigación en torno a ellos que comprenden los siguientes tópicos: Temporalidad, Movilidad, Comunidad, Mapas y la trilogía Espacio-Lugar-Territorio.

Andrés Lemos arroja una serie de consideraciones sobre los medios locativos. La interdependencia de los niveles de espacialidad: espacio, lugar y territorio como algo móvil y en constante negociación y reformulación, ligado a la memoria, donde no se da una separación entre lo físico y lo electrónico, donde lo que se produce es una realidad aumentada. Un concepto fundamental que él introduce es el de territorio informático, como la intersección del territorio físico con el flujo de datos electrónico que por ahí pasa. Plantea dos caminos de investigación, uno que se dirige al uso del espacio a partir de la existencia de sensores, dispositivos y redes y otro que va por la ruta etnográfica, el estudio de los comportamientos entre sujetos en ese territorio informático (Lemos 2008).

## 4. Visualización de datos

El tercer modo de mapeo en el arte contemporáneo es la visualización de datos. Lo que pueden significar los datos recae en las posibilidades de información y en la posibilidad de crear alguna estructura organizativa o “mapa”, sea este mental o visual que permita orientarnos. Los métodos estadísticos para tabular, clasificar, organizar y visualizar han sido establecidos a lo largo de la historia de las matemáticas, y han sido muy marcadamente desarrollados desde la geometría analítica al cálculo diferencial e integral; así como el análisis y trazado de gráficos de funciones de varias variables. Pero el arte, aún en sus debates entre iconoclasia e iconodulia durante el periodo bizantino o en el arte islámico, apuntando a si podemos o no representar visualmente la creación misma divina, ha sido básicamente visualización de datos; de datos anatómicos, geométricos, geográficos, etc. A menudo amparada en el principio del arte griego clásico de la mimesis o de su uso distorsionado para afectar más poderosamente nuestros sentidos. En este sentido podemos ejemplificar como la perspectiva renacentista favoreció la ejecución de impactantes y exagerados rompimientos de gloria durante el Barroco de la Contrarreforma en Italia.

No obstante, cabe distinguir que la visualización de datos dentro del arte es una cuestión numérica, de medidas, cánones y proporciones mientras que la historia del arte se cuenta en definitiva como esa sucesión de períodos, artistas y obras que han visualizado la realidad misma evadiendo, en la mayoría de los casos la cuestión numérica. Se trata de una vez que ya existe la cantidad de alguna dimensión o variable hacerse la pregunta ¿Cómo convertirla en imagen?

La preponderancia de lo visual en la comprensión del ciberespacio es un elemento reiterativo. Se puede comparar con el intento de comprensión de los fenómenos ondulatorios, atómicos y de la mecánica cuántica a través de los modelos de la mecánica clásica.

Para Marcos Novak “el ciberespacio es la visualización completamente espacializada de toda información en los sistemas globales de procesamiento de datos” (1992, s. p). En el ciberespacio, espacio y datos quedan intrínsecamente vinculados. La existencia de un mapa, nos lleva a recordar la importancia de lo que señala Derrida (1997) en relación a los archivos: da el orden y la orden.

Un mapa, una visualización de datos nos ubica ante archivos de experiencias a veces aún no vividas, ante archivos realizados por otros sujetos a menudo desconocidos o ante nuestros propios rastros desconocidos.

La espacialidad en la visualización de datos ocurre no sólo por la ubicación geoposicionada sino también por la articulación de elementos estáticos: lugar, dirección y los dinámicos: navegar, subir bajar, colgar, enviar.

Consideramos a Ben Fry el artista pionero en la visualización de datos con

la obra “Valence” (1999) que permite la visualización de cualquier conjunto de datos por enorme que sea dándole apariencia de red nodal que establece conexiones entre los elementos investigados. Se ha empleado para visualizar: El tráfico de información de un sitio web, un cuento de Mark Twain, El Fausto de Goethe, el Tratado Lógico Filosófico de Wittgenstein, la comparación de los genomas humanos con los de un ratón<sup>5</sup>.

Por ejemplo, para la visualización de un libro leído lo hace generando un gráfico en un espacio virtual 3D conectando palabras con líneas, según sean más frecuentes las palabras se sitúan lejos del centro y con mayor tamaño de fuente. En la medida que va procesando el texto, los nuevos datos van modificando la forma y distribución anterior.

La visualización de datos financieros es casi una especie de subgénero dentro de la visualización de datos, destacándose por su efectividad formal y su condición de iniciadora en ese sentido la obra de 1998 *Stock market skirt* de Nancy Paterson. También la visualización de datos ha sido en busca de la tan requerida transparencia política y financiera generadora de ejemplos muy convincentes de las fallas de los sistemas, ahora hurgados y clasificados bajo las posibilidades numéricas de los ordenadores actuales. Un ejemplo importante es la pieza de Josh On, *They Rule*, de 2001.

Se vuelve a hacer evidente las relaciones entre el dibujo y el mapeo si mencionamos al antecedente “analógico” de Mark Lombardi con obras que buscan revelar vínculos no visibilizados de instituciones, gobiernos y familias poderosas de diferentes contextos mundiales en conflicto. Aquí lo esquemático y racional no pasa por el uso de ordenadores para su presentación como obra de arte, sino que emplea el grafito sobre papel para mostrar una enmarañada red de sujetos y relaciones.

## 5. A modo de conclusión: Propuesta de una práctica de videomapping artesanal en relación a la evolución de las formas de mapeo.

Podemos decir que se ha dado una evolución o diversificación de las formas de mapeo. La generación de imágenes fotográficas, práctica relacionada con el mapeo al trasladar a un plano los ámbitos tridimensionales dispuestos frente a un dispositivo, se ha modificado en el transcurso del tiempo. Esta, como caso particular de mapeo decimonónico ha pasado primero a una condición medial y luego a una postmedial, de un primer obturador a un segundo obturador, de la cámara fotográfica en evolución a el ordenador también en evolución. Pero la ubicuidad e integración de los ordenadores hacen que la fotografía vaya un poco más allá de esa condición postmedial apareciendo un tercer obturador ubicado justo en el ambiente de las redes.

José Luis Brea considera tres eras de la imagen, una matérica, otra fílmica y otra electrónica llamada e-imagen, con características muy par-

ticulares que las distinguen, la fotografía carece de ese pasado matérico y se inscribió desde su aparición en una imagen-film, luego continuó su desarrollo pasando a su condición electrónica, analizada por Brea como postfotografía (Brea 2010). Como se insistía anteriormente, la fotografía ha rebasado ese instante, situándose electrónicamente ubicua y perversiva. En el artículo *Fotografía ahora. El tercer obturador y las emergencias postmediales* (Gárciga 2015), se defendía como los agentes geolocalividad, relacionalidad, comunidad, territorialidad, amateurización, portabilidad y documentabilidad son elementos que obturan por una tercera vez.

Podría considerarse que lo que sucede con las formas de mapeo sigue



*Figura 2*

*Vista general de Abducción en el palenque Centro Cultural de España en Costa Rica: Obra y fotografía de los autores Luis Gárciga y Loreto Alonso. (2018).*

una evolución similar, no solo porque la fotografía puede considerarse un modo de mapeo sino porque el mapa sí posee un momento de mapa-materia, atraviesa un momento de mapa-film, quizás en la forma de mapa impreso posteriormente a la aparición de la imprenta y al estar ligado a toda una madeja técnica de agrimensura, topografía, geodesia, cartografía, etc. Sus aspectos tecnológicos han sido mucho más variables que la máquina fotográfica generándose en ellas más modificaciones morfológicas y fisiológicas que las experimentadas por la fotografía cuando aparecieron los ordenadores. Podemos decir que aparecen los e-mapas cuando los ordenadores se interconectaron alámbrica e inalámbricamente y a su vez se hicieron red, no solo planimétrica sobre la superficie de la tierra sino cuando de una distribución poligonal y estrellada en las redes se pasó a configuraciones celulares volumétricas con vértice en los múltiples satélites ubicados por encima de nuestras cabezas en campos y ciudades y en los dispositivos móviles inteligentes que viajan en nuestros bolsillos o en las guanteras de nuestros coches.

Los videomappings artesanales se van a situar entre el mapa film y el e-

mapa pero son sobre todo mapas film pues su procedimiento está emparentado con la edición digital y la reproducción de la imagen usando los mismos dispositivos que una imagen filmica. De los e-mapas toma básicamente sus contenidos compartidos en red cuando empleamos en la información, generalmente sonora, comentarios y datos que han sido suministrados por fuentes proporcionadas por usuarios de portales en Internet.

La propuesta de videomapping artesanal parte de materiales de circulación mediáticas para contrastarlas en una concepción “artesanal” del espacio que indica una particular actitud frente a la programación, un proceso en el que el artista se aleja de las soluciones de los software comerciales especializados como *Mad Mapper*, *MaxJitter Video Projection Tools*, *Arena Resolumen*, etc para vincularse más directamente en el propio proceso. Respecto a este proceso que permite controlar el modo en el que se realizan las mediciones y deformaciones de las imágenes a través de cálculos matemáticos. Se puede trabajar en proyectar el espacio mismo, en sus objetos y no sólo contra una pared o el muro como generalmente se hace en los videomappings ligados a las celebraciones históricas o espectáculos publicitarios.

En resistencia a una *cajanegrización*<sup>6</sup> de los software, el desarrollo artesanal posibilita un seguimiento de los pasos, cambiar de dirección o decidirse por otras soluciones. El modo de producción coincide en este sentido con lo que para Richard Sennet abarca el concepto de artesanía: “una franja mucho más amplia que la correspondiente al trabajo manual especializado. Efectivamente, es aplicable al programador informático, al médico y al artista; el ejercicio de la paternidad, entendida como cuidado y atención de los hijos, mejora cuando se practica como oficio cualificado, lo mismo que la ciudadanía. En todos estos campos, la artesanía se centra en patrones objetivos, en la cosa en sí misma.” (2009:12)

Este contacto directo con los procesos lo encontramos también en el planteamiento objetual que se propone. Las proyecciones de *videomapping* artesanal muy al contrario que dirigirse a superficies monumentales se superponen a objetos del entorno más cotidiano y especialmente común en la cultura material cubana. Este cambio de soporte, del arco del triunfo al manojito de plátanos, de la edificación histórica a un amasijo de palos y plásticos se puede entender como un uso antimonumental que cambia radicalmente no sólo el símbolo sino también la escala del espacio físico.

Frente a lo que se ha denominado un *giro performativo en el arte*, especialmente enarbolado en relación a los procesos interactivos que proporcionan las nuevas formas de programación electrónica en el llamado arte digital, estos *videomappings* subrayan la inoperancia efectiva de nuestras acciones. En la recepción de la exposición resulta curiosa la confianza de la mayoría de los espectadores respecto a su capacidad interactiva, asumiendo que se encuentran rodeados de sensores y que sus movimientos resultan realmente significativos en la transformación de los elementos de la sala; pero el videomapping artesanal no está filiado a sensores que modifican nuestra percepción del espacio y nuestras relaciones con él. Estos recalcan las paradojas de la interacción electrónica como modoseudodemocratizador en una democracia en coma, la cual propone nuestro estar como un estar presente en un mapa que representa el sólido tejido social a través de superfluas redes sociales pero que no

asume la democracia directa en tiempo real como el modo de modificar el espacio, el lugar y el territorio. Los videomappings artesanales nos presentan las paradojas de las nuevas formas de mapeo en la cultura actual donde el mapa se nos presenta como entretenimiento y consuelo.

## Bibliografía

- Alonso, Loreto; Gárciga, Luis (2013) ¿Qué gigantes dijo Sancho Panza? Proyecciones monumentales con Videomapping en los bicentenarios de las naciones latinoamericanas. *Revista ASRI Arte y Sociedad Revista*. Málaga, España: Universidad de Málaga.
- Brea, José Luis (2010) *Las tres eras de la imagen*. Madrid, España: AKAL.
- de Micheli, Mario (1999) *Las vanguardias artísticas del siglo XX*, Mario Alianza, Madrid.
- Derrida, Jacques (1997) *Mal de archivo. Una impresión freudiana*, Editorial Trotta, Madrid.
- Gárciga, Luis (2015) *Fotografía ahora. El Tercer obturador y las emergencias postmediales*. Revista Discurso Visual CENIDIA INBA ,37, s/p. Disponible en: [http://www.discursovisual.net/dvweb37/PDF/04\\_Fotografia\\_ahora\\_El\\_tercer\\_obturador\\_y\\_las\\_emergencias\\_postmediales.pdf](http://www.discursovisual.net/dvweb37/PDF/04_Fotografia_ahora_El_tercer_obturador_y_las_emergencias_postmediales.pdf) . Consultada el 15 de mayo de 2017.
- Kemp, Martin (2000) La perspectiva lineal de Brunelleschi a Leonardo. *La ciencia del arte. La óptica en el arte occidental de Brunelleschi a Seurat*, (pp. 17 - 62). Madrid, España: Akal.
- Krauss, Rosalind (1979) "Sculpture in Expanded Field", *Revista October*, 8, pp. 30 - 44.
- Latour, Bruno (2001) *La caja de Pandora Barcelona*, Gedisa
- Lefebvre, Henri (1984) *La producción del espacio*. Barcelona, Antrophos.
- Lehmann, Hans-Thies (2013) *Teatro posdramático*. D.F., México: Paso de Gato/Cendeac.
- Lemos, A. (2008) Medios locativos y territorios informativos. Comunicación móvil y nuevo sentido de los lugares. Una crítica sobre la espacialización en la Cibercultura. En Área de las Artes (Ed.) *Textos del 2o Encuentro de la plataforma Inclusiva-net.*, (pp. 25- 44), Madrid, España: Medialab Prado.
- Maderuelo, Javier (2008) *La idea de espacio en la arquitectura y el arte contemporáneos 1960- 1989*. Madrid, España: Akal.
- Manovich, Lev (2005) *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. La imagen en la era digital*. Barcelona, España: Paidós.
- Manovich, Lev (2008). La visualización de datos como nueva abstracción y antisublime. *Revista Estudios Visuales* ,5, Enero, pp. 126-136.

- Milgram, Paul; Fumio Kishino (1994) A Taxonomy of Mixed Reality Visual Display. *Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE) Journal*, Vol. E77-D, 12, s/p.
- Mc Evilly, Thomas (1984) On the Manner of Addressing Clouds, *Art Forum*, Junio, s/p.
- Novak, Marcos (1992) Liquid Architectures of Cyberspace. En Benedikt, Michael (Ed.), *Cyberspace: First Steps*, Massachusetts, Estados Unidos: MIT Press.
- Prada, Juan Martín (2012) *Prácticas artísticas e Internet en la época de las redes sociales*. Madrid, España: AKAL.
- Sennet, Richard (2009) *El artesano*. Barcelona. Anagrama
- Youngblood, Gene (1970) *Expanded Cinema*. Nueva York, Estados Unidos: P. Dutton & Co., Inc.

## Notas

1. La filosofía del mapeo cubre un sin fin de consideraciones en relación a la idea de espacio. Aristóteles vincula al espacio a un tópos o lugar, con un nombre específico, el enfoque aristotélico hace pensar que no hay espacio en abstracto sino espacios particulares y nombrados. Emmanuel Kant propone considerarlo como una forma a priori, es decir, una especie de idea innata que el hombre posee, mientras que Henri Poincaré lo acota a datos de la experiencia humana. Para Albert Einstein el espacio es relativo, para Isaac Newton, absoluto y contenedor de la totalidad. De forma sintética y a través de comparaciones estas referencias pueden leerse en Maderuelo, Javier (2008) *La idea de espacio en la arquitectura y el arte contemporáneos 1960- 1989*, Madrid, Akal,
2. Para las Primeras Vanguardias, es importante leer en clave espacial el texto Manifiesto realista. Este puede leerse íntegramente en *Las vanguardias artísticas del siglo XX*, Mario de Michelli (1999), Alianza, Madrid. Ahí se puede no solo leer las interpretaciones del autor sino también los manifiestos originales traducidos al castellano.
3. El término pervasivo lo introduce IBM en 1998 para referir a la integración entre ellos y entre estos con los entornos donde se encuentran.
4. Entre las obras más significativas que dan pie a esta clasificación: "Impressing Velocity" (1992-1994) de Masaki Fujihata , Japón. "Trazos" (1997) de Andrea di Castro, México. "The Choreography of Everyday Movement", (2001) Teri Rueb, EE.UU. "iSee", (2001) Institute for Applied Autonomy, New York. "Amsterdam Realtime", (2002) Esther Polak. "FieldWork @Alsace" (2002) Masaki Fujihata, Alsacia. "Megafone.net" (2003), Antoni Abad y Eugenio Tiselli, México. "Sky Ear", (2004) Usman Hake, Londres. "Pac Manhattan, (2004) Amos Bloomberg, Kate Boelhauf y Denis Crowley. "TXtual Healing" (2006), Paul Notzald, Chelsea. "Transborder Inmigrant Tool" (2009), Electronic Disturbance Theater, San Diego. "Ciudad Nazca", (2010) Rodrigo

Derteano, Perú. "Campo minado" (2010), Claudio Bueno, Brasil

5. Otras obras paradigmáticas de las primeras aplicaciones de visualización de datos han sido Lisa Jebrat/ C5 "1:1 (1999-2002)" "Pockets Full of memories" o (2001) de George Legrady.
6. Como sucede con mucha tecnología actual, digital sobre todo, ocurre lo que Bruno Latour llama *cajanegrización*. Los *softwares* expertos están *cajanegrizados*, no sabemos cómo operan y por lo tanto, no podemos incidir en la zona de los resultados; eso explica en parte el parecido de familia de tanto *videomapping* industrial que sí garantizan un rendimiento alto en cuanto a tiempo de proceso pero que dejan a expensas de métodos encubiertos a quienes lo emplean.



# REALIDADES MIXTAS: PARADIGMA DE NUESTRO TIEMPO

**Natalia Matewecki**

Las Realidades Mixtas dan cuenta de algo más que trasciende lo meramente tecnológico, implican nociones tales como hibridación, convergencia, mezcla o simultaneidad, que afectan a gran parte de la producción cultural contemporánea. Lo mixto –y todas sus derivas– conforma *nuestro aire de tiempo, una mentalidad de época, un horizonte común de gusto*. En otras palabras, lo mixto define el estilo de época actual, caracterizado por interrelaciones altamente contradictorias que, al mismo tiempo, promueven la alianza de nuevas disciplinas, medios, dispositivos y géneros.

El universo de lo mixto es posible gracias a la combinación de tres unidades: el bit, el gen y el átomo. Cada una, con sus particularidades, constituye las unidades mínimas más flexibles y con gran capacidad de recombinación entre sí. Como consecuencia de estas mezclas, se establecen, en el ámbito de la ciencia, disciplinas mixtas como la Bioinformática, la Biotecnología o la Ingeniería genética; en el ámbito del arte, surge el bioarte, el arte de la vida artificial y el body-art cibernético; y en el ámbito de los medios y la tecnología, aparece la internet y la Realidad Aumentada.

En el caso específico del bit, Lev Manovich (2006) sostiene que permite volver virtuales a todas las cosas, sacándolas de su medio físico de origen y convirtiéndolas en algoritmos. Esto da lugar a numerosas transformaciones establecidas, en primer lugar, por la representación numérica que vuelve computable y programable cualquier dato; y, en segundo lugar, debido a la programación algorítmica que posibilita la variabilidad de los datos. Por tales características, los objetos virtuales no están fijados de una vez y para siempre, son susceptibles de ser manipulados y modificados constantemente, razón por la que Manovich (2008) resume en una sola palabra la lógica general de los nuevos medios tecnológicos: *remix*.

El *remix* es partícipe de nuestro *espíritu de tiempo*, es un hecho que vivimos en una cultura de la mezcla y la hibridación:

*Actualmente, muchas de las áreas culturales y estilos de vida –la música, la moda, el diseño, el arte, las aplicaciones web, los medios creados por usuarios, la comida– se rigen por remixes, fusiones, collages o mash ups (Manovich, 2008).*

El término *remixing*, explica el autor, originalmente estaba vinculado a la música (aunque existen antecedentes en otras áreas), tenía un sentido preciso y acotado que remitía al uso de grabadores multipistas (*multitrack mixers*) en los que las voces y los instrumentos que componen una canción son grabados por separado con el objetivo de poder manipularlos posteriormente. De modo progresivo, el término se expandió dando lugar a la modificación de cualquier producción cultural, ya sea sonora, visual, audiovisual o multimedial.

La nueva estética promovida por la mezcla de elementos heterogéneos es definida por Omar Calabrese (1994) como *neobarroca*. Esta vuelta al barroco se puede pensar en contraposición al estilo clásico que define a la modernidad como una tendencia hacia lo puro, lo ordenado, la separación y la distinción, cuya temporalidad se describe de forma lineal, veloz y sucesiva. En cambio, en el neobarroco predomina la mezcla, la

pluralidad, la multiplicidad, el rechazo a las formas unitarias y la aceptación de la inestabilidad y lo azaroso.

Según Michel Maffesoli (2001), a la linealidad del tiempo moderno le suceden el ciclo y la espiral de la época contemporánea que permiten ingresar a un tiempo mítico, ritual, en el que la repetición de los actos es la clave de la existencia. Por lo tanto, a diferencia de la modernidad que presupone una vida asegurada; en la actualidad, la verdadera vida no tiene proyectos, puesto que no hay objetivos. De allí deriva lo trágico, lo turbulento y lo azaroso de las acciones que delimitan el universo de la cultura contemporánea. En consecuencia, podemos definir la temporalidad actual como una concatenación de instantes inmóviles (Maffesoli, 2001: 10) que está basada en la fragmentación y la recomposición constante de partes que conforman un tiempo siempre presente.

Precisamente, en la era neobarroca es posible encontrar esa fragmentación en “los objetos más dispares, desde la ciencia hasta las comunicaciones de masa, desde la literatura hasta la filosofía, desde el arte hasta los comportamientos cotidianos” (Calabrese, 1994: 11). Razón por la que Calabrese no duda en relacionar ciertas producciones fragmentadas como los videoclips y los videojuegos o la acción de hacer *zapping* con la teoría científica de los fractales, que describe formas extremadamente irregulares, interrumpidas y accidentadas, o con la teoría del caos que explica procesos variables, aleatorios y casuales.

Con estos ejemplos, queremos referir a que la fragmentación se aplica a la mayoría de las producciones y los comportamientos de la cultura contemporánea, lo que promueve una verdadera cultura híbrida basada en el *remix* y la combinación de partes. Algunas veces, la copresencia de fragmentos provenientes de distintos orígenes es evidente; otras, se fusiona para ocultar las diferencias.

Teniendo en cuenta estas dos posiciones, actualmente existe una tendencia hacia una estética en la que es posible observar la convivencia de técnicas y de medios diferentes de manera yuxtapuesta y simultánea (Manovich, 2008). En este sentido, la hibridación no borra las distinciones sino que las explicita, como en el caso de la Realidad Aumentada que manifiesta la convivencia de entornos físicos y virtuales a la vez:

*Uno de los tipos de espacio que más auge va teniendo es el de la Realidad Aumentada, que es un entorno físico aumentado con elementos virtuales que se acoplan perceptivamente a este. Es decir, que dentro de la escena de mi realidad física inmediata puedo ver un objeto virtual que respeta el encuadre, la iluminación y la perspectiva de la escena, de forma tal que parece que “es parte de la escena” (Causa, 2019: 14).*

La Realidad Aumentada –como parte de las Realidades Mixtas– expone, por un lado, una vinculación de elementos diferentes al yuxtaponer objetos virtuales a entornos físicos, y, por otro lado, propone una mediación entre el entorno humano y el tecnológico. Estas relaciones son fundamentales, ya que se basan en la idea de multiplicidad y de mediación humano-no humano.

En línea con este pensamiento, Rosi Braidotti (2015) cuestiona la distinción entre humanos y circuitos tecnológicos, alegando que en el presente las relaciones mediadas tecnológicamente son fundamentales para la constitución del sujeto. No es posible pensar al mundo contemporáneo sin mediación tecnológica, es decir, sin computadores, teléfonos celulares, redes sociales y aplicaciones para cada instancia de la vida. Tampoco es posible pensarla separada de la experimentación tecnocientífica que permite la producción y el uso de implantes, de alimentos modificados genéticamente, de cosméticos y fármacos, etcétera.

De esta manera, los sujetos contemporáneos formamos parte de un mundo complejo en el que se despliegan procesos mixtos de hibridación, nomadismo, diásporas y criollización dados por las conexiones entre humanos y no humanos (Braidotti, 2015: 65). Por ello, las Realidades Mixtas se insertan en este contexto al promover la interacción entre el mundo físico y el virtual, a la vez que los sujetos consumidores de esas realidades quedan posicionados en un lugar intermedio dentro del *continuum* naturaleza-tecnología.

Rosi Braidotti destaca que la conexión entre los sujetos humanos y los artefactos tecnológicos se encuentra en el centro de los cambios que promueve el posthumansismo, pues los cuerpos y las máquinas se están conectando de un modo más íntimo a través de aplicaciones y de entornos virtuales que generan modificaciones recíprocas (Braidotti, 2015: 58).

En suma, las Realidades Mixtas cumplen un rol fundamental en la época actual al generar formas de hibridación que exhiben la copresencia simultánea de entornos diversos. Destacan así la naturaleza de cada uno pero sin perder de vista el carácter relacional, ya que para lograr una simulación precisa es necesario que el elemento del entorno virtual respete el encuadre y la perspectiva de la escena en el entorno físico.

Asimismo, la mediación entre humanos y circuitos tecnológicos desestabiliza las antiguas oposiciones binarias tales como hombre/tecnología, orgánico/inorgánico y dado/construido, que han habitado durante siglos en la sociedad. El cuerpo del sujeto es ampliado y aumentado por la tecnología, y, en este sentido, las Realidades Mixtas se involucran en lo cotidiano a través de videojuegos, producciones artísticas, recursos literarios y aplicaciones de toda clase, para lograr un diálogo entre bits, átomos y genes que expanden nuestra vida diaria.

## Referencias bibliográficas

- Braidotti, Rosi (2015). *Lo Posthumano*. Barcelona: Gedisa.
- Calabrese, Omar (1994). *La era neobarroca*. Madrid: Cátedra.
- Causa, Emiliano (2019). "Introducción a la Realidad Aumentada y las Realidades Mixtas. Un recorrido desde el arte". En E. Causa (Comp.), *Invasión Generativa*, 3(3), 11-31.
- Maffesoli, Michel (2001). "Introducción". En *El instante eterno*. Buenos Aires: Paidós, pp. 9-17.

- Manovich, Lev (2006). “¿Qué son los nuevos medios?”. En *El lenguaje de los nuevos medios*. Barcelona: Paidós, pp. 63-109.
- Manovich, Lev (2008). *Comprender los medios híbridos* (Eva Noriega y Melissa Mutchinick, trad.). La Plata: Facultad de Bellas Artes [en línea]. Disponible en: [http://www.fba.unlp.edu.ar/medios/biblio/2011\\_manovich\\_medios\\_hibridos.pdf](http://www.fba.unlp.edu.ar/medios/biblio/2011_manovich_medios_hibridos.pdf) [Consulta: 3 de octubre de 2018].



# LA PERFORMANCE INTERACTIVA COMO REALIDAD MIXTA Y LA SIMULTANEIDAD DE UNA ESTÉTICA Y UNA ENDOESTÉTICA.

**Ezequiel Rivero**

Facultad de Bellas Artes | Universidad Nacional de La Plata

[mannezik@gmail.com](mailto:mannezik@gmail.com)

[www.mannezik.com](http://www.mannezik.com)

## RESUMEN

El presente artículo intenta situar una obra de danza performance mediada por nuevas tecnologías dentro campo de las realidades mixtas.

Durante su desarrollo se plantea la existencia de una múltiple performance que hibrida realidad y virtualidad, la cual suscita la coexistencia de una estética y una endoestética simultáneas que operan íntimamente relacionadas en el seno de la pieza de arte escénico.

Para el análisis se tomará como caso de estudio la obra "N.O" de la coreógrafa y bailarina Soledad Belén, una performance interactiva realizada con la herramienta multimedia COD05 desarrollada por el Laboratorio Emme-Lab<sup>1</sup>, que posibilita la integración entre una doble proyección de video interactiva y la obra de danza performance propiamente.

*estética*

*endoestética*

*realidades mixtas*

*realidad virtual*

*performance interactiva*

## INTRODUCCIÓN

La estética de las artes multimediales interactivas pone nuevamente en juego y obliga a un nuevo análisis de conceptos que parecían ya definidos: la construcción de la realidad, el tradicional carácter objetual de la obra de arte y el rol que cumple el destinatario de dicha obra.

Como en la estética de la percepción, los conceptos de *autor* y *observador* entran en crisis.

Ya en las artes visuales del siglo anterior la obra de arte era considerada como tal, una vez que el “espectador” completaba, desde su subjetividad, ciertos espacios de indeterminación que poseía la “proto” obra o *artefacto*.

En este momento comenzamos a considerar la presencia de un meta autor, quien desarrolla el artefacto y un espectador, el cual lleva a cabo un rol fundamental en el desarrollo de la experiencia estética, hecho que convertiría en obra de arte a dicho artefacto.

Esta participación activa del antiguo espectador en el desarrollo de la experiencia estética le confiere caracteres de coautor. (Giannetti, 1997).

La performance interactiva “N.O” de Belén, realizada con la utilización de la herramienta COD05, integra una doble proyección de visuales interactivos densamente imbricada con la danza propiamente dicha.

Se observa claramente el carácter de coautoría por parte de la bailarina mediante el uso de la herramienta, dado que COD05 se propone a la vez como herramienta y como una pieza de arte interactivo que puede ser incluida en la tipología “*creación de medios*”<sup>2</sup> (Rokeby, 1995), donde su autor delega parte de la creación al operador o interactor.

En las primeras experiencias de arte tecnológico se observaba además que esa nueva figura de operador-coautor, siempre ejecutaba su participación desde el exterior de la obra, lo que permitía calificarlo como *operador extrínseco*. (Giannetti, 1997)

Las experiencias de realidad virtual, con sus *modelos de mundos* sintéticos e inmersivos, que comienzan a desarrollarse en la década de 1980 involucran sensorial y cognitivamente a ese operador en el interior de un mundo ficcional que compone el sistema, introduciéndolo en la propia obra, lugar desde el cual ejerce acciones que repercuten en dicho entorno. Este desplazamiento del operador desde el exterior al interior de la obra lo califica como *operador intrínseco* (Giannetti, 1997).

Esta conversión de operador extrínseco a intrínseco que sucede en la realidad virtual, es otro elemento que puede considerarse presente en el uso de la herramienta-obra COD05.

Una característica interesante que surge en “N.O” es que puede observarse desde distintas perspectivas, o lo que es más significativo aún, nos permite formular la hipótesis de que cada una de esas perspectivas puede ser considerada como una performance en sí misma dotada de un plano de “realidad” propio.

En este punto proponemos que “N.O” es una cuádruple performance, refiriéndonos a la íntima imbricación de esas cuatro “realidades” coexistentes.

Cada una de estas performances simultáneas se acompañarían de distintas configuraciones de los conceptos de *autor*, *coautor*, *interactor* y *espectador*, a la vez que podrían proponer distintos espacios, reales o artificiales, los cuales podrían ser analizados por lo tanto, desde una vista estética o endoestética, respectivamente, de manera conjunta.

Es éste el punto en cuestión en el presente trabajo, y a partir de aquí surgen los diversos interrogantes, que si son respondidos afirmativamente pueden permitirnos considerar la existencia en “N.O” de múltiples mundos “reales” y ficticios, como si se tratase de una experiencia de *realidad mixta*. (Milgram y Kishino, 1994).

Los espacios creados en las cuatro performances simultáneas propuestas adoptan distintas características, las cuales podrían permitir categorizarlos como “mundos reales” y “mundos artificiales”.

Esta categorización suele considerar si se trata de un entorno natural y tangible, o si por el contrario se trata de imitaciones digitales que logran engañar los sentidos del espectador a través de la ilusión, ya sea total o parcialmente.

El grado de mimesis con la “realidad” parecería ser entonces el punto fundamental para que un entorno digital pueda ser interpretado o reconocido como un mundo virtual o *modelo de mundo*.

Por lo que sólo un alto grado de semejanza haría posible una “simulación fuerte” o “ficción inconsciente” en la que el observador no puede diferenciar la realidad de la ficción. (Giannetti, 1997).

Este trabajo analizará sobre la existencia de otros mecanismos, ajenos a la mimesis y la simulación, que igualmente hagan posible la gestación de mundos artificiales.

Por lo que, en base a ello, se proponen los mencionados interrogantes que emanan de esas cuatro posibles realidades:

“¿Es indispensable la imitación del mundo “real” para que exista un mundo ficticio? ¿Puede existir inmersión sin que se produzca ilusión sensorial? ¿Existe un universo ficcional en “N.O”? Sus respuestas nos permitirían formular: ¿Existen una estética y una endoestética operando simultáneamente en “N.O”? ¿Puede ser considerada “N.O” como una obra de realidad mixta?

## DESARROLLO

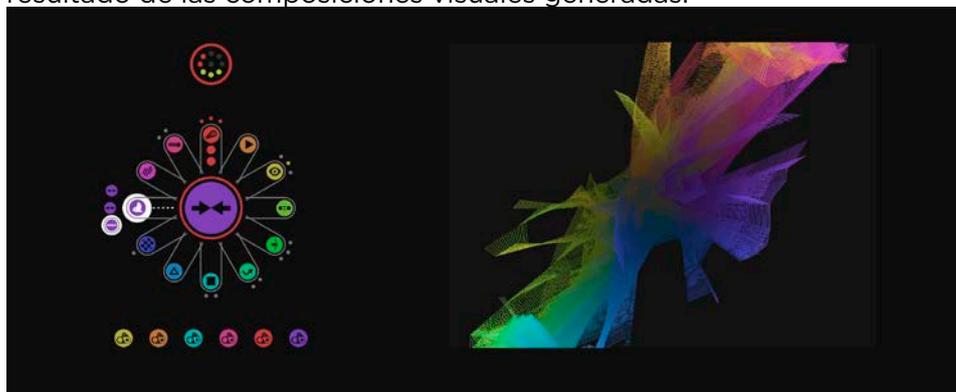
COD05 es el sistema encargado de proveer un entorno de programación y la generación de visuales para la creación de obras escénicas interactivas como es el caso de “N.O”.

COD05 es un lenguaje de programación diseñado para ser utilizado por bailarines y performers en el desarrollo de composiciones visuales interactivas en tiempo real.

Los algoritmos desarrollados en él se programan en escena a través de movimientos corporales, ingresando comandos en el mismo momento en que se ejecuta la obra de danza o performance. Funciona en tiempo real, proveyendo al artista performático de dos interfaces, a través de las cuales puede ir desarrollando un algoritmo representado gráficamente, mientras proyecta sobre una gran pantalla el resultado de las composiciones visuales generadas.

Figura 1

Interfaz de programación y Sistema de partículas



El algoritmo programado generará y controlará un tipo de visualización denominado “sistema de partículas”, el cual está formado por un conjunto de entidades virtuales que tendrán sus cualidades morfológicas, cromáticas y cinéticas condicionadas en función de los propios movimientos corporales del interactivo.

El modo de vincular los movimientos del artista con la escritura de código se realiza a través de captura de movimiento.

En la obra “N.O” de Belén, desarrollada con COD05, la bailarina hace uso del sistema para la generación de composiciones visuales cinéticas e interactivas que dialogan con su cuerpo mientras son generadas.

El componente virtual de la obra no preexiste, sino que es generado completamente con su actuación corporal.

Esto último refuerza su carácter de coautora, dado que el resultado es único y, en un alto grado, dependiente de las decisiones que ella toma en escena.

Figura 2

N.O



## PRIMERA PERFORMANCE

La primera performance mencionada es la obra de danza comprendida como parte de un mundo “real”, percibida sensorialmente por los presentes mediante la detección, entre otras cosas, de una bailarina, una sala donde se sitúa la puesta en escena, una ciudad determinada, una provincia, etc.

Esta participación del observador lo configura como un *observador intrínseco* que posee un cierto grado de actividad dado sólo por su aporte intelectual al momento de interpretar la obra.

Es decir, la obra es recibida por el público, éste completa los espacios de indeterminación presentes en ella y vive una experiencia estética.

Asimismo este mundo “real” también es percibido por la bailarina, en su rol de autora intrínseca, es decir, la obra como parte constitutiva de esa “realidad” es controlada y modificada por ella lo que le otorga total libertad y responsabilidad en sus decisiones creativas.

## SEGUNDA PERFORMANCE

La segunda performance que se destaca es el acto de programación en escena, pudiendo denominarse a la actividad como *live coding*, donde a través de una gramática pautada previamente, la bailarina se comunica y controla corporalmente a la herramienta-obra COD05.

Aquí es conveniente detenerse a analizar algunos aspectos: COD05 podría ser considerado, desde su propuesta gramatical, como una especie de aplicación lúdica o videojuego, ya que posee una narrativa específica, en la cual desde el inicio está claro el objetivo a cumplir y las mecánicas y estrategias necesarias para lograrlo.

Analicemos un fragmento de la obra “N.O”. La bailarina en un primero momento se ha arrodillado en el suelo y ha dedicado unos minutos a interactuar con tres linternas y un juego de palitos chinos de colores. Lue-



Figura 3

Bailarina programando líneas

go de una serie de acciones relacionadas a estos objetos toma como objetivo “programar” con su cuerpo una visualización interactiva de líneas rectas de colores análogos a los palitos chinos. Ella conoce la gramática con la cual debe comunicarse con COD05. Primero deberá ingresar al MODO AGREGAR, segundo deberá seleccionar entre múltiples funciones la paleta de color y tercero deberá confirmar el agregado de dicha paleta. El mismo procedimiento deberá realizar para dibujar las líneas, que cuando se impriman en pantalla lo harán ya en los colores seleccionados.

Como hemos visto COD05 exige la ejecución de ciertas mecánicas para lograr dinámicas más complejas, y así alcanzar objetivos parciales que resultarán en el objetivo final, que en el caso de este fragmento de “N.O” será obtener las líneas coloreadas.

De este hecho emerge una relación, en cuanto a su lógica interna, con la narrativa literaria, cinematográfica o de videojuegos.

En el desarrollo de “N.O” la bailarina compone una narrativa mediante la gramática propuesta por el sistema COD05, y al igual que un personaje de ficción debe superar determinados retos para lograr su objetivo. Su comportamiento se verá representado en ese mundo ficcional a través de diversos elementos que componen la interfaz de programación de COD05.

Al igual que en las anteriores disciplinas se construye una diégesis sin la necesidad de apelar a la mimesis de la “realidad”, por lo tanto sin confundir los sentidos del receptor, valiéndose de signos diferentes a los iconográficos, mayormente apoyándose en representámenes simbólicos.

De esta manera podría fundamentarse la hipótesis que plantea que en la obra “N.O”, en el acto mismo de programar un algoritmo con la herramienta-obra COD05, la bailarina se encuentra en una experiencia inmersiva, dado que está inmersa en una narrativa ficcional.

Aquí no encontramos la ilusión desorientando a los sentidos como ocurre en la realidad virtual clásica, sino que la inmersión estaría dada por una diégesis generada por la propia narrativa de COD05 como si se tratase de una narrativa literaria.

La académica y crítica literaria, Marie Laure Ryan señala que “las competencias cognitivas necesarias para que un lector pueda sumergirse en los mundos creados a partir de palabras, son tan altas que, [...] hay que destacar el complejo sistema de actividad que le es connatural a la experiencia de inmersión.” (Ryan, 2001).

De ahí que el modo de percepción de COD05 como mundo artificial es producto de un proceso cognitivo, desvinculado de la ilusión sensorial. O al menos el grado de compromiso sensorial es mucho menor que el cognoscitivo.

Aquí la inmersión no sucede por acción de representaciones digitales que emulan la “realidad”, poco o nada ocurre a expensas de la mimesis<sup>3</sup>, aquí como en una ficción, la inmersión sucede al empatizar con un personaje, sea aquel figurativo o abstracto. En este caso el personaje o avatar de la bailarina en ese mundo ficcional lo constituyen los elementos de la interfaz de programación de COD05 tales como el selector de funciones modificadoras o el indicador de modos.

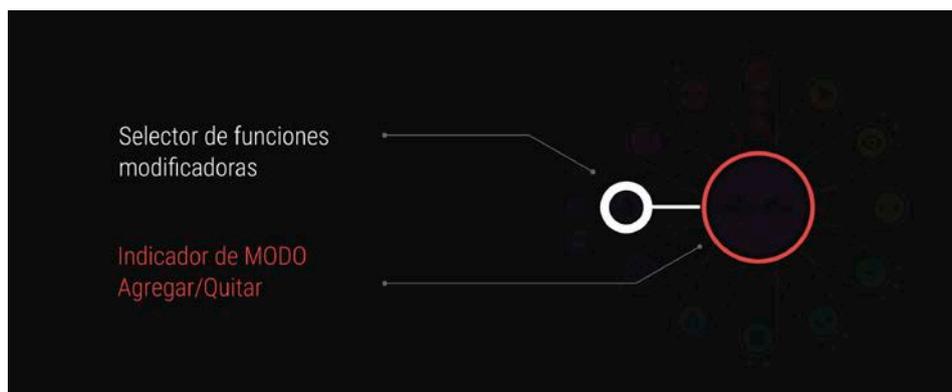


Figura 4

Avatares de la bailarina

Lo mismo sucede en el caso de los videojuegos, “la identificación del jugador se basa en la inmersión y de cómo el personaje hace de vehículo entre el universo, su identidad narrativa y los deseos del jugador como parte esencial de la acción de la historia. Porque sin jugador no hay avance narrativo.” (Tato, 2017).

COD05 no simula, no representa un mundo de manera realista, sino simbólica. Esos representámenes simbólicos son convenciones pactadas en el propio aprendizaje de programar. Concretamente podríamos mencionar como ejemplos los distintos símbolos que representan funciones modificadoras, filtros o estímulos. (emmelab, 2017).

La existencia de una narrativa, empatía e inmersión construye una diégesis que en la experiencia de la bailarina, en cuanto operadora intrínseca, deviene “mundo artificial”.

### TERCERA PERFORMANCE

La tercera performance se localiza en el interior de la performance anterior, como una relación de anidamiento, la misma se compone del proceso computacional interno de la herramienta-obra COD05, que interpreta las instrucciones ingresadas por la bailarina y ejecuta modificaciones en el sistema de partículas proyectado.

Como ya se mencionó anteriormente, COD05 puede ser considerado una obra de arte electrónico de tipo “medios de creación”, pero podría advertirse aunque en bajo grado, un componente autómatas (Rokeby, 1995), que con una autonomía limitada toma ciertas decisiones y resuelve la ejecución de las representaciones, lo que le da cualidades de operador intrínseco.

Analizándolo “medios de creación” (su mayor rasgo) encontramos la existencia de un Meta autor, en este caso el equipo del laboratorio EmmeLab que desarrolla el sistema COD05, que a su vez compartiría autoría con la bailarina.

Concentrándonos en esta tercera performance, Belén sería considerada una operadora-coautora extrínseca, es decir ejecuta modificaciones en esta performance pero sin estar presente en el interior del proceso computacional interno.

A su vez encontramos nuevamente la figura de un observador externo que es el público, el cual vive una experiencia estética como observador extrínseco pasivo.

## CUARTA PERFORMANCE

El filósofo y curador Boris Groys menciona en su texto *“Modernidad y contemporaneidad: reproducción mecánica vs. digital”* que la puesta en pantalla de la imagen digital puede ser considerada una performance en sí misma, entendiendo que la imagen digital no existe per sé sino que lo que existe es el algoritmo de aquella imagen que se representará en el momento indicado.

Esta performance sucede en el mismo plano que la performance anterior y tiene como Meta autor autómata a COD05 y pensando en más bajo nivel, a los recursos propios del sistema operativo en el cual se ejecute COD05.

Pero dado que la imagen no se visualiza hasta que la bailarina ingrese la orden, determinando su “aquí y ahora” (Groys, 2016) se considera que la misma es coautora «extrínseca» y que en su acto mismo de ejecución, de fijar el “aquí y ahora” de la imagen digital, dota a la misma de un aura de originalidad. (Groys, 2016).

Esta performance compone un espacio puramente artificial donde la única relación con la realidad es a través de un INPUT que permite a la operadora extrínseca ingresar la orden de “imprimir en pantalla”.

## CONCLUSIONES

Con los argumentos anteriores se intenta sostener que la construcción de un mundo ficticio puede llevarse a cabo mediante recursos diferentes de la mimesis y la simulación. Recursos como la empatía, la inmersión cognitiva o la formulación de diégesis a través de signos simbólicos en vez de icónicos podrían proveer una estrategia válida para generar “una consciencia de sí mismo emplazado en otro mundo”. (Ryan, 2001) que posibilite el espacio propuesto por COD05 y “N.0” como un mundo artificial o modelo de mundo. (Giannetti, 1997).

Entonces, aceptando la coexistencia de estas cuatro performances simultáneas e íntimamente imbricadas e hibridadas podríamos responder el interrogante:

¿Existen una estética y una endoestética simultáneamente en “N.0”?

Las cuatro performances simultáneas se presentan entonces en distintos tipos de relaciones de interacción tanto para la bailarina como para el público. Como se ha expuesto, la bailarina cambia su condición o vínculo en relación a la performance que se considere, siendo en algunas de éstas una operadora intrínseca, mientras que el público permanece en todas ellas como un observador extrínseco, percibiendo estas cuatro realidades como una única experiencia inseparable.

Para la bailarina, la obra COD05 se presenta como un mundo artificial, como un Endosistema. En este tipo de obras interactivas opera la endoestética: a través de la percepción del interactor, que lleva adelante sus acciones dentro del sistema que conforma la obra.

Podría decirse tal vez que está sucediendo simultáneamente en la obra otra experiencia estética que se vive simultáneamente, y es la que experimenta el público, radicalmente diferente a la que vive la bailarina, dado que el público es pasivo (salvo por su aporte intelectual), como en cualquier obra escénica tradicional, donde el público constituye un observador extrínseco pasivo.

A su vez puede suceder un caso híbrido o parcial, en el cual el espectador conoce o descifra la lógica de programación del sistema COD05, y de esta manera pueda participar de la narrativa, es decir puede ser espectador de esa diégesis que se construye como un universo ficcional. Pero aunque ello lo hace partícipe de un “mundo” que le era negado, no lo quita de su lugar de observador externo y pasivo.

¿Puede ser considerada “N.0” como una obra de realidad mixta?

Aceptada la coexistencia de mundos real y ficticios en la obra “N.0”, puede considerarse que la obra escénica se localiza en algún punto del *continuo de virtualidad* (Milgram y Kishino, 1994).

Otro elemento que complementa tal afirmación está dado por el hecho de que el público observador externo advierte como una única pieza indivisible las distintas performances operantes con sus mundos real y ficticios fusionados. Y hasta visualmente puede llegar a encontrar una clara unicidad en la relación coherente e íntimamente relacionada entre el cuerpo de la bailarina, sus palitos chinos de colores y el sistema de partículas con sus líneas en composición que persigue, esquivo e integra su cuerpo.

Luego de este recorrido hemos visto bailarinas viajando de mundos reales a ficcionales, operando desde el interior y desde el exterior en un mismo instante, Belén supo viajar entre realidades con un simple cambio del foco de análisis, un sistema computacional que en un mundo fue una simple herramienta tecnológica en el mismo momento, en otro mundo, devino autor de una obra de arte. Todo sucede en un continuo de tiempo y espacio. Como en la realidad aumentada, los límites de lo real y lo virtual se nos vuelven difusos hasta no poder percibirlos. Límites que solo vemos si nos concentramos y sino todo se funde en una única pieza indivisible. al fin y al cabo eso es lo que percibe el público. Una pieza de arte. Solo una.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Claudia Giannetti, (1997). “Estéticas de la simulación como endoestética”, en *Arte en la era electrónica. Perspectivas para una nueva estética*. Barcelona: Acc L’Angelot.
- David Rokeby, (1995). “Espejos transformantes: subjetividad y control en los medios interactivos”, en *Critical Issues in interactive media*, Suny press.
- Paul Milgram y Fumio Kishino, (1994). “A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays”, en *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol E77-D, No.12

- Guillermo Tato, (2017). “Análisis el personaje en el Cine y en los Videojuegos. Inmersión Y Empatía”, en *Revista - Quaderns de Cine - 2017, Núm. 12. Cine y videojuegos*.
- Marie Laure Ryan, (2001). “La Narración Como Realidad Virtual, la inmersión y la interactividad en la literatura y en los medios electrónicos”. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Boris Groys, (2016). “Modernidad y contemporaneidad: reproducción mecánica vs. digital”, en *Arte y flujo. Ensayos sobre la evanescencia del presente*.
- emmelab, (2017). “Que es COD05?” en *Documentación, artículo 1*. La Plata: EmmeLab
- [http://emmelab.fba.unlp.edu.ar/cod05/descargas/1\\_Que\\_es\\_COD05.pdf](http://emmelab.fba.unlp.edu.ar/cod05/descargas/1_Que_es_COD05.pdf)

## Notas

1. El emmeLab es un laboratorio de investigación y experimentación multimedial de la carrera de Diseño Multimedial, perteneciente a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Facultad de Bellas Artes de la UNLP.
2. Rokeby analiza los diversos modelos de interacción de obras interactivas y plantea la existencia de cuatro tipologías. En la categoría “medios de creación” el público se transforma en creador en un medio inventado por el artista. El artista permite que el interactor se exprese creativamente.
3. Podría señalarse un pequeño grado de mimesis en el fragmento de N.0 analizado dado que si bien la interfaz de programación de COD05 está formada por signos simbólicos, existe una analogía con la realidad en cuanto al comportamiento del selector de funciones, ya que responde de manera mimética moviéndose a la derecha o a la izquierda según lo haga la bailarina.





# REALIDAD AUMENTADA INTERACTIVA NUEVAS INTERFACES TECNOLÓGICAS PARA LA ESCENA

**Dra. Alejandra Ceriani**

Facultad de Bellas Artes | UNLP

[aceriani@gmail.com](mailto:aceriani@gmail.com)

## RESUMEN

Este texto, que pertenece al proyecto de investigación *Realidades Mixtas y Realidad Aumentada Aplicadas*<sup>1</sup>, indaga sobre el paradigma de los entornos mixtos en el espacio escénico. Abordando experiencias de producción multimedia interactiva, reflexionaremos sobre la percepción simultánea que este sistema brinda a las prácticas corporales escénicas.

*Realidad Aumentada*

*Artes Escénicas*

*Danza Performance Interactiva*

*La realidad aumentada expone la prueba patente de una potencia virtualmente omnisciente de la técnica que se adhiere ahora al cuerpo o hace cuerpo con nuestra percepción de las cosas.*

Eric Sadin (2013:85)

## La duplicación digital del entorno

El objeto principal de la realidad aumentada (RA) es optimizar la percepción que tenemos las personas sobre nuestro entorno y darnos acceso a nuevas formas de interacción mediante la visualización de información que, de otro modo, no conseguiríamos con los sentidos básicos. A diferencia de la realidad virtual, mantiene el entorno real y le incorpora elementos creados de forma tecnológica. Reconocer estas posibilidades en el ámbito escénico es abrirse a explorar nuevos ambientes sensoriales.

Por lo tanto, participar en la integración de la realidad aumentada en la acción escénica –tanto sea en las distintas etapas de producción en las fases iniciales de diseño espacial como a través de la incorporación de actores virtuales en la escena o el diseño de estrategias narrativas mixtas, que combinen escenografía real y virtual– es involucrar instrumentos avanzados para la tridimensionalización de figuras, texturas, imágenes, videos, sonidos en vínculo con el cuerpo en tiempo y espacio simultáneo.

En el marco de estas premisas, esclarecer conceptos generales respecto al tema nos llevaría a trazar una línea continua, en cuyas extremidades antípodas se establecen el entorno puramente real y el entorno puramente virtual. La franja intermedia entre estas dos configuraciones es denominada *realidad mixta* y supone la combinación de instancias reales y virtuales con diferentes niveles de gradualidad. Internamente, en el continuo, aparecen dos características dentro de las denominadas realidades mixtas: por un lado, el caso de los entornos reales que reúnen instancias virtuales con el propósito de aumentar la percepción del entorno llamado *realidad aumentada* situado en el extremo del entorno real.

Por otro, el proceso de entornos virtuales que concentra ciertos elementos o propiedades del entorno real –para enriquecer la experiencia virtual– es designado *virtualidad aumentada* y se emplaza en el extremo del entorno virtual. La realidad aumentada es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite interactuar en un *entorno real aumentado* con información adicional generada por la computadora y sus dispositivos periféricos.

Aquí el término *real* conlleva ciertas ambigüedades y discusiones que preferimos no desarrollar porque exceden el objeto de este trabajo; por ejemplo, Pierre Lévy considera que la oposición virtual/real es inadecuada y en cambio propone la de virtual/actual. Debido a esto, de aquí en adelante, utilizaremos el término *físico* en vez de real, para hablar de la oposición entre lo virtual (lo generado sintéticamente) y lo físico (aquello que está dado y no es generado por una computadora).

Para Lévy (1999: 10), “lo virtual no se opone a lo real sino a lo actual” como una forma de ser que favorece la creatividad. Asimismo, afirma que la cultura humana va en dirección hacia lo virtual de modo que podamos ser actores de ella. En la realidad aumentada, se crea un sistema a partir del cual el usuario deja de apreciar la oposición entre el mundo físico y su aumento virtual, es decir, se difumina la frontera entre ambas instancias. “El fenómeno de la *realidad aumentada* [...] [incluye] un doble régimen de percepción, aquel directamente aprehendido por nuestros sentidos y aquel simultáneamente alimentado por una miríada de servidores...” (Sadin, 2017: 57).

En el campo del arte interactivo, se observa –particularmente en los últimos años– una tendencia a indagar en estos espacios artificiales. Se alcanza a percibir el desarrollo equivalente tanto de la tecnología necesaria para desplegar dichos entornos como de un creciente interés de los artistas por explorarlos y crear escenarios virtuales con los que los usuarios interactúen en la misma medida en que lo harían si penetraran en un espacio arquitectónico físico.

Ante esta inclusión de nuevas tecnologías para la imagen, las visuales y lo audiovisual se renueva y dinamiza la situación actual de las artes escénicas. Además, el desarrollo de los sistemas tecnológicos no puede verse de forma aislada, ni tampoco casual. Con frecuencia, no nos resulta difícil dar cuenta del surgimiento de un dispositivo o de una App, como continuación o respuesta a una serie de ideas que ya estaban enunciadas preliminarmente.

Lo sugestivo es –al presente– participar de estos espacios de intermediación y diálogo donde las prácticas artísticas han intensificado las relaciones entre campos o disciplinas diversas. Esto ha enriquecido la manera de hacer y crear en el proceso escénico, siendo en muchos casos este tipo de prácticas híbridas las que han dado lugar a la diversidad de recursos multimediales integrados al sentido poético, explícito o metafórico de la puesta tanto física como virtual.

Del mismo modo, nuestra investigación tiene como objetivo recopilar, observar y analizar el desarrollo de las plataformas que acceden a la integración total de lo multimedia y especialmente de tecnologías de realidad aumentada en el espacio escénico. Desde el control que generan los diferentes dispositivos como una tableta (*tablets*), teléfonos móviles inteligentes (*smartphones*) o las gafas de realidad aumentada y resaltando especialmente la interacción entre elementos físicos y digitales –ya sean objetos de la escenografía o los propios actores y performers–, nos centraremos en el análisis de distintas tecnologías de realidad aumentada con objetos digitales superpuestos en el entorno físico de la escena, interactuando –de la misma forma– con cuerpos que participan de ambas realidades.

A partir del estudio de un caso seleccionado –compañía Manusamo & Bzika, de España<sup>1</sup>–, repararemos en las interacciones entre arte y tecnología, y en la danza performance e interactividad con elementos de tres dimensiones proyectados en el espacio escénico. Examinaremos la incorporación de estos sistemas, sus relaciones y las transformaciones acontecidas en la acción performática a través del cuerpo como elemento visual compositivo para la danza escénica tecnologizada. Consideramos, asimismo, las aportaciones de artistas investigadores y sus experiencias

con nuevos soportes digitales que aún no han incursionado directamente con este sistema en la escena, básicamente, por cuestiones de emplazamiento y de gestión de subsidios para dicha puesta dado que requiere de otra envergadura técnica.

Mencionamos en estos estudios y prácticas desde diferentes posibilidades y desarrollos tecno-estéticos a Ivani Santana (Brasil), Speakinteractive (Argentina), Intad (Argentina), Emmelab (Argentina), Bioescénica (México), entre otros. Cotejar las variaciones ocurridas entre los conceptos de performance y de coreografía con mediación tecnológica y recursos informáticos digitales nos lleva a replantear la categoría de *cuerpo interfásico* en su desdoblamiento en imagen y sonido aumentado e interactivo.

El cuerpo como interfaz, como parte del dispositivo, como soporte del vínculo entre la producción y la recepción de la obra, es un cuerpo en cuyo estatuto material se plasman procedimientos heterogéneos. Por tanto, en la instancia de producción, se pondera una corporeidad plenamente asumida en una lógica relacional en la que ese cuerpo físico se intermedializa, en consecuencia, se incorpora a la fragmentación y a la desmaterialización.

En síntesis, se tratará de un juego de tensiones entre el cuerpo físico en acción y el espacio cuya materialidad es el resultado de una manipulación tecnológica. Al presente –y con estas otras condiciones de inclusión en el espacio compartido entre los cuerpos con tecnologías de la duplicación de lo asible–, se interpela y se problematiza la experiencia, por ende, nos preguntamos: Si en los nuevos entornos escénicos *el cuerpo* ya no fuera interfaz, ¿se tornaría indeterminado por la multiplicidad de canales de modelización y de difusión de la conceptualización transmedia del espacio? En consecuencia, ¿sería parte de una nueva inteligencia colectiva que administraría “la duplicación digital del mundo”<sup>2</sup>?

## El cuerpo en transitividad

Dentro de la organización del campo de observación y de estudio, por una parte, nos planteamos transitar entre propuestas que construyen su poética participando –conscientes o no– de la lógica de la transitividad entre realidades mixtas. Adoptar una postura más pragmática favorecerá entender nuestras propias formas de comunicación para luego darles significado. Generar un espacio en común que sea dinámico aportaría al desenvolvimiento de estrategias situacionales en experiencias cuyo contexto es global pero que, por ejemplo, difieren en recursos.

Por otra, haremos una observación de casos puntuales del cuerpo en realidades mixtas, en los que se revelen nuevos enlaces espaciales entre la individuación y la multiplicidad. Esto resulta interesante pensado desde una perspectiva que analice los aspectos ficcionales que propone la idea de un borramiento entre la vida física, virtual, conectada, aumentada.

Consecuentemente, nos preguntamos: ¿una perspectiva se antepone a la otra o será que tras la anunciada disolución de la ficción mixta estamos frente a una hibridación como sujetos compartidos, como sujetos que habitamos sin rupturas el espacio electrónico y el espacio somático de la

vida cotidiana? ¿Nuestra vida hoy puede pensarse sin esa dependencia de los datos algorítmicos, de las máquinas digitales que están automatizando realidades tanto físicas como virtuales?

Veámoslo desde otra óptica, puesto que lo que importa “no es la realidad virtual, sino la realidad de lo virtual. En sí misma la realidad virtual es una idea bastante miserable: la de imitar la realidad, la de reproducir su experiencia en un medio artificial” (Zizek, 2006: 19), con sus consecuencias y sus secuelas reales. Y, en este punto, podríamos denominar esta mezcla como la vida cotidiana de lo virtual, que reproduce las experiencias de un contexto artificial en uno real, resignificándose uno en otro de manera fluida, indistinta, en un mundo no de diferencias, sino de compatibilidades.

Precursora de esta idea de borramiento es la “segunda vida” (*second life*): un mundo virtual 3D distribuido en una amplia red de servidores y que puede ser jugado a través de internet por los usuarios o residentes que participan en su economía virtual y operan como en un mercado real; o, como lo define Juan M. Prada (2015: 166), “acciones y performances concebidas para los metaversos y otros entornos 3D en las que la presencia de un avatar o representación digital del usuario resulta imprescindible”.

¿Cuál es el horizonte de posibilidad de estas mutaciones? ¿Qué es lo que lo hace factible en el presente y en el futuro cercano? Por una parte, pensarnos compartidos en permanente estado procesual, adaptativo, transitorio, pero sin perder de vista cierta perspectiva apocalíptica de una humanidad acoplada y reducida a la uniformidad. En este punto, sostenemos que el arte constituye una práctica reflexiva, cognoscitiva, así como también de índole político-cultural y emocional. Las propias referencias emocionales de los individuos pueden conmover o distorsionar las emociones que perciben en los demás. La empatía –habilidad que se desarrolla gradualmente a lo largo de la vida y que prospera cuanto mayor es el contacto– puede ser observada hoy en el comportamiento individual y grupal de las redes sociales.

Por otra, lo singular tiene que ver con la historicidad. El estar apegados al pasado nos hace seres duales, y la dualidad no se asocia con el borramiento entre la experiencia en un ámbito natural o algorítmico. Por tanto, haber mancomunado lo personal con lo colectivo abolió lo oculto y lo exclusivo en las prácticas sociales del arte, y trajo aparejado los contenidos implícitos en los cambios de los consumos culturales.

Desde una perspectiva vinculada al anhelo de vivir experiencias en alianzas no adversas con la ficción, Néstor García Canclini (2011: 10) señala que “... las artes dramatizan la agonía de las utopías emancipadoras, renuevan experiencias sensibles comunes en un mundo tan interconectado como dividido”. Así, cuanto más se ficcionaliza y estetiza la vida cotidiana con recursos mediáticos, más ávidamente se busca jugar con la incertidumbre en un entorno no estanco, pues los acontecimientos van más rápido que las representaciones.

Retomando lo escénico, este ha sido un lugar para la representación de ficciones que se reflejan a partir de la voz y el movimiento de los intérpretes, el sonido, la iluminación, etcétera; y que descansan, en mayor o menor grado, en el empleo de recursos teatrales para crear espacios ilu-

sorios. Luego, otras formas escénicas formularon posibilidades de creación experimentales y encontraron su lugar de expresión en espacios periféricos o alternativos. Surgen así otros conceptos y recursos asociados a estas transformaciones de la producción y la circulación que atañen a lo procesual y a lo complejo.

La performance, por ejemplo, sumada a la multiplicación de opciones presenciales de las nuevas tecnologías, ha dado lugar a esta escena vuelta imagen y sonido a distancia con un concepto ampliado de artes escénicas, entendidas como artes de la comunicación directa entre un actor y un espectador en cualquier contexto social o mediático. El fundamento estaría en la existencia de un tipo de transdisciplinabilidad entre arte y tecnología cuya estética es de naturaleza topológica y caracterizada por el desplazamiento del propio estatuto artístico de la obra así como de sus mecanismos de legitimación. En consecuencia, en contra de lo que la obra aurática reclamaba basándose en la presencialidad y consumo unidireccionales, las prácticas artísticas en la web 2.0 van a fomentar la bidireccionalidad y confluencia en red de la producción artística. Esta tensión que plantea el vaivén entre lo material y lo inmaterial es mediada por el cuerpo, por los cuerpos en transitividad.

## Escena mixta: Manusamo & Bzika

Manusamo & Bzika es un grupo artístico dedicado a las instalaciones y a la investigación con sistemas digitales en 3D. Fundado en el año 2006 por Alena Mesarosová y Manuel Ferrer, ha creado escenarios mixtos basados en *hardware* y *software* libre. El concepto de realidad aumentada para este grupo hace referencia a “la ampliación del mundo real con imágenes sintéticas, por lo que no se requiere que la escena esté completamente generada por ordenador, sino que la imagen sintética se utiliza como complemento de la escena del mundo real”<sup>1</sup>.

El proyecto *DanzaAR* (2016) escenifica un juego arquitectónico realizado a través de la danza performance, o, del cuerpo en movimiento mediado a través de la realidad aumentada, la irrupción intrínseca de la creación coreográfica y arquitectónica. Se trata de una investigación que convocó a diversos grupos de bailarines con el fin de ver las posibilidades que esta tecnología puede ofrecerles en el campo de las artes escénicas. Una amplia redefinición de ciertas condiciones fundamentales de la espacialidad escénica.

*Es una arquitectura interconectada cuyas estructuras fundamentales están hoy sólidamente ancladas y destinadas a añadirse a otras dimensiones, señalando el advenimiento de otra era marcada por el entrelazamiento complejo y en vías de consolidación entre la realidad y su virtualidad, entre cuerpos orgánicos y artificiales (Sadin, 2017: 58).*

En este novedoso formato escénico no se ha planteado una narrativa, sino una estructura visual en tiempo real que compone un *collage* de situaciones percibidas por los participantes muñidos con gafas de realidad aumentada. Estos se “dejan llevar” al ingresar al escenario guiándose entre las imágenes que se proyectan creando espacios transitables:

*Espacios a base de los conceptos de muros, madrigueras desde las cuales los participantes tienen que salir y rastros estelares que dejan cada uno de los participantes en el escenario. Estas imágenes creadas se pueden visualizar a través de unas gafas de realidad aumentada y también a través de proyecciones sobre el escenario<sup>2</sup>.*

El proyecto *DanzaAR* se estructura en dos actos denominados: Arquitecturas Maleables y Arquitecturas Vaciadas:

El pretexto conceptual que rodea ambos actos (Arquitecturas Maleables y Arquitecturas Vaciadas) es la exploración del espacio híbrido, experimentada a través de los movimientos y la percepción corporal. La visión en primera persona de los intérpretes se modifica mediante la utilización de dispositivos móviles, utilizados como un visor HMD de Realidad Aumentada, creado específicamente para esta obra. La visión RA del público se realiza mediante un sistema de proyección, utilizando un telón gobelino (pantalla de tul micro-perforada), situado delante del escenario, generando una concordancia entre la perspectiva de las imágenes proyectadas y el punto de vista del público<sup>3</sup>.



*Manusamo & Bzika en proyecto DanzaAR (2016)*



*Figura 2*

*Manusamo & Bzika en proyecto DanzaAR (2016)*

Este laboratorio de danza performance y realidad aumentada pretende, en esta instancia de experimentación abierta, ser una herramienta que pueda utilizarse en un futuro en composiciones escénicas; desde el control que generan los escenarios virtuales a través del dispositivo *tablet*, desde la posición del bailarín con gafas 3D de realidad aumentada y desde el prisma perceptivo del participante que no lleva las gafas. Relacionar la sensación habitual a la percepción sincrónica de indicaciones visuales, textuales, sonoras, que se presumen complementarias, revela una realidad intensificada o aumentada. Esta metamorfosis categórica en nuestro vínculo con la técnica evidencia un pasado reciente en el que las prótesis sustituían las insuficiencias del cuerpo y en donde hoy actúa sobre nuestra capacidad cognitiva clonando los seres y las cosas.

Figura 3

*Manusamo & Bzika en proyecto DanzaAR (2016)*



Cómo relacionar el espacio corporal con estímulos visuales y sonoros en la acción escénica nos habla de un entorno ya no solo interconectado sino hibridado con sistemas que orientan y deciden comportamientos colectivos e individuales. Se trata de cuerpos que tantean y deambulan entre volúmenes intangibles, impalpables pero visibles, y remiten a la inmersión perpetua en el seno de unos datos algorítmicos digitales.

Observemos, por lo pronto, la sensación de orientación que se halla anclada o encarnada en nuestras experiencias corporales. Nuestro cuerpo y nuestra mente están diseñados para la interacción con el mundo físico. Si estos se desconciertan, se verá afectada esta sensación sumada a la

vivencia que se vincula con las actividades habituales. Al modificarlas se abre un nuevo panorama de posibilidades en el que la ruptura vital de las percepciones invita al cuerpo a duplicarse en un espacio que ya no se percibe como objetivo, estático, estable; o como el espacio de los objetos, externo y estructurado, sino como un espacio des-configurado donde todo pierde consistencia.

A su vez, el espacio concreto y tangible de la escena comienza a funcionar como una plataforma inestable que aun así permite desplazarse o trasladarse poniendo en actividad una *interacción intangible*. Esta posibilidad –a través de la manipulación virtual de lo que nombramos como *representaciones intangibles (objetos-superficies)*– la interdependencia y la hibridación de lo corpóreo-espacial-sincrónico con lo incorpóreo-espacial-asincrónico.

Estos ámbitos de lo artístico-corporal, con las modalidades de las realidades mixtas todavía discretas –pero ya embarazadas–, están destinados a extender nuestro cuerpo orgánico, sensible, inteligible, consciente, hacia numerosos entrecruzamientos de la humanidad y la técnica. Arte, diseño, ingeniería, programación informática, trabajaron, mano a mano, para, de algún modo, encontrar los ejes de la colaboración interdisciplinaria y trazar las líneas que darán forma a las próximas prácticas de realidad aumentada. Una nueva sensibilidad híbrida sube a escena.

## Referencias bibliográficas

- Ceriani, Alejandra (2016), “Dispositivo e interfaz: incidencias en la performance visual del mundo contemporáneo”, en Alejandra Torres y Magdalena Inés Pérez Balbi (comps.), *Visualidad y dispositivo(s). Arte y técnica desde una perspectiva cultural*, Buenos Aires, Universidad Nacional de General Sarmiento.
- García Canclini, Néstor (2011), *La sociedad sin relato. Antropología y estética de la inminencia*, Argentina, Katz.
- Lévy, Pierre (1999), *¿Qué es lo virtual?*, Barcelona, Buenos Aires, México, Paidós.
- Prada, Juan M. (2015), *Prácticas artísticas e internet en la época de las redes sociales*, Madrid, Akal.
- Sadin, Eric (2017), *La Humanidad Aumentada. La administración digital del mundo*, Argentina, Caja Negra.
- Žižek, Slavoj (2006), *Órganos sin cuerpo sobre Deleuze y consecuencias*, Valencia, España, Pre-Textos.

## Referencias electrónicas

- URL: <<https://manusamoandbzika.webs.com/>>
- URL: <<https://www.arteuna.com/talleres/lab/CERIANI.pdf>>
- URL: <[http://www.fba.unlp.edu.ar/e-performance/wp-content/uploads/2017/11/cuerpo\\_maquina\\_accion\\_01.pdf](http://www.fba.unlp.edu.ar/e-performance/wp-content/uploads/2017/11/cuerpo_maquina_accion_01.pdf)>

## Notas

1. El proyecto se propone investigar las realidades mixtas y, particularmente, la realidad aumentada y la realidad virtual desde sus aplicaciones a los campos de la ciencia, la comunicación y la educación. Tiene como objetivo la definición de estrategias de diseño, técnicas y tecnologías para el abordaje concreto en los campos de aplicación. Proyecto I+D Bienal 2018.
2. Véase: <https://manusamoandbzika.webs.com/>.
3. Eric Sadin, 2017: contratapa.
4. Véase: <https://manusamoandbzika.webs.com/> y <https://youtu.be/6EvWwjxus8A>.
5. Véase: <http://valenciaplaza.com/las-naves-juega-con-gafas-de-realidad-aumentada-y-escenarios-virtuales>.
6. Véase: <https://manusamoandbzika.webs.com/obras-ra>.





# LA REALIDAD INTERVENIDA.

**Miguel Oscar Grassi**

[miguelgrassi.com.ar](http://miguelgrassi.com.ar)

## RESUMEN

Las tecnologías electrónicas e informáticas penetran cada vez más en objetos de uso cotidiano que interactúan con su entorno. Por su parte, la realidad virtual, la realidad aumentada y otras formas de realidad mediada se establecen como las técnicas más efectivas para la presentación de imágenes e información y para el desarrollo de interfaces de usuario complejas. El presente trabajo propone un nuevo modelo taxonómico denominado Realidad Intervenida, que amplía la noción de realidad mediada con la incorporación de nuevas categorías, incluidos los sistemas embebidos, la capacidad robótica, los dispositivos inteligentes y otras tecnologías relacionadas, presentes en lo que se define como "objetos tecnológicos". El nuevo modelo ofrece un marco conceptual desde el cual abordar el diseño de objetos tecnológicos y considera, además de los aspectos morfológicos, estéticos, tecnológicos y productivos tradicionales, el diseño de la experiencia del usuario como uno de sus elementos fundamentales.

**Nota:** El presente trabajo es parte de la investigación que el autor lleva a cabo en el marco de su Tesis doctoral en la Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo de la universidad de Buenos Aires, dirigida por el Dr. Mario Mariño y co-dirigida por el Dr. Laurence Bender, bajo el título "Uso de la Realidad Intervenida en las disciplinas proyectuales", admitido por Resol. (CD) Nro. 109 del Consejo Directivo de esa Facultad, con fecha 25 de Marzo de 2013. (CUDAP: EXP-UBA Nro. 0027164/11).

## 1. Introducción

### Las tecnologías disruptivas y el diseño de objetos tecnológicos

El diseño de utensilios, muebles y objetos ha evolucionado históricamente en forma gradual y fluida, con algunos saltos cuantitativos ocasionales producto de la aparición de una tecnología disruptiva (Bower y Christensen, 1995). Algunos ejemplos históricos importantes son la máquina de vapor, que aceleró la revolución industrial a finales del siglo XVIII, o la electricidad hacia fines del siglo XIX (Rondo y Neal, 2015).

En la segunda mitad del s. XX y primeras décadas del s. XXI, aparece un conjunto de tecnologías que provocan un cambio económico, social y cultural de tal dimensión que, en lugar de hablar de un salto cuantitativo, sería más adecuado hablar de un salto de carácter exponencial (Negroponte, 1995, p.8).

La informática constituye el elemento troncal de esta transformación, pero el efecto sinérgico de esta con algunas otras tecnologías y factores relacionados, de contemporánea aparición, ha potenciado ese cambio enormemente (Barceló, 1995, p.3). Los avances más significativos son de tipo tecnológico: la conectividad, portabilidad y ubicuidad de los dispositivos, la geolocalización, las computadoras vestibles (*wearable computers*), la robótica y la inteligencia artificial. Existen además otros factores, de tipo cultural, social y económico que también han contribuido significativamente a ese cambio. Especialmente la difusión de las redes sociales y la hipervalorización de la imagen como forma de comunicación. Asimismo, el abaratamiento progresivo de la capacidad de cómputo posibilita la proliferación de videocámaras y pantallas de alta resolución y pone, por primera vez, a la realidad aumentada y otras formas de realidad mixta al alcance de millones de usuarios.

Existe actualmente una marcada tendencia a incorporar estas tecnologías en todo tipo de objetos de consumo, en lo que se conoce como “sistemas embebidos”. Estos objetos, inclusive algunos muy simples y de bajo costo, se convierten así en “objetos tecnológicos”.

Si bien la denominación “objeto tecnológico” podría aplicarse a cualquier objeto producido por el hombre —en tanto es siempre necesario el uso de tecnología para su producción— es común que tal denominación se aplique particularmente a los objetos de consumo producidos por la industria electrónica. En este trabajo, la denominación “objeto tecnológico” se aplicará a aquellos objetos que hagan uso de alguna de las tecnologías antes mencionadas, cuya implementación requiere siempre de algún recurso electrónico.

El estudio de estos factores desde lo proyectual adquiere importancia por la incidencia cada vez mayor en todo tipo de productos y por la magnitud con que afectan a esos productos en múltiples aspectos inherentes al diseño, como lo morfológico, lo productivo y especialmente lo funcional y operativo. Sobre estos últimos dos aspectos se centra este trabajo.

No se trata aquí de estudiar *cualquier* objeto que haga uso de las men-

cionadas tecnologías sino de determinar cómo impactan en lo proyectual esas tecnologías solo **cuando están puestas al servicio de la relación entre los objetos y sus usuarios**, es decir, al servicio de las denominadas relaciones Humano-Máquina (Johannsen, 2008).

Con este propósito, se presenta aquí **un nuevo modelo taxonómico, denominado Realidad Intervenida, desde el cual abordar el diseño de los objetos tecnológicos con énfasis en la relación usuario-producto.**

Uno de los primeros antecedentes del tratamiento de estas relaciones en ese campo es presentado por Donald Norman, quien plantea un conjunto de reglas esenciales para la comunicación humano-máquina (Norman, 2007, p. 184).

Actualmente las relaciones humano-máquina constituyen el núcleo del denominado **“Diseño de Interacciones”** o Dxi, como se lo conoce por sus iniciales en inglés, que se enfoca particularmente en las interfaces humano-computadora. El creador del concepto, el diseñador industrial Bill Moggridge, lo explica en su libro titulado, precisamente, *Designing Interactions*:

*Sentí que había una oportunidad para crear una nueva disciplina de diseño, dedicada a crear soluciones imaginativas y atractivas en un mundo virtual, donde se podían diseñar comportamientos, animaciones, sonidos, así como formas. Sería el equivalente al diseño industrial, pero en software en lugar de objetos tridimensionales. (Moggridge, 2007)*

Aunque existen algunas definiciones más amplias del Dxi como “el arte de facilitar la interacción entre humanos a través de productos y servicios” (Saffer, 2006, p.9), que permitirían extender un poco más allá su objeto, el mismo autor restringe inmediatamente el dominio de su definición a “las interacciones entre los seres humanos y los productos que tienen algún tipo de ‘conciencia’, es decir, productos con un microprocesador que son capaces de detectar y responder a los humanos” (Saffer, 2006, p.9). Ambos autores hablan esencialmente de computadoras y software tradicionales, donde la interfaz es en general una pantalla y, a lo sumo, algún recurso adicional como el sonido. En todos esos casos el diseño se enfoca especialmente en el comportamiento de la interfaz y del software, y no tanto en lo que le pasa al usuario. El Diseño de Interacciones resulta insuficiente para abarcar por completo los factores tecnológicos antes mencionados, no solo porque incluyen la realidad aumentada, la robótica y otros elementos físicos que exceden el marco de la pantalla, sino porque esos factores han propiciado importantes e irreversibles cambios en el rol del usuario.

## El nuevo rol del usuario

Factores como los dispositivos vestibles y la computación ubicua —entre otros— modifican especialmente el rol del usuario (Fogg y Danielson, 2009). Este usuario ya no solo pretende productos con determinadas prestaciones, sino que busca “experiencias” completas. Este es un concepto cuya génesis aparece en la *User Experience* a la que se refiere originalmente el concepto “Diseño centrado en el Usuario” de Norman

(1988), desarrollado a partir de la noción de *Affordance*. Esta última es una idea planteada antes por Gibson (1979, 1966) pero popularizada y desarrollada por el propio Norman (1988), que se refiere a qué es lo que el producto transmite al usuario y el modo en que lo hace.

En ese sentido, en los últimos años ha aparecido el concepto del “**Diseño de Experiencias de Usuario**”, usualmente conocido como *UX Design* o simplemente *UxD*; este concepto se usa en el diseño de páginas web y otras aplicaciones de software (Interaction Design Foundation, 2017), incluidas las experiencias multimediales y las de inmersión total o de realidad aumentada.

Si bien una parte muy importante del *UX Design* es el Diseño de Interacciones antes mencionado, se tienen en cuenta, además, otros múltiples aspectos como la arquitectura de la información, el diseño de imagen y sonido, el diseño de formas y la orquestación de todos estos factores entre sí (Cooper, Reimann y Cronin, 2007).

Más allá de su denominación, los distintos enfoques sobre el rol del usuario coinciden en la importancia de que **el diseñador tenga un entendimiento cabal de los usuarios y sus expectativas**. Mike Kuniavsky (2003), diseñador del *Palo Alto Research Center* (PARC), dice al respecto: “Conocer las expectativas de los usuarios es crítico para diseñar la interacción. Puede, inclusive, ser más importante cumplir con las expectativas, que hacerlo perfecto”.

El conocimiento de esas expectativas permitirá entender cómo es el modelo mental que el usuario tiene de la experiencia. Además, es clave que el modelo conceptual que se diseñe coincida con ese modelo mental (Weinschenk, 2011). Si bien distintos universos de usuarios tendrán diferentes modelos mentales, en general es posible identificar ciertos elementos comunes presentes en la mayoría de los usuarios actuales de productos tecnológicos. Uno de los más importantes de esos aspectos generales, que Norman (2011) aborda muy bien, es el de la relación de los usuarios con las prestaciones de un producto:

*¿Por qué la gente compra una tostadora complicada y cara cuando puede comprar una más simple y barata que hace el trabajo igual de bien? ¿Por qué los volantes y espejos retrovisores están llenos de botones y controles?*

*Porque esas son prestaciones que la gente cree que quiere. Estas hacen la diferencia en el momento de la venta, que es cuando más importan. ¿Por qué deliberadamente construimos cosas que confunden a la gente que las usa? Respuesta: porque la gente quiere esas prestaciones. Porque la supuesta demanda de simplicidad es un mito cuyo momento ha pasado, si alguna vez existió.*

*Hágalo simple y la gente no lo comprará. Deles a elegir y escogerán el dispositivo que “hace más” aún entendiendo que eso significa más complejidad... ¿La tostadora es compleja y cara? Se venderá más...*

*El marketing manda, como debe ser, ya que una compañía que ignora el marketing será pronto una compañía quebrada. Los exper-*

*tos en marketing saben que la lista de prestaciones influencia la decisión de compra, incluso si los compradores son conscientes de que probablemente nunca usarán la mayoría de esas funciones. (p 55-56)*

Este razonamiento, aunque puede sonar hoy anacrónico o contrario a la sustentabilidad, sigue siendo plenamente aplicable para describir al usuario actual promedio de productos tecnológicos. Este usuario no solo busca ya muchas prestaciones, sino que ahora, cuando incorpora un producto nuevo, pretende además que se integre sin esfuerzo al conjunto de dispositivos personales y hogareños del que ya dispone, y que potencie sinérgicamente las prestaciones de ese conjunto. Kuniavsky (2003) llama a esta integración “un sistema de objetos” y advierte que “Diseñar para sistemas de objetos será muy diferente a diseñar para la mera interoperabilidad de objetos”.

El usuario de estos “sistemas de objetos” supera incluso las demandas del descrito por Norman puesto que a diferencia de aquel, este desea explorar y aprovechar hasta la última prestación de su arsenal tecnológico, aunque alguna de esas prestaciones solo vaya a usarla por única vez el día que adquirió el producto, y apenas en modo “demo”. Es un usuario no muy dispuesto a leer manuales. Quiere que la instalación del producto, su uso e integración con los otros dispositivos sea lo más rápida y transparente posible; que el producto sea visible en su red WiFi, que se pueda manejar desde su celular, que publique automáticamente en su perfil de redes sociales, pero sin comprometer su privacidad, que sea ecológico, y esta lista de exigencias continúa incrementándose.

Algunos autores especialistas en la Internet de las Cosas, como April Hamilton, miembro del equipo que desarrolló Alexa para Amazon, ubican las expectativas del usuario en un nivel casi inalcanzable, que metaforizan como “la computadora de *Viaje a las estrellas*” (Hamilton, 2017), en referencia a la supercomputadora que aparece en esa popular serie de TV futurista y que resuelve con soltura los problemas cotidianos de los protagonistas.

## El aporte del modelo taxonómico de Realidad Intervenida propuesto

El problema que enfrenta hoy el diseñador de objetos tecnológicos se diversifica. Además de las cuestiones tradicionalmente propias del Diseño Industrial, debe atender a las nuevas y fuertes exigencias del usuario, mantener la gran cantidad de prestaciones que exige el marketing y compatibilizar todo esto con una adecuada “Experiencia del Usuario”. Esta debería fundamentarse en una interfaz capaz de brindar todas las posibilidades requeridas sin atosigar al usuario, respetando principios establecidos del buen diseño, como los de Dieter Rams (Vitsoe, 2016), que generalmente postulan interfaces lo más simples posible, alrededor de la idea de que “menos es más”.

La solución que se propone para esto es que las interfaces tengan la capacidad de reconfigurarse a sí mismas, de forma dinámica y en tiempo real, para brindar la mejor Experiencia de Usuario posible. En cada ocasión deberán

ofrecer opciones simples, bien contextualizadas, que supriman lo innecesario para el momento y que se amplíen automáticamente cuando resulte necesario. Se propicia una interacción natural, con controles bien adaptados visual y morfológicamente a la variable que representan, ubicados siempre en el lugar que resulte más adecuado y accesible para el usuario.

Un mecanismo ideal para ese propósito resulta ser la Realidad Mediada, por sus posibilidades de actuar sobre la percepción que el usuario tiene de lo real, en conjunción con la flexibilidad que le brinda lo virtual. Como se verá más adelante, estas posibilidades se potencian enormemente cuando se incorporan elementos como la robótica, los sistemas embebidos, las comunicaciones inalámbricas y la sensibilidad al contexto, entre otros.

La Realidad Mediada, tomada como un conjunto de mecanismos de tratamiento visual de la información o como una herramienta para generación de interfaces, pertenece claramente al campo disciplinar proyectual, ya sea como parte del diseño audiovisual en el primer caso, o como parte del diseño de interacciones, en el segundo. En cambio, los elementos adicionales mencionados, como la electrónica o las comunicaciones, pueden resultar a primera vista más lejanos, más propios de la ingeniería que del diseño.

La intención al presentar el modelo taxonómico de la Realidad Intervenida es salvar esa distancia, para lo cual estas nuevas tecnologías se analizan desde el mismo enfoque conceptual que el universalmente aceptado modelo de la Realidad Mediada, el cual se extiende hasta abarcar esas nuevas tecnologías. No se trata de una extensión voluntarista o forzada. Surge a partir de un conjunto de características que la justifican y que son justamente aquellas que resultan de interés para las disciplinas del diseño, como el tratamiento que cada categoría hace de la percepción del usuario o la incidencia que cada categoría pueda tener en el terreno de las interfaces.

El modelo de la Realidad Intervenida se presenta así como **un marco desde donde pensar integralmente las interfaces hombre-máquina**. De este modo, los nuevos elementos de hardware o software introducidos son puestos en un mismo plano conceptual que los recursos multimediales ya conocidos, lo cual posibilita al diseñador recurrir a cualquiera de ellos de manera análoga e indistinta, sin preocuparse por las diferencias de cara a una futura implementación.

No se trata de eliminar los requerimientos de ingeniería implícitos en un proyecto tecnológico, sino de adoptar un enfoque metodológico y operativo que pueda encapsular las complejidades técnicas en un nivel de detalle distinto al necesario para diseñar la interfaz con el usuario. A la hora de la implementación, podrá buscarse el recurso tecnológico más adecuado para satisfacer el requerimiento funcional, de acuerdo con el estado del arte, los costos y otras variables de producción; se tiende así un puente entre el Diseño y la Ingeniería de Producto.

## 2. El modelo taxonómico de la Realidad Mediada

La primera figura que surge al hablar de Realidad Mediada es Steve Mann, investigador e inventor canadiense, PhD del *Massachusetts Institute of*

*Technology* y profesor titular en el Departamento de Ingeniería en Computación y otras dos carreras en la Universidad de Toronto, entre muchos otros cargos destacados que ha ocupado (Steve Mann, s.f).

Mann es un pionero de las computadoras vestibles, la realidad aumentada y de las interfaces extremas, a punto tal de haber sido considerado una especie de “*Cyborg*” en numerosas oportunidades, por circular en la calle con computadoras, gafas o cascos en una época en la que estos dispositivos, por sus dimensiones, no eran fácilmente ocultables y resultaban de extrema rareza.

Desde sus comienzos en la década de 1970, Mann creó innumerables objetos y conceptos sobre los que se desarrollaría la Realidad Aumentada, incluido el modelo taxonómico presentado en la figura 1 (Mann, 2002.). Este modelo describe las distintas modalidades en que, mediante el uso de computadoras y otros dispositivos electrónicos y mecánicos, se puede alterar la percepción de la realidad que tienen las personas.

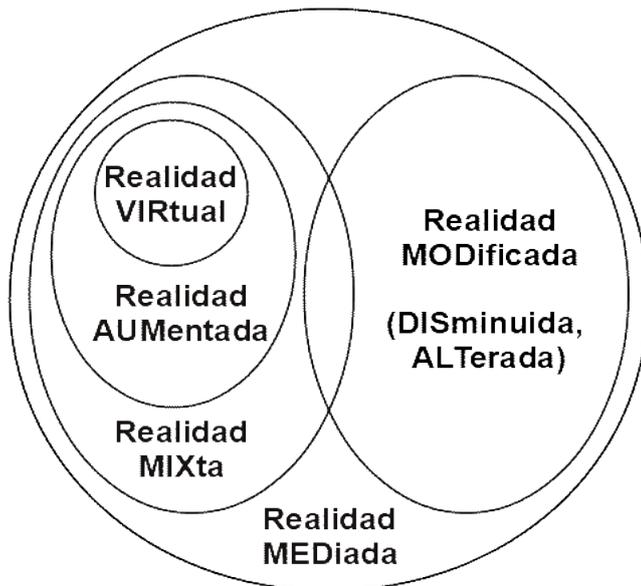


Figura 1

Modelo de la Realidad Mediada de Mann. Fuente: Mann, S. (2002). Versión en español del autor.

A partir de este modelo, se describe a continuación cada una de las categorías que lo conforman, para lo cual se sigue un orden que va desde adentro hacia afuera del diagrama de Venn, es decir, desde lo más puntual y particular hasta lo más abarcativo o general.

Este recorrido hace las veces de descripción del estado del arte y los antecedentes de la cuestión, a la vez que sirve para poner en claro la nomenclatura y las designaciones que se usan en este trabajo, no siempre idénticas en las diferentes fuentes.

## 2.1. Realidad Virtual

El término “Realidad Virtual” (RV) es el más consensuado de todos, debido a que tiene ya varios años de existencia (circa 1970, atribuido a Myron Krueger, según Wardrip-Fruin y Montfort. 2003, y otros autores). Se refiere a la creación de un mundo completamente digital o de imágenes,

y a las diferentes técnicas aplicadas para “convencer” a los sentidos del usuario de que ese mundo responde de manera similar al mundo real. Designa los sistemas donde los estímulos sensoriales reales pretenden **reemplazarse completamente** por los que genera el sistema. El principal estímulo considerado es el visual y las herramientas suelen ser gafas, cascos u otros elementos de inmersión total, ya que se requiere aislar completamente al usuario del mundo real.

## 2.2. Realidad Aumentada o Expandida

Se trata de aquellos sistemas en los que la percepción directa o indirecta de objetos del mundo real es enriquecida mediante el agregado de información digital, que no reemplaza completamente esta percepción, sino que la complementa con información no evidente de otro modo (He, J. *et al.*, 2017).

Según la interfaz con la que el usuario acceda a la Realidad Aumentada, es posible clasificarla en diversas subclases que se exponen a continuación.

### 2.2.1. Realidad Aumentada Móvil

La percepción de la realidad es indirecta, mediante un dispositivo móvil (tableta, *smartphone* o similar) dotado de una cámara y pantalla. La información virtual se agrega a la imagen de los objetos reales en la pantalla del dispositivo, que se convierte en la interfaz de usuario.

La principal fortaleza de este enfoque radica en la portabilidad y, por lo tanto, en la disponibilidad permanente que tiene el usuario del dispositivo necesario para acceder al contenido, su elevada disposición a utilizar el teléfono móvil y la facilidad para la descarga de aplicaciones, ya que se cuenta con una tienda *online* con la que el usuario está familiarizado de antemano.

La desventaja más importante es la capacidad de proceso limitada — aunque esto mejora día a día— y el consumo de batería, que todavía es una importante variable restrictiva.

### 2.2.2. Realidad Aumentada “vestible”

Su principal manifestación está basada en dispositivos que el usuario lleva montados en su cabeza (HMD, por *Head Mounted Displays*), especialmente los denominados “dispositivos cercanos al ojo” que se ven y se usan como anteojos. Algunos ejemplos son: Google Glasses, Microsoft Holo Lens, entre otros. Esta tecnología difiere de la anterior en que la percepción del mundo real es directa y la información digital adicional se proyecta sobre la superficie del antejo, de modo que el usuario ve esa información superpuesta sobre los objetos que percibe directamente a través del cristal transparente.

Muchos analistas predecían que los anteojos de Realidad Aumentada resultarían en poco tiempo un objeto de uso permanente, que los usuarios adoptarían sin dudar. Sin embargo, la voluntad del público resultó nuevamente algo difícil de prever. La mayoría de los usuarios no aceptó el uso permanente de un dispositivo montado en la cabeza y prefirió inclinarse

por un dispositivo de uso manual, que utilizaría solo esporádicamente y para determinadas tareas específicas. La Realidad Expandida Móvil resultó así más adecuada a ese esquema de uso y por ahora se perfila como la opción más válida, junto a la Realidad Virtual ya descripta.

### 2.2.3. Realidad Aumentada Espacial

En esta técnica, la percepción visual del objeto es inmediata y la información se agrega de manera directa sobre los objetos reales, ya sea mediante alguna técnica de proyección o con la incorporación de pantallas directamente incrustadas en el objeto. Su principal ventaja radica, por tanto, en que los usuarios no requieren de dispositivos individuales de ningún tipo (Bryson *et al.*, 1997), lo cual la vuelve particularmente aplicable para exhibiciones grupales e instalaciones artísticas similares.

Otra de las formas de la Realidad Aumentada Espacial se popularizó en los últimos años con el nombre de *mapping* y se la utiliza con asiduidad en espectáculos públicos. En rigor, se trata de una versión limitada de Realidad Aumentada Espacial, puesto que se aplica sobre objetos estáticos y se trata más bien de una proyección muy finamente ajustada que de un verdadero recurso de Realidad Aumentada. Sin embargo, con animaciones ingeniosas y proyectores potentes, se pueden lograr efectos muy atractivos.

La Realidad Aumentada Espacial se puede complementar con la utilización de interfaces tangibles que permiten actuar sobre características virtuales con herramientas reales; por ejemplo, el uso de un pincel o aerógrafo que pinta digitalmente sobre un objeto real. Suele usarse en Diseño Industrial para aportar realismo a *mockups* de formas simples (esferas, cubos, paralelepípedos, etc.) incorporando características visuales proyectadas que permiten una muy buena aproximación al producto final. Asimismo, pueden modificarse muy fácilmente hasta encontrar la forma más adecuada (Von Itzstein *et al.*, 2011).

## 2.3. Realidad Mixta

En 1994, Paul Milgram y Fumio Kishino definen la realidad mixta como “cualquier lugar entre los extremos de un *continuum* que se extiende entre los extremos del mundo real y la virtualidad completa” (Milgram y Kishino, 1994).

El uso de esta denominación permite referirse al campo completo, sin necesidad de precisar una determinada ubicación dentro de ese *continuum* al que los autores denominan “de la virtualidad” (p.3). En la Fig. 2 se reproduce el gráfico original propuesto por sus autores.

Este trabajo constituye la clasificación taxonómica más aceptada de los dispositivos visuales que presentan algún grado de mezcla entre la percepción visual directa de los objetos del mundo real y la apreciación de imágenes virtuales, ya sean bidimensionales, tridimensionales, en una pantalla o en un entorno inmersivo.

La Realidad Mixta reconoce sus orígenes en cuatro taxonomías anteriores. La de Zeltzer (1992), que propone una taxonomía tridimensional de

Figura 2

Continuum de la Realidad Mixta. Fuente: Milgram y Kishino (1994).

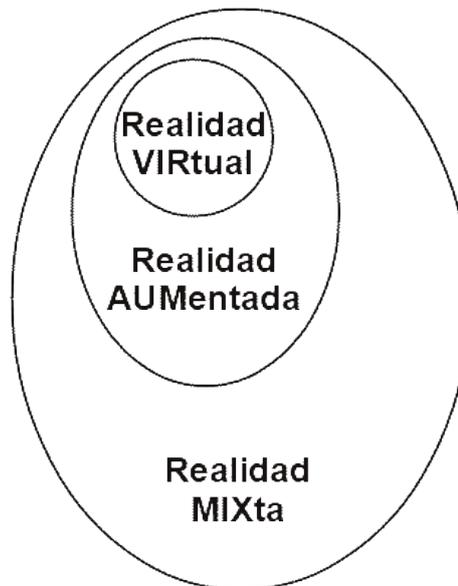


los sistemas de simulación gráfica, la de Sheridan (1992) basada también en tres determinantes, la de Robinett (1992) que propone una compleja categorización nueve-dimensional de los dispositivos de montaje en la cabeza y especialmente la taxonomía de Naimark (1991 a,b) que clasifica diferentes aproximaciones para registrar y reproducir experiencia visuales (Milgram y Kishino, p.5).

A pesar de su simpleza -o probablemente a causa de ello- el modelo de Milgram y Kishino ha alcanzado amplia difusión y la denominación Realidad Mixta se ha convertido en el estándar *de facto* para referirse, globalmente y

Figura 3

Subconjunto de la Realidad Mixta en el modelo de Mann. Fuente: Mann, S. (2002). Versión en español del autor.



sin diferenciación, al conjunto de Realidad Virtual más Realidad Aumentada. Consecuentemente, en el Modelo bidimensional de Mann se representa como un subconjunto que incluye a ambas, como se indica en la Fig. 3.

### 2.3.1. Virtualidad Aumentada

Esta variante no aparece explícitamente en el modelo de Mann (2001). Milgram y Kishino (1994) la ubican dentro de la Realidad Mixta, de modo que, aún sin explicitarla, es probable que Mann la considere también dentro de ese conjunto. Consiste en la integración de elementos existentes en el mundo real dentro de un entorno virtual. Los elementos reales usualmente son el propio usuario y/u otras personas, lo que se conoce como avatar, o ciertos dispositivos tales como herramientas, instrumentos quirúrgicos, robots, etc.

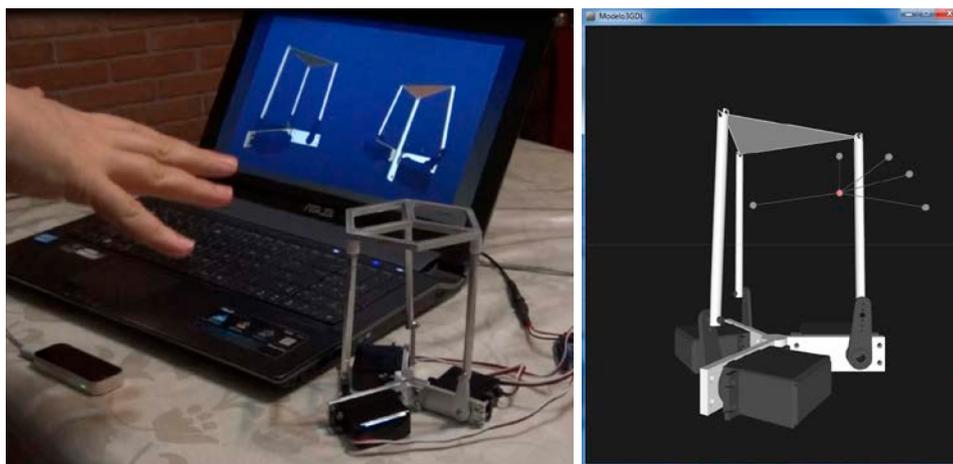


Figura 4

*Virtualización de un mecanismo que copia movimientos de la mano del usuario en un entorno virtual y simultáneamente en un dispositivo robótico. Desarrollo del Autor.*

Muy frecuentemente, en entornos virtuales de inmersión total, se incluyen representaciones de partes del cuerpo del usuario, especialmente las manos.

Es importante destacar que la representación virtual debe “copiar”, en tiempo real, movimientos, posiciones y otras características de los elementos reales que representa. Con tal fin los sistemas de Virtualidad Aumentada requieren de algún dispositivo electrónico de captura que pueda registrar el comportamiento de dichos elementos. Los dispositivos más usuales para esa captura suelen ser conjuntos de cámaras de video con o sin estereoscopia, generalmente de tipo infrarrojo, tales como *Wii Remote Plus* de Nintendo o *Kinect-Xbox360* de Microsoft.

La Fig. 4 muestra un ejemplo de virtualización de un mecanismo desarrollado por el autor. El dispositivo copia los movimientos de la mano del usuario en un entorno virtual y simultáneamente en un dispositivo robótico. En la imagen virtual, el círculo pequeño de color rojo representa la palma y las líneas terminadas en círculos de color gris representan los dedos de la mano que detecta una cámara estereoscópica infrarroja *Leap Motion*. La virtualidad aumentada, es decir, la representación de objetos del mundo real en lo virtual, es doble en este caso: opera sobre la mano y el dispositivo mecánico.

**Videos de funcionamiento en** <https://youtu.be/FYBTt9XRFBg> y <https://youtu.be/5yG-eGKREWo>

## 2.4. Realidad Disminuida, Modificada o Alterada

En estos sistemas, la percepción del mundo real es indirecta. Lo real es captado por una cámara y recreado digitalmente, alterado significativamente por la eliminación o distorsión voluntaria de alguna característica particular presente en la imagen original.

En general, esta técnica se utiliza para eliminar de la imagen algún elemento del mundo real que resulta indeseable en la recreación de la imagen, como una marca comercial o un determinado objeto. Aunque puede operarse en tiempo real, mediante herramientas de software, no necesariamente debe ser así: las herramientas de posproducción habituales de

cine y video, que cuentan con facilidades para esta eliminación, también son un ejemplo de realidad disminuida (Bardi, 2016).

Un caso típico está representado en las tomas cinematográficas donde se muestra algún lugar público habitualmente saturado de gente y automóviles como si fuera un lugar desolado, con viviendas y calles completamente vacías.

Otro caso es la distorsión voluntaria —conocida en la jerga televisiva como *blur*— de rostros o leyendas que no se desea dar a conocer al público por razones legales o de privacidad de los involucrados.

En el primer caso se habla de Realidad Disminuida, puesto que lo representado muestra menos elementos que los que realmente tiene el mundo real. En el segundo caso se habla de Realidad Modificada o Alterada, ya que el elemento se continúa percibiendo (por ejemplo, el testigo de identidad reservada), pero aparece completamente distorsionado por el sistema.

Una diferencia notable entre ambos conceptos es que, en el caso de la Realidad Disminuida, resulta sumamente importante que el espectador no perciba la eliminación, mientras que en el segundo caso la distorsión usualmente no requiere ser disimulada. Esto establece una gran diferencia de complejidad técnica, que resulta mucho mayor para el caso de la Realidad Disminuida, especialmente si se ejecuta en tiempo real y no en postproducción.

Las técnicas empleadas para la eliminación imperceptible de objetos pueden clasificarse en dos grandes tipos. Por un lado, las de tipo “observacional”, que se basan en la obtención de imágenes previas del fondo de la escena, que luego se superponen al objeto que se quiere eliminar. Si bien esta técnica es la más simple, requiere la toma de las imágenes del fondo “limpio”, una planificación y ejecución previa que no siempre resulta posible.

Por otro lado, se encuentran las técnicas de tipo “*in-painting*”, como las descritas en Kaway *et al.* (2007-2016). Estas utilizan alguna clase de algoritmo para extraer de la propia imagen un patrón que permite estimar cómo debería ser el fondo de la escena detrás del objeto en cuestión. Luego superponen esa estimación al cuadro, para hacer invisible el objeto. Esto puede resultar complejo y demandante en términos de procesamiento, sobre todo si el fondo no es plano (Kaway *et al.*, 2013), pero es la única solución si no se tiene oportunidad de registrar el fondo con anterioridad.

La Realidad Disminuida puede considerarse el opuesto de la Realidad Aumentada (una técnica quita y la otra agrega), pero es más apropiado considerarlas complementarias. De hecho, una importante aplicación de la Realidad Disminuida bien puede ser la limpieza de una imagen, donde por ejemplo se elimina un edificio existente, para luego insertar en esa imagen un elemento de Realidad Aumentada, como un nuevo edificio por construirse en el lugar.

## 2.5. Realidad Mediada por computadora

Desde el punto de vista taxonómico, tal como lo menciona el Dr. Ing. Ken Moser (Bardi, 2016), es evidente que la Realidad Disminuida, “dado que no mezcla explícitamente dos tipos de realidad” técnicamente se encuentra fuera del mencionado “*continuum* de la virtualidad” de Milgram y Kishino (1992, p.3). Por lo tanto, también queda excluida del conjunto de la Realidad Mixta. A lo sumo, puede decirse que se intersecta ligeramente con esta, puesto que en ambas habría un Real y un Virtual no

coincidentes, que pueden —o no— coexistir en simultáneo.

Esta situación se ve muy bien expresada en el ya mencionado modelo propuesto por Steve Mann (Fig. 2) que da lugar a la Realidad Mediada, concepto que él mismo definiera anteriormente como “cualquier medio computacional que altere la percepción”. (Mann, 2002).

Este modelo bidimensional, universalmente difundido y aceptado, incluye la Realidad Modificada (que el continuum de Milgram y Kishino no incluye) a la vez que evidencia cierta intersección entre esta y la Realidad Mixta.

Se trata, entonces, de una supercategoría que incluye a todas las anteriores y que permite definir aquí lo siguiente: la Realidad Mediada por computadora es un concepto que se aplica a todos aquellos sistemas que, mediante la intervención de computadoras, **umentan, disminuyen o de algún otro modo modifican, la percepción que se tiene del mundo real, el cual permanece inalterado.**

### 3. El modelo de la Realidad Intervenida

#### 3.1. Limitaciones de los modelos existentes y necesidad de su ampliación

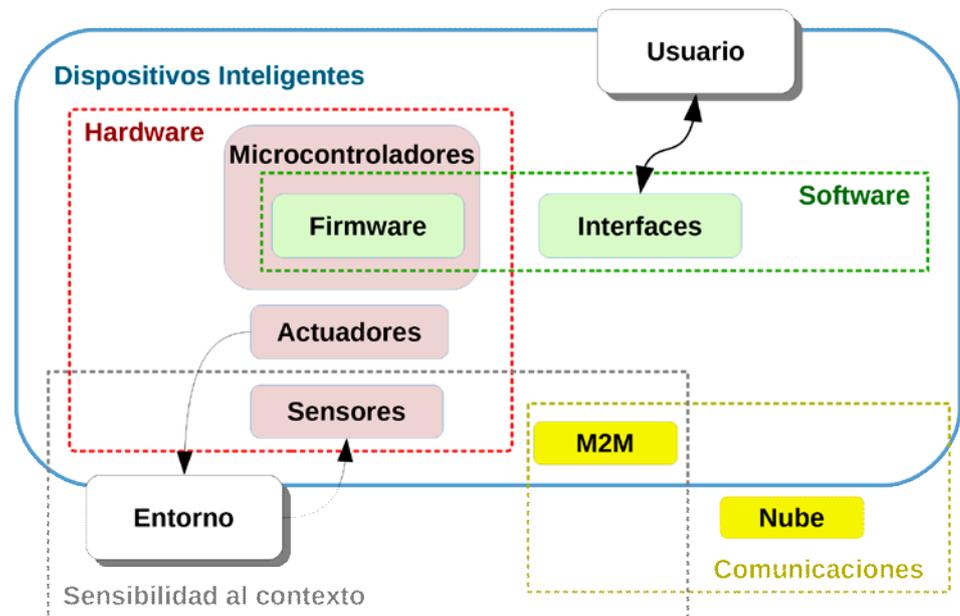
El capítulo anterior concluye con una definición de Realidad Mediada que incluye todos los dispositivos o sistemas expuestos hasta aquí y en la que se destaca su característica particular: lo único modificado por el sistema es la percepción que se tiene del mundo real; este permanece inalterado.

De un tiempo a esta parte, comienzan a aparecer dispositivos que parecen escaparse de los límites de esa definición. A modo de ejemplo, se describe un sistema de exhibición inteligente desarrollado recientemente por el autor. Se trata de un sistema controlado por computadora para la iluminación y el control del movimiento de un conjunto de vitrinas de un museo, que trabajan en forma interactiva con una presentación multimedial. A medida que una pantalla gigante (*video-wall*) muestra información relativa a un determinado objeto, la vitrina que contiene a ese objeto se mueve hacia el centro de la escena. Se destaca su iluminación interna y externa, y al mismo tiempo se ve atenuada la iluminación de las otras vitrinas del espacio. La banda de audio y la distribución espacial del sonido se controlan en simultáneo. Si la presentación se programa para un público amplio, la lógica de movimientos de las vitrinas sigue a la de la presentación. Si se programa para público individual, el sistema detecta la cercanía del espectador a determinada vitrina, así como el recorrido que el espectador va haciendo de la muestra, y adapta la presentación multimedial y la conducta de las vitrinas a ese recorrido.

Cabe preguntarse entonces: ¿a qué categoría de la Realidad Mediada pertenecería este sistema? No se trata de Realidad Virtual, puesto que se trabaja no solo con imágenes, sino también con vitrinas y objetos físicos exhibidos. No se trata de Realidad Aumentada, Disminuida o Alterada, puesto que la percepción de los objetos es directa y sin alteraciones. Y, sobre todo, no se ajusta al conjunto de la Realidad Mediada, dado que no cumple la definición antes expresada; es decir, no altera la percepción del mundo real únicamente, sino que este se ve alterado físicamente por objetos que se mueven, se iluminan o se oscurecen, perciben al usuario y sus conductas, y se comunican entre sí. Todos estos elementos no es-

Figura 5

Dispositivos Inteligentes.  
Principales elementos y sus relaciones.



tán contemplados en la noción Realidad Mediada expuesta hasta ahora. Asimismo, existen centenares de nuevos productos comerciales que interactúan entre sí, con el ambiente físico y con los usuarios, que tampoco pueden considerarse productos de Realidad Mediada. Entre ellos, se encuentran televisores que controlan la luz del ambiente —una tecnología desarrollada por Philips, con el nombre de *Ambilight*— adaptándola en tiempo real a los colores en pantalla. Otros televisores se apagan solos cuando nadie los está mirando o se vuelven “invisibles” al reproducir en la pantalla una copia exacta de la pared que tienen detrás (la función “*Ambient Mode*” de Samsung Qled).

A medida que se consideran nuevos dispositivos o tecnologías, más insuficiente resulta el modelo la Realidad Mediada para describir esas tecnologías. ¿En qué categoría se incluiría un sistema de reproducción de música por *streaming* como Spotify, con más de 70 millones de suscriptores a la fecha, que interrumpe automáticamente la reproducción de audio por el sistema de parlantes de la casa cuando el usuario sale de ella y la reanuda exactamente en el mismo punto desde los parlantes del auto cuando el usuario se sube a él? ¿Cómo clasificar un dispositivo como Alexa, que selecciona mediante inteligencia artificial las noticias de interés del usuario y se las lee en voz alta?

Al seguir explorando, se encontrarán centenares de ejemplos, pero una enumeración, por exhaustiva que sea, no resulta útil si no se identifican las características esenciales que presentan estos productos que el mercado ha denominado “inteligentes”. En la Fig. 5, se ilustran los principales factores que intervienen en estos dispositivos y que, en su mayoría, el modelo de Realidad Mediada antes visto no contempla.

Es evidente, por lo tanto, la necesidad de contar con un nuevo modelo que incorpore estos elementos y las relaciones que los vinculan a fin de adjudicarles su justo valor en tanto tecnologías determinantes para un nuevo tipo de dispositivos.

### 3.2. Fundamentación teórica del nuevo modelo

*“Las tecnologías más profundas son aquellas que ‘desaparecen’. Se entretajan en la trama de la vida diaria, hasta hacerse indistinguibles”. Mark Weiser (1991)*

El origen de gran parte de la tecnología de computación personal y de consumo más utilizada hoy en día puede rastrearse hasta dos institutos de investigación relativamente recientes. Uno es el *Augmentation Research Center* (ARC) creado por Douglas Engelbart en la década de 1960. El otro, creado en los años 1970 y que puede considerarse continuador del primero, es el laboratorio de investigación tecnológica de la compañía Xerox, ubicado en Silicon Valley, California, en la ciudad de Palo Alto. Es bien conocido por la sigla de su nombre en inglés, PARC por *Palo Alto Research Center* (Lázaro y Meixeiro, 2008).

Estos laboratorios se convirtieron en una increíble usina de generación de proyectos innovadores. Cuentan entre sus antecedentes (Bardini, 2000) la creación del *mouse*, de las interfaces gráficas de tipo *WIMP* (Ventana, Icono, Menú, Puntero) que utilizan hoy Windows, Apple y Ubuntu, la tecnología de redes Ethernet, la red ARPANET convertida luego en la espina dorsal de Internet hasta los años 1990, la computadora portátil, los dispositivos de mano, la programación orientada a objetos y los documentos *WYSIWYG* que permiten la existencia de los procesadores de texto tal como se los conoce hoy, entre otros grandes avances de las computadoras personales (Lázaro y Meixeiro, 2008).

En este laboratorio, Mark Weiser trabajaba como jefe de tecnología cuando adquiere reconocimiento mundial gracias a un artículo publicado en *Scientific American* titulado “La computadora del siglo veintiuno” (Weiser, 1991). Aún hoy, bien iniciado ya el siglo al que el título se refería, este artículo es considerado casi un manifiesto, precursor y premonitorio del modo de vida de la sociedad moderna. Este y otros artículos fundacionales de Weiser fueron citados en un cuarto de los *papers* publicados en cada edición de la reconocida *Ubicomp Conference* en los años subsiguientes (Kinsley, 2009).

El concepto fundamental que introduce Weiser es el de la “computación ubicua”, es decir, pequeños computadores distribuidos en el interior de casi todas las cosas, que trabajan para el usuario sin que este se percate siquiera de su existencia. Este concepto se apoya sobre cuatro pilares.

**El primero de esos pilares es la invisibilidad de esta tecnología**, mencionada en la primera frase del artículo que se cita textual al comienzo de este capítulo. Weiser entiende que la operación de las computadoras no puede ser una carga ni una tarea más de la que el usuario deba ocuparse. El computador deberá estar al servicio del usuario sin que este se percate de él, tal como sucede con los miles de cables dentro de las paredes de un edificio o los cientos de motores y solenoides en un automóvil.

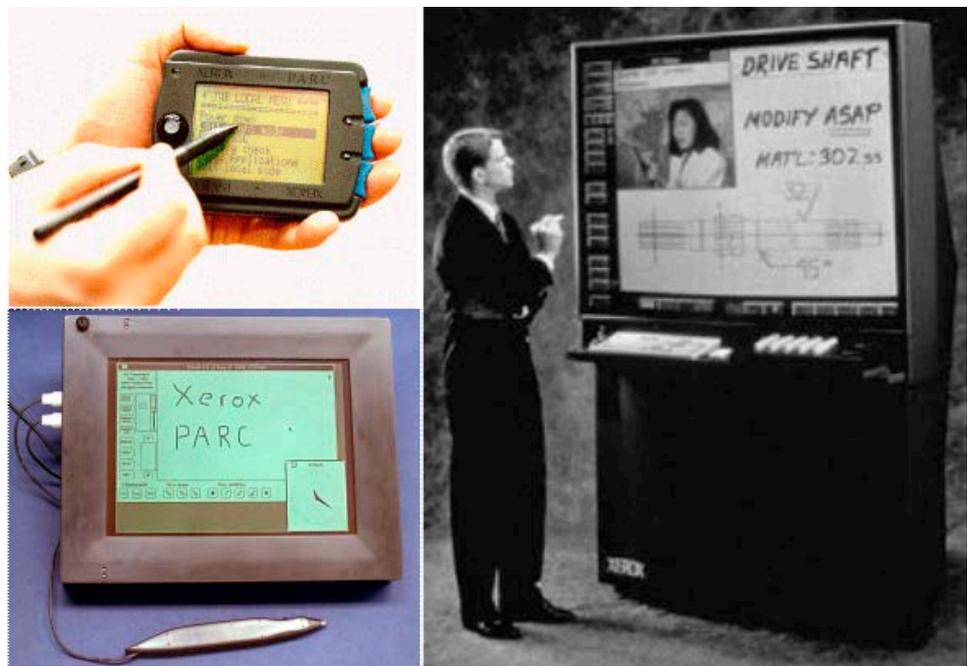
**El segundo pilar es la *embodied virtuality*** que se traduce como “virtualidad embebida”, y se refiere a las pequeñas computadoras incrustadas en todo tipo de objetos, aun los más pequeños y baratos, tal como sucede hoy en día. Weiser acuña este término con la idea de poner en evidencia “la fuerte oposición entre la noción de realidad virtual y la computación invisible y ubicua”. Este punto resulta importante para esta investigación,

ya que ubica claramente a la virtualidad embebida en un conjunto externo a la Realidad Mediada, por lo que queda sustentada, así, la necesidad de un modelo más amplio que la contenga.

**El tercer pilar es la escala.** Weiser pronostica que la variedad de tamaños de computadoras se dividirá en tres. Por una parte, la escala de pulgadas, que se asocia a pequeños dispositivos de mano personales del usuario (el actual *smartphone*) a los que llama Tabs y que se asemejan en tamaño a las notas Post-It. Le sigue la escala de pies (un pie equivale a 30 cm, aproximadamente) para las computadoras de oficina, que asocia con el tamaño de una hoja o una revista, como las actuales *notebooks* y tabletas. Por último, la escala de yardas o metros para presentaciones grupales, que se asemeja al pizarrón, en lo que hoy sería el video proyector que tanto se utiliza en reuniones y aulas. La Fig.6 muestra los tres prototipos funcionales desarrollados en el PARC, uno de cada escala.

Figura 6

Las tres escalas de Weiser. Prototipos funcionales del ParcTab, ParcPad y Live-Board, desarrollados por el PARC en la década del 1980. Fuente: XEROX PARC (1998-1995)



**El cuarto pilar es la ubicación.** Para Weiser es clave que cada computadora sepa en qué habitación o ambiente se encuentra y que pueda adaptar su comportamiento de acuerdo con ello. Actualmente, el concepto se conoce como “sensibilidad al contexto” o *context awareness* y se desarrolló enormemente en diferentes escalas, desde lo posicional (unos pocos centímetros) a lo ambiental (escala de metros) y lo geográfico (escala de kilómetros).

Por último, y sin duda el más importante, **el concepto que encadena fuertemente los cuatro pilares descriptos: la conectividad.** Todos esos dispositivos de pantalla, personales y grupales, así como las decenas de computadoras incrustadas en los objetos, se entretrejen en una red invisible de comunicaciones, alámbrica e inalámbrica, que optimiza su funcionamiento y hace fluir la información en forma transparente y siempre apropiada.

En el artículo se menciona que el usuario arrastra un documento desde la computadora de escritorio a su dispositivo personal y luego en la re-

unión lo abre en la pizarra electrónica: no está sino anticipando la nube y la Internet de las Cosas (*IoT*, por *Internet of Things*) tan difundida actualmente. Al hacer referencia a las puertas que se abren solas frente al usuario autorizado y se cierran para quien no tiene autorización, o al mencionar la cafetera que prepara el desayuno cuando se lo piden, se están introduciendo los dispositivos robóticos, íntimamente ligados a los sistemas embebidos.

A partir de esos sólidos fundamentos, el paradigma de la computación ubicua se desarrolló sin interrupción. Cualquiera sea el nombre que se le asigne, ya sea computación pervasiva, inteligencia ambiental, dispositivos inteligentes o el más reciente y amplio Internet de las Cosas, es evidente que esta tecnología gana terreno día a día y sigue en esa dirección.

Como se puede ver en la Tabla 1, Gartner, la compañía mundial más importante de investigación en temas de Tecnología de la Información, estima que para el año 2020 la cantidad de dispositivos instalados **duplicará** con creces **la cantidad de habitantes** en el planeta.

Categoría	2016	2017	2018	2020
Consumidor	3963.0	5244.3	7036.3	12863.0
Negocios: Mercado Intersectorial	1102.1	1501.0	2132.6	4381.4
Negocios: Mercados específicos	1316.6	1635.4	2027.7	3171.0
Total	6381.8	8380.6	11196.6	20415.4

Tabla 1

*Dispositivos de IoT en funcionamiento por año (en millones de unidades)*

*Fuente: Gartner (Enero 2017)*

Para que estos dispositivos resulten útiles y funcionales, siempre se requerirá que el usuario pueda comunicarse e interactuar con ellos mediante alguna interfaz. Las interfaces naturales son todavía las pantallas y especialmente, por su carácter ubicuo, los dispositivos móviles inteligentes. En la medida en que estos evolucionen hacia la Realidad Mediada, como ya se demostró, los dispositivos robóticos, los sistemas embebidos y la Internet de las Cosas también deberán adoptar como interfaz a las tecnologías propias de la Realidad Mediada.

Resulta coherente, entonces, ampliar el modelo clasificatorio de esta Realidad Mediada de modo que incorpore las nuevas tecnologías referidas. Sin embargo, queda claro en su definición que la Realidad Mediada no contempla modificaciones del mundo físico, como claramente lo son la incrustación de un microcontrolador, los sensores físicos o los dispositivos robóticos. Hace falta generar **un nuevo modelo**, un nivel superior, **un superconjunto que incluya a la Realidad Mediada en unión con estas categorías físicas**.

### 3.3. Esquema conceptual y nuevas categorías propuestas

A partir del paradigma clasificatorio de “las Realidades” que ha demostrado ser apropiado, se introduce a continuación el nuevo modelo propuesto, en un esquema bidimensional o Diagrama de Venn como el utilizado por Steve Mann para su modelo de Realidad Mediada. Las nuevas categorías propuestas se indican con línea continua y color azul y se desarrollan más adelante. El nombre propuesto para el nuevo tipo de

modelo que se configura es el de “Realidad Intervenida”, y se discute en los siguientes párrafos.

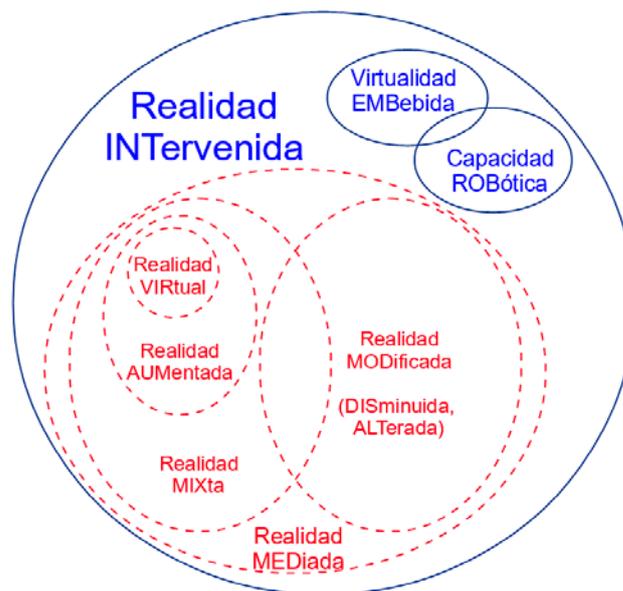
Sobre el término “intervenir”, el Diccionario Enciclopédico Vox 1 de Larousse (2009) define en sus tres primeras acepciones: “Tomar parte en un asunto”; “Interponer uno su autoridad”; “En general, mediar (interponer)”.

La “Realidad Intervenida” hace referencia a un objeto o instalación donde algo nuevo, originalmente externo, se ha introducido, se ha vuelto interno y ha tomado el control. Esta es justamente la idea de la Internet de las Cosas y de los sistemas embebidos. Las cafeteras y puertas ya existían cuando Weiser predice que en el futuro prepararán por su cuenta el desayuno o controlarán automáticamente quién puede entrar y quién no, gracias a su robotización o a la inclusión de un sistema embebido. Estas tecnologías se introducen en objetos que ya estaban presentes en el mundo, precisamente para mediar entre esos objetos y el usuario; es decir, lo intervienen.

El mismo concepto subyace en la propia denominación Internet de las Cosas. Así como la *World Wide Web* conecta a personas que ya existían antes de ella, la IoT conecta cosas, objetos, que también existían previamente en la realidad. Se puede decir que esos objetos y realidad han sido “intervenidos” por la tecnología.

Figura 7

*El Modelo de la Realidad Intervenida. El uso no convencional de las mayúsculas respeta el esquema introducido por Mann, S. (2002) en su modelo de la Realidad Mediada*



La segunda acepción citada hace mención a la autoridad. Es frecuente el uso de la palabra “intervención” para referirse a la ocasión en que una autoridad superior (un juez, el gobierno nacional) toma el control de una institución de menor nivel (una repartición pública, una provincia). Eso es precisamente lo que hacen —como su nombre lo indica— los microcontroladores. Son pequeñas computadoras creadas para controlar los dispositivos a los que se conectan. Estos computadores y el software que corre en ellos son lo que conforman, tomando el nombre que le da Weiser, la “Virtualidad Embebida” que forma parte de la Realidad Intervenida.

Un razonamiento análogo puede aplicarse a la otra categoría que se introduce en la Realidad Intervenida, la “Capacidad Robótica”, que no se

refiere a los grandes robots que sueldan carrocerías automotrices en una fábrica. Se trata aquí de los objetos que han sido intervenidos por las técnicas de la robótica. Son objetos pequeños y cotidianos que, al incorporárseles motores y otros actuadores mecánicos, sensores y programas de software, han adquirido (mediante microcontroladores) la capacidad de moverse, desplazarse, cambiar de forma o ejecutar tareas en el mundo físico. Cabe aclarar que la intervención mencionada es de orden conceptual. Los objetos salen de su fábrica con capacidades robóticas incorporadas ya desde su diseño, pero son considerados intervenidos en tanto que tenían un orden de existencia previo a su robotización.

En cuanto al gráfico, podría considerarse que en general la capacidad robótica demandará microcontroladores y software embebidos, por lo que corresponde considerar a la Virtualidad Embebida como un subconjunto completamente incluido en la Capacidad Robótica. Se prefirió, sin embargo, indicar esta relación con la simple intersección de ambos subconjuntos, para indicar que puede haber sistemas embebidos que no ejerzan una función robótica, así como dispositivos robóticos en los que la computadora de control sea externa y no embebida.

En resumen y para describir el gráfico completo, puede afirmarse lo siguiente:

En las tecnologías abarcadas por de la Realidad Mediada (indicadas en el diagrama con líneas punteadas de color rojo), lo único que se altera es la percepción que el usuario tiene de la realidad, ya sea aumentándola con imágenes adicionales, complementándola con datos proyectados o alterándola digitalmente; el mundo físico que se contempla mediado permanece esencialmente inalterado para un observador externo.

En cambio, en la Realidad Intervenida (indicada con líneas continuas y letras de color azul), los objetos se modifican físicamente, de manera transitoria o permanente, como resultado de la relación con el usuario y el entorno, o como producto de la inserción de un dispositivo electrónico embebido. Esta modificación es real y apreciable tanto para el usuario como para cualquier eventual observador, y su potencialidad de ocurrencia fue definida en el objeto en el momento del diseño, por lo que forma parte de sus características intrínsecas.

En los siguientes puntos de este capítulo se desarrollan cada una de las categorías introducidas y su relación con las experiencias de usuario.

### **3.4. Virtualidad embebida**

Consiste en la incorporación de capacidad de procesamiento electrónico de la información (computadoras) en objetos cotidianos, utensilios o herramientas con el propósito de multiplicar sus prestaciones. El término fue introducido por Mark Weiser en el ya mencionado y famoso artículo de la revista *Scientific American* de 1991, en relación con el concepto de la computación ubicua.

Se busca incorporar estos sistemas de la forma más transparente posible, de modo de facilitar su interacción con el usuario y su entorno. La capacidad de comunicación con objetos similares y particularmente con las grandes redes de las que extraen información en tiempo real —la “Internet de las Cosas”— ha potenciado enormemente a la Virtualidad Embebida.

Su implementación se materializa mediante *hardware* dedicado que, junto con el *software* apropiado, configuran lo que se designa como “sistema embebido”.

### 3.4.1. Componentes físicos del sistema embebido: Hardware

Existen diversas definiciones para caracterizar un sistema embebido, pero en resumidas cuentas, se trata de “un sistema basado en microcontrolador, insertado en un dispositivo con el propósito de manejar un conjunto de funciones determinadas del mismo” (Heath, 2004).

Un sistema embebido (SE, también denominado Sistema Incrustado en alguna literatura en español) requiere entonces, en primer lugar, estar insertado (*embedded*), es decir contenido, en el interior mismo del propio dispositivo que controla. La forma física en que se produce esta incrustación es la de un microcontrolador, esto es, una pequeña computadora especializada en funciones de control, con formato de microchip, que incluye todos los recursos informáticos para su funcionamiento: memoria de programa y de uso, periféricos de entrada y salida, conversores analógicos-digitales y digitales-analógicos (*ADC* y *DAC*), oscilador de reloj, entre otros.

La segunda característica de un sistema embebido es la de estar dedicado, es decir diseñado y programado para un determinado uso específico de control. A diferencia de una computadora de uso general, en la cual el usuario puede determinar utilizarla en un momento para correr una planilla de cálculo y en otro momento para correr una aplicación totalmente diferente que le permite ver una película o jugar un juego de video, un SE realizará un único conjunto de funciones, definido por su diseñador, durante todo el ciclo de vida del producto. A lo sumo se considerará la actualización esporádica de estas funciones, lo que implica un proceso adicional (*upgrade*), optativo para el usuario, que la mayoría de las veces no realizará casi nunca. Esas actualizaciones son siempre de carácter menor y no alteran esencialmente la funcionalidad original del producto.

Por último, la característica más importante de un sistema embebido es su capacidad de ejecución en lo que se denomina “tiempo real”. Esto significa que el dispositivo debe ser capaz de atender todos los requerimientos externos a la misma velocidad en que se presentan y con una asignación de prioridades claramente definida de antemano, de modo de garantizar una respuesta efectiva y a tiempo para todas las funciones que impliquen una interacción con el mundo físico.

Por ejemplo, una computadora de escritorio —que no es un sistema de tiempo real— puede tranquilamente demorarse todo lo necesario en la salida de un documento por la impresora mientras ejecuta otra tarea, como escanear posibles virus en un archivo recientemente descargado. La asignación de prioridad en la ejecución de las tareas está a cargo del sistema operativo (Windows u otro similar) con un criterio oscuro y en general desconocido para el programador de cada aplicación. Un sistema embebido que controle el frenado ABS de un automóvil, en cambio, debe dar una respuesta instantánea al momento de presionarse el pedal de freno, independientemente de que se le hayan asignado otras tareas secundarias relacionadas, como el control del nivel de líquido en la cubeta. Esto se logra con los denominados RTOS (*Real Time Operating System*) o Sistemas Operativos de Tiempo Real, que asignan los recur-

sos en forma predecible y conocida de antemano. De este modo, es el diseñador del sistema quien determinará estrictamente qué funciones son prioritarias y cuáles no, así como los niveles de respuesta mínimos aceptables en cada caso.

Las implicaciones de las características mencionadas son muchas. El hecho de que el sistema deba estar incrustado requiere obviamente un tamaño pequeño, en lo posible estandarizado (tipificado en la jerga en un “factor de forma”) y un consumo eléctrico y disipación térmica limitados, de modo que pueda soportar un régimen de servicio continuo y una acción discreta y silenciosa. En términos de Weiser, se trata de una verdadera tecnología que desaparece.

Asimismo, si se pretende lograr la ubicuidad que se plantea, el costo de cada sistema por embeber debe ser extremadamente bajo, de manera que no impacte de manera significativa en el costo de aquellos objetos simples y baratos en los que podría incluirse.

A su vez, la necesidad del RTOS y de la inclusión de todos los periféricos pertinentes parece ir en contra de las anteriores exigencias. Entonces cabría preguntarse: ¿qué tan loggable es la compatibilización simultánea de estos requerimientos? O mejor aún: ¿se pueden desarrollar dispositivos tan sofisticados a bajo costo, con un tamaño y consumo suficientemente pequeños?

La respuesta es rotundamente afirmativa. El nivel de miniaturización, reducción de costos y consumos es hoy tan grande que, por ejemplo, cada simple punto (pixel) de una pantalla LED modular, como las que se usan en la calle para exhibir publicidad, tiene embebido un microcontrolador que opera los tres componentes de color de ese punto (un LED RGB) y se comunica con los puntos de alrededor para conformar entre todos una imagen integral.

Ese micro tiene la capacidad de recibir un paquete de comunicaciones del procesador central o del pixel que tiene a su lado. También puede encontrar en ese paquete la información que se le destina, de modo que en base a ella pueda generar tres señales de control de tipo PWM para lograr uno de entre los más de 16 millones de colores que soporta el LED que controla, y retransmitir luego al pixel siguiente todo el resto de información que no ha utilizado. Todo eso puede lograrlo a tal velocidad (800 kHz usualmente) que el último componente de esa cadena de millones de eslabones puede recibir a tiempo la información que permitirá actualizar la imagen completa de la pantalla más de 30 veces por segundo, lo necesario para un video de alta calidad.

Si se considera que una pantalla de resolución *full HD* tiene más de 2 millones de esos puntos y una de 4K supera los 8 millones de pixeles, no solo se confirma la capacidad de procesamiento y comunicación que tiene cada micro, sino que se evidencia su bajísimo costo. De no ser así, sería inviable producir comercialmente una pantalla con tantos millones de microcontroladores embebidos.

En el curso de esta investigación, se ha experimentado con uno de los representantes más difundidos de esta tecnología, identificado como Ws2811, y pudieron comprobarse las ventajas de su utilización. Antes de que aparecieran los componentes embebidos en cada pixel individual, era necesario cablear cada punto con 4 líneas (cables) desde el procesador central. Esto hacía inviable la producción de pantallas de resolución

muy alta, ya que el montaje de los cables era muy complejo y se requería un procesador central de gran capacidad y costo que pudiera encargarse de procesar la información de todos los píxeles con la velocidad suficiente. La distribución del problema a miles de pequeños procesadores embebidos es lo que ha posibilitado el gran abaratamiento, la simplificación del montaje y, por ende, la proliferación de estas pantallas, tal como se observa en el mercado.

### 3.4.2. Programas del sistema embebido. Software y firmware

Un sistema embebido es una computadora y, como tal, necesitará un *software* o programa de computadora, apropiado para su funcionamiento. Es precisamente este programa el que proporciona la Virtualidad Embebida a la que se refiere el título de este apartado (4.4).

Este software, a menudo denominado *firmware*, lo desarrolla y provee el fabricante del dispositivo, donde está contenido desde su origen de forma indisoluble. Al ser un elemento tan fuertemente integrado, debe diseñarse especialmente para el producto y al mismo tiempo que este, ya que controlará el comportamiento del dispositivo por completo.

Una diferencia importante con el software común de una computadora de escritorio es que este reside en una memoria volátil que se borra cuando la computadora se apaga; por eso debe cargarse nuevamente desde un soporte magnético —un disco rígido— cada vez que se reinicia el sistema. El firmware, en cambio, suele residir en una memoria de tipo ROM (*Read Only Memory*), un tipo especial de memoria no volátil que conserva los datos permanentemente, aun cuando se la desconecta. De este modo, apenas se enciende el dispositivo, el programa se ejecuta directamente desde esa memoria y no necesita “cargarse” desde ningún disco externo.

Como consecuencia de esa diferencia, el *firmware* no es tan fácil ni tan frecuentemente reemplazable como otros programas. Ese proceso o *upgrade* suele hacerse solo en ocasiones, cada meses o años, para mejorar alguna función del dispositivo. Muchos dispositivos ni siquiera cuentan con un mecanismo para que lo haga el usuario.

Una de las funciones principales del *firmware* —aunque no la única— es la de proveer la interfaz de usuario (IU, o UI por *User Interface*). Se entiende por ella la administración de los controles tanto tradicionales (botones, perillas, teclados, etc.) como los de aparición más reciente (dispositivos gestuales, comando de voz, etc.) y los elementos de *feedback* (pantallas, luces, mensajes de audio) que el usuario utilizará en su relación con el producto o la instalación.

Es así que el *firmware* se convierte en un elemento central para el diseño de la “experiencia del usuario” (UX) y, como tal, no debe ser descuidado por el diseñador. Abundan ejemplos de excelentes productos con muy malos resultados comerciales debido a una UI pobremente diseñada, así como el caso de otros productos de gran éxito, cuya principal característica diferenciadora es una UI sobresaliente. Uno de los ejemplos más citados es el iPod, de Apple, que si bien solo era un reproductor más de audio, alcanzó las 390 millones de unidades vendidas en todo el mundo (Costello, 2015) gracias a su UI, superadora de todo lo conocido hasta ese momento.

## 3.5. Capacidad robótica

Describe la capacidad de un objeto o dispositivo para interactuar, en forma más o menos autónoma, con el medio ambiente físico en que se encuentra. Para que esto suceda, el dispositivo debe contar con ciertas funcionalidades, como la de poder reconocer (senzar) una o más variables físicas, reconocer el lugar donde se encuentra, poder comunicarse con el usuario, con el entorno o con otros dispositivos en forma inteligente, y poder desplazarse o ejercer algún tipo de acción mecánica sobre sí mismo, el ambiente o los objetos que lo rodean. Estas funcionalidades, se describen en detalle a continuación.

### 3.5.1. Sensibilidad al contexto y comunicación máquina a máquina

El concepto de “sensibilidad al contexto” describe la capacidad que tiene un dispositivo de senzar variables físicas del ambiente en que se encuentra y especialmente de **autoubicarse espacialmente**, uno de los pilares fundamentales establecidos por Weiser para la computación ubicua.

En los dispositivos robóticos, esta capacidad de autoubicación resulta esencial si deben moverse en forma autónoma. Técnicamente, se resuelve con una comunicación entre el dispositivo y algún otro dispositivo externo que le brinda referencias. Para esa comunicación se manejan cuatro escalas de distancia, cada una aplicable en diferentes contextos.

Por un lado, se puede considerar la **escala lejana**, basada en tecnología satelital, con unidades en el orden de los kilómetros y precisión en el orden de los metros. Sirve, en general, para la referencia en un mapa y brinda una ubicación de tipo geográfica a partir de los valores de latitud y longitud. Resulta útil para los dispositivos robóticos vehiculares, ya sean terrestres, acuáticos o aéreos.

La segunda escala es la de **alcance mediano**. Se usa para ubicar dispositivos en locales interiores, donde la señal satelital no penetra y donde es necesario un nivel de precisión mayor, del orden de unos pocos metros. Pequeños *beacons* o “balizas” vía Bluetooth transmiten constantemente señales para una localización precisa. Dos de los proyectos prácticos de esta investigación, presentados en el capítulo 7, consisten en el desarrollo de estos *beacons* y los recursos para su utilización.

La tercera de las escalas es de **corta distancia** y puede basarse en la lectura mediante cámara de códigos bidimensionales impresos o en etiquetas de radiofrecuencia tanto activas como pasivas. Esta última tecnología es también la que se emplea en los sistemas de pago electrónico y controles similares que actúan a **muy corta distancia** (NFC, del inglés *Near Field Communication*) por razones de seguridad.

En la Tabla 2, se describen las distintas escalas y se brindan más detalles sobre cada caso.

Como puede verse, la sensibilidad al contexto, no es sino una comunicación de máquina a máquina (M2M por *Machine to Machine*). El dispositivo sensible al contexto establece una comunicación con algún otro dispositivo que hace las veces de faro o baliza informando sistemáticamente su posición, y esta

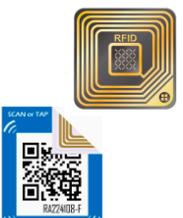
información le sirve al primer dispositivo para calcular su propia ubicación.

El caso del posicionamiento satelital es el más complejo, dado que, para hacer un cálculo correcto, es necesario recibir la posición y hora exacta (establecida mediante un reloj atómico) de al menos tres o cuatro satélites en órbita terrestre.

En los otros dispositivos, la idea es más simple. Si se recibe la transmisión de un *beacon* es porque se está lo suficientemente cercano a él. Conocidos de antemano el alcance y la posición del *beacon*, se sabe que se está dentro de un determinado radio alrededor de él. Las tecnologías de radiofrecuencia activas y las de *Bluetooth Low Energy* permiten, además, estimar la distancia al *beacon* de acuerdo con la intensidad de la señal recibida, lo que redundará en una notable mejora de la precisión.

Tabla 2

Escalas de distancia típicas en la comunicación entre objetos. Fuente: Elaboración propia en base a iconografía de los respectivos fabricantes.

Escala →	Lejana	Media	Cercana	Muy cercana
<b>Tecnología</b>	Satelital GPS (USA) Glonass (Rusia) Galileo (Europa) BeiDou (China)	Beacons BLE (Bluetooth Low Energy) i-beacon Eddystone Estimote Otros	Códigos ópticos Escaneo por cámara Tag de Radio Frecuencia Activas Pasivas	Etiquetas y Chips NFC (Near Field Communication)
<b>Rango</b>	Global / Geográfico	Local Interior	Local Interior Personal	Personal
<b>Uso</b>	Exterior solamente	Interior	Indistinto	Indistinto
<b>Magnitud</b>	Kilómetros	Metros	Centímetros	Milímetros
<b>Precisión</b>	2 a 5 Metros	0,5 a 2 Metros	10 a 90 Centímetros	< 100 Milímetros
<b>Aspecto</b>				

La sensibilidad al contexto, o *context awareness*, como es más conocida, no solo es importante para los robots que se desplazan por el espacio físico. También resulta de suma importancia para el diseño de la experiencia del usuario, de la que este trabajo se ocupa. Las interfaces adquieren la capacidad de mutar y adaptarse de acuerdo con el contexto que ahora conocen. Ese es el tema que se analiza a continuación, en línea con los objetivos de investigación propuestos.

### 3.5.2. Interacción humano máquina o humano computadora

*En la Interacción Humano Computadora (HCI) tradicionalmente buscamos entender al usuario y el contexto para anticipar un único diseño que responda a los principales casos y situaciones de uso... En cambio en Context-Aware Computing, cuando el usuario interactúa con la aplicación, el sistema puede decidir cuál es el contexto de uso actual y proporcionar una interfaz de usuario específicamente optimizada para este contexto. (Schmidt, s.f.)*

El primer antecedente que puede considerarse Realidad Aumentada Espacial, apareció en forma de pantallas incrustadas en los dispositivos para que el usuario pueda interactuar con la virtualidad embebida en el-

los. Muchos dispositivos de la década del 1990 y primera década de los años 2000, algunos aún no demasiado costosos, disponían de su propia pantalla, de resolución razonable, algunas de ellas con capacidades gráficas e incluso con accionamiento de tipo táctil (Fig. 8). La mejora en las interfaces de usuario fue notoria. Aparatos de fax, impresoras, equipos de música y electrodomésticos se enriquecieron con múltiples menús anidados que permitían configurar decenas de características por primera vez disponibles.

Esta importante mejora de las interfaces de usuario no consiguió mejorar la experiencia del usuario en la misma medida. Los usuarios tenían la sensación de que los menús anidados eran demasiado extensos, con opciones agrupadas caprichosamente, y que la experiencia les resultaba tediosa y a veces frustrante. La mayoría de los usuarios de grabadoras de videocassettes de la década de 1980 consideraban que programarlas para grabar un programa de TV era una tarea para expertos o que requería de enorme paciencia.

Esto sucedía porque sus interfaces de usuario se volvieron complejas, para aprovechar todas las posibilidades que la flamante virtualidad embebida ofrecía, pero carecían del *affordance* adecuado.

También carecían de unicidad. Cada fabricante seguía su propio criterio, usualmente más orientado a la necesidad ingenieril que al diseño centrado en el usuario, lo cual producía una heterogeneidad y falta de consistencia entre distintos dispositivos que imposibilitaba la intuitividad y la generalización de la experiencia. El usuario debía memorizar un proceso distinto para cada aparato, previa lectura detenida del correspondiente manual



Figura 8

*Pantalla táctil en un aparato de fax. Uno de los primeros ejemplos de virtualidad embebida. Fuente: Panasonic*

La comunicación M2M viene a cambiar esto, al menos en dos aspectos importantes. El primero, no tan explotado aún, es al que se refiere el texto de Schmidt citado unos párrafos atrás. El dispositivo que “conoce” dónde se encuentra puede ofrecer un menú simplificado, solo con las funciones pertinentes al caso.

El otro cambio importante deviene de que el principal interlocutor en las comunicaciones M2M suele ser el *smartphone* del usuario. La tenden-

cia apunta a que un dispositivo funcional cualquiera se comunique en forma inalámbrica con esta interfaz de usuario universal que resulta ser el *smartphone* y, aprovechando la alta capacidad gráfica de su pantalla, la posibilidad de audio de calidad, las funciones de reconocimiento táctil gestual, la identificación fehaciente y demás ventajas ya existentes, toda la operación del dispositivo se haga por medio de él. Una función similar cumplen los *smartTvs*, sobre todo para los dispositivos de entretenimiento hogareño que naturalmente operan en el mismo entorno del televisor.

El impacto de esto se ve reflejado en el tamaño y costo de los dispositivos, que ahora pueden prescindir casi por completo de una interfaz física propia, especialmente de pantalla, que es el elemento más costoso y voluminoso que debían integrar los productos. Uno de los primeros dispositivos de distribución comercial en aprovechar esta posibilidad fue el exitoso *Chromecast*, presentado por Google en el 2013. Se trata de un reproductor de video en *streaming* de alta resolución que mide 35 x 65 mm (el tamaño de un *pendrive*) y cuesta apenas 35 dólares. Su única interfaz de usuario física consiste en un LED indicador de alimentación y un botón de reinicio. Absolutamente todas las funciones se comandan desde un *smartphone* o una computadora externa. Como indicador de su amplia aceptación por parte de los usuarios, se puede mencionar que en octubre de 2017 llevaba vendidas 55 millones de unidades (Jonnalagadda, 2017).

La mejora de la experiencia del usuario no obedece solo a las ya mencionadas ventajas técnicas de la interfaz inteligente, que brinda buen *affordance*, un *feedback* adecuado y operación contextual. La mejora de la experiencia se debe en gran parte a que **la interfaz ya está naturalizada para el usuario**, por lo cual se hace casi innecesario un aprendizaje previo al primer uso. El usuario usa su propio teléfono para operar desde el primer momento su nuevo dispositivo con íconos, menús y convenciones que le son absolutamente familiares. Un usuario promedio mira su *smartphone* 80 veces al día y alrededor de 150 veces por día si es un *millennial*, según Priceonomics, de modo que integrar un producto con esa interfaz le resultará casi transparente. Asimismo, el *smartphone* propicia el uso de la Realidad Aumentada Móvil al mostrar una interfaz mímica del objeto a comandar (*Smart Avatar*) o de los tradicionales controles físicos como perillas y botones. Esto permite capitalizar *affordances* y convenciones previamente conocidas por el usuario, incluso aquellas propias del mundo físico.

Esto no significa que las interfaces se hayan simplificado. Al contrario, cada vez son más complejas porque las posibilidades que los dispositivos brindan aumentan cada día. La mejora de la experiencia del usuario se debe a que se aprovecha lo que el usuario tiene y sabe de antemano. Este concepto influye fuertemente en la tarea de diseño.

Para diseñar una experiencia de usuario satisfactoria, el diseñador ya no solo debe lograr crear un determinado modelo mental del producto en el usuario, sino que debe estar muy atento y prefigurarse adecuadamente qué tipo de convenciones simbólicas le resultan familiares para recrearlas con la mayor fidelidad posible. Las tecnologías propias del modelo de la Realidad Intervenida permiten lograr esto con ventajas, gracias a sus múltiples recursos visuales, sus posibilidades de adaptación física y especialmente a la posibilidad de recurrir a dispositivos que al usuario ya le son familiares, como su propio *smartphone*. Como ejemplo, en la figura 9 se muestra un proyecto de iluminación inteligente para uso escénico desarrollado por el autor.

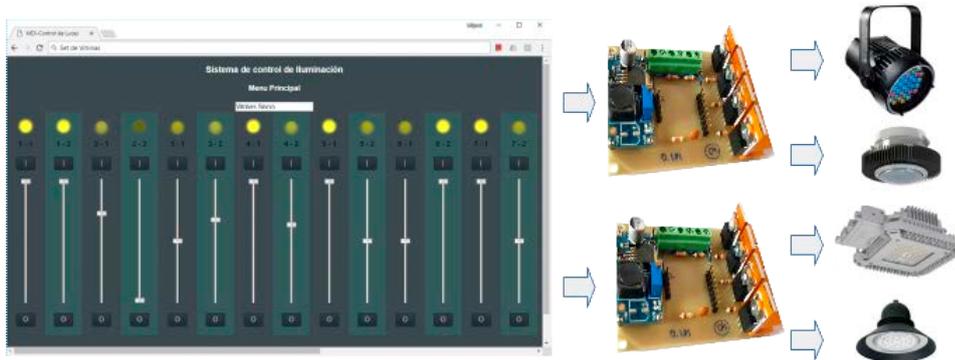


Figura 9

*Sistema de iluminación inteligente, programable y operable por WiFi con interfaz Web que mimetiza una consola de iluminación física.*

Siguiendo este modelo, el sistema plantea el control de las luminarias mediante una consola virtual que reproduce visualmente una consola de doble efecto, de las que se usan típicamente en sistemas de iluminación profesional. Cualquier operador de iluminación que haya operado con anterioridad una consola física tradicional podrá operar este sistema de forma inmediata y sin necesidad de capacitación alguna, con la misma eficiencia que operaría el otro. Como ventajas adicionales, esta consola puede operarse simultáneamente en una computadora, en una tablet o en el *smartphone* del operador, vía WiFi. El usuario puede desplazarse, así, por todo el espacio, teatro o estadio, mientras sigue operando la puesta escénica, entre otras muchas ventajas que este tipo de soluciones ofrece.

Este sistema de iluminación puede interactuar con otros sistemas, como el sistema de sonido ambiental, las vitrinas robotizadas y la instalación de video interactiva que se mencionaron al comienzo de este capítulo. El diseño de esa integración, que involucra diez tecnologías diferentes, se facilitó enormemente a partir de pensar el proyecto desde el marco unificador de la Realidad Intervenida. A la hora de diseñar la puesta general, trabajaron en simultáneo el director general, el director de la instalación de video, el director musical, el arquitecto y la dirección del museo donde se montó la muestra, la empresa que alquiló la pantalla de *video-wall*, los ingenieros, los iluminadores, los electricistas y una decena de montajistas. El sistema completo fue diseñado considerando cada recurso como un elemento del conjunto de la Realidad Intervenida y la integración tecnológica de todos esos recursos se hizo sin conflicto, gracias a haber previsto que cada instalación incluya al menos un modo de comunicación con un dispositivo servidor central que administraba y sincronizaba todos los recursos. La exhibición fluyó sin problemas, función tras función.

### 3.5.3. La Internet de las Cosas

La comunicación M2M que se estuvo analizando se ha centrado en las comunicaciones en tiempo real, entre dispositivos físicamente cercanos, en diálogo directo. La posibilidad de mediar esta comunicación a través de Internet incorporando reservorios de información —lo que se conoce como “la nube”— extiende esta posibilidad a distancias globales, a la vez que permite la comunicación asincrónica, es decir, desfasada en el tiempo. Por su parte, la posibilidad de acumulación de datos que brinda la nube permite la aplicación de algunas técnicas de inteligencia artificial tendientes a mejorar la experiencia del usuario.

Este conjunto de tecnologías (la inteligencia embebida, la sensibilidad



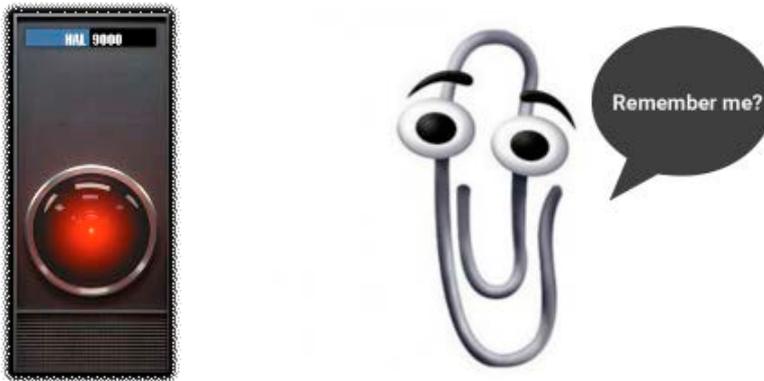


Figura 11

Representación esquemática de la Internet de las Cosas. Imagen de dominio público (CCO).

LED que indica que está alimentado. La interacción se realiza mediante la palabra, en lo que sería el primer tipo de electrodoméstico de consumo masivo con lenguaje natural; es decir, el usuario le habla al dispositivo y este le responde en forma verbal, con un habla no estructurada y sin comandos preestablecidos. Al igual que HAL 9000, la computadora de la recordada película de Stanley Kubrick *2001 Odisea del Espacio* o el no tan bien recordado Clippy de Microsoft Office 97, los nuevos dispositivos invocan a la Inteligencia Artificial como su soporte.

La conectividad a Internet, el acceso a la nube y al *Big Data* se unen así a las técnicas de la Inteligencia Artificial y la Internet de las Cosas en un intento por lograr una experiencia del usuario sin precedentes.

Producto →	Apple HomePod	Google Home	Amazon Echo
Servicio Asociado	Siri	Google Assistant	Alexa
Comando de Inicio	"Hey Siri"	"Ok Google"	"Alexa"
Tamaño (cm)	17 X 14	17 x 10	24 x 9
Precio (en U\$D)	\$ 350	\$ 130	\$ 180
Cantidad de Micrófonos	6	2	7
Cantidad de Parlantes	8	3	2
Aspecto (en escala aproximada)			

Tabla 3

Tabla 3: Modelos comerciales de asistentes inteligentes. Elaboración propia en base a imágenes y datos de los respectivos fabricantes.

Cada una de las grandes marcas en competencia en este mercado ha lanzado uno o dos modelos con nombre propio y luchan fuertemente por imponer un estándar, ya que quien lo haga se asegura de proveerle al usuario casi con exclusividad todos los futuros dispositivos IoT que compre, que serán aquellos compatibles con su asistente. Varias marcas tienen ya una línea completa de productos que se manejan desde el asistente, especialmente en la línea de domótica, alarmas y reproductores multimedia. Muchos fabricantes independientes adhieren con sus pro-

ductos a uno u otro estándar, en busca de una porción del mercado.

Detrás de cada producto hay un servicio de soporte al que el dispositivo se conecta y que brinda la verdadera funcionalidad. El dispositivo en sí mismo no es mucho más que algunos parlantes para reproducir música, algunos micrófonos para captar las órdenes del usuario y la virtualidad embebida necesaria para conectarse al servicio madre. Todo se incluye en un aparato de morfología bastante neutra, de aspecto sencillo pero elegante. En la tabla 3 se presentan los más difundidos..

Algunas marcas importantes cuentan con su servicio, pero no lo apoyan con un dispositivo específico, sino que permiten al usuario acceder desde diversos orígenes. Tal es el caso de Cortana de Windows y Bixby de Samsung, a los que puede accederse desde cualquier computadora o teléfono móvil de la marca o desde el sistema operativo respectivo.

A Siri de Apple, Assistant de Google y Alexa de Amazon también puede accederse desde otros dispositivos que no son los propios y exclusivos, aunque desde las marcas se propicia el uso de los dispositivos propios.

Los resultados son todavía modestos, ya que su practicidad se reduce aún a ciertas tareas rutinarias y bien definidas como buscar música, dar el reporte del tiempo o seleccionar una película de un servicio de *streaming*. Sin embargo, la Inteligencia Artificial y la conexión permanente a Internet están mejorando su desempeño día a día y sin pausa.

Un punto en contra para esta tecnología es, todavía, la falta de lo que Norman (1988) llama restricciones (*constraints*), necesarias en una interfaz para limitar la cantidad de opciones que se le ofrecen simultáneamente al usuario. La interfaz conversacional y la conexión permanente a Internet brindan la sensación de un abanico infinito de opciones, a pesar de que los asistentes no pueden todavía gestionar de manera transparente una respuesta apropiada para todo. Esto muchas veces termina generando frustración en el usuario, que asume que para el asistente “todo es posible”, y que es él quien falla, por no saber cómo pedir ciertas cosas.

Incluso con esta limitación, que se irá solucionando con más y mejor inteligencia artificial, es indudable que desde el diseño se debe reparar en la enorme ventana que abren estos sistemas. La fuerte decisión de los fabricantes de imponerlas como interfaces universales, mediante las cuales un usuario pueda interactuar con todos los dispositivos de su entorno, las hacen rivalizar y complementar con los dispositivos personales ya mencionados.

#### 3.5.4. Comportamiento motor y morfología adaptable

Dado la velocidad con que avanza la Internet de las Cosas, la virtualidad está penetrando en casi todos los objetos, y las computadoras se han vuelto ya definitivamente ubicuas. Hasta aquí la visión de Weiser se ha cumplido puntillosamente y se vislumbra el próximo paso: la conquista definitiva del mundo físico por medio de la robotización de muchos de los objetos, ahora ya embebidos por una virtualidad que se potencia día a día con la Inteligencia Artificial.

No se trata, claro, de ese robot universal de la ciencia ficción, humanoide y multifacético que asiste en todas las tareas del hogar. Se trata de cada pequeño objeto, utensilio o herramienta mejorado, expandido, **interven-**

do con ciertas capacidades físicas —motoras, particularmente— que lo hacen más útil y apropiado. Se trata también de los objetos comunicándose entre sí, tomando las decisiones pertinentes y desplazándose, mediante la sensibilidad al contexto, de uno a otro lado por su cuenta, todo lo cual facilita la vida del usuario. La experiencia del usuario se mejora a tal punto que el usuario ni se entera de todo lo que está ocurriendo. Se trata, pues, de una nueva tecnología que desaparece, que se invisibiliza.

Si a un horno eléctrico donde se puede cocinar pan se le agrega un pequeño motor con un brazo interior que amasa, un sensor que determina la temperatura y un microcontrolador que puede encender y apagar el motor de amasado y la resistencia de cocción siguiendo los pasos de una receta, el resultado es un robot panadero. Ya hay miles de ellos y basta con colocarles harina, levadura y unos huevos o leche por la noche para que entreguen un pan recién horneado para el desayuno. Está claro que la amasadora y el horno eléctrico ya existían. La intervención robótica consistió en juntarlos y ponerlos bajo las órdenes de un microcontrolador, con la receta —en este caso, el programa o firmware— adecuada.

¿Qué pasaría si la heladera pudiera entregarle por su cuenta esos huevos y leche al horno robotizado? ¿Y si esa misma heladera pudiera ordenar al supermercado la reposición de los ingredientes, de acuerdo con el patrón de consumo del usuario? ¿Y si el horno pudiera descargar de Internet nuevas recetas y sorprender al usuario en su cumpleaños con una nueva clase de torta? Como muestra del interés del mercado en esta dirección, se puede mencionar un reciente artículo de la revista Forbes, donde se pronostica que la evolución natural de los *Smart Assistants* es convertirse en robots (Sag, 2018).

En cuanto a la interacción con el usuario, la capacidad robótica tiene su lugar en el campo de las interfaces tangibles y en las llamadas interfaces con cambio de forma o *shape-changing interfaces*. Un buen ejemplo es el sistema presentado en 2.3.1 desarrollado por el autor y mostrado en la Fig. 4 y los videos que allí se indican.

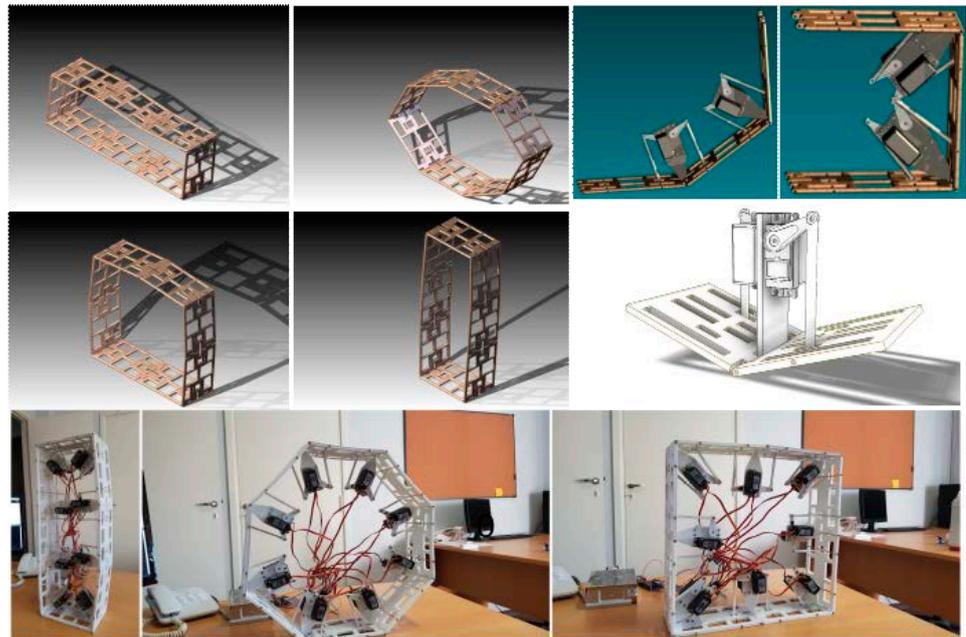
Sin duda el pionero de este campo es el Profesor Hiroshi Ishii, líder del *Tangible Media Group*, uno de los grupos del *MIT Media Lab* más importantes en la *School of Architecture + Planning* del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Ishii trabaja en este campo desde hace más de 20 años y escribió en 1997 un artículo considerado fundacional (Ishii y Ullmer, 1997).

La incorporación de la cuestión robótica y motora al campo de la Realidad Mediada y de las interfaces ha sido también abordada por otros autores, a veces referidas como Realidad Aumentada Espacial e Interfaces Ambientales respectivamente (Billinghurst, Grasset, Seichter y Dünser, 2009).

Se trata de dispositivos que cambian morfológicamente para representar de modo tridimensional y corpóreo el estado de un sistema o conjunto de datos. Estos dispositivos constituyen un objeto ideal para la Realidad Aumentada Espacial, en especial cuando se resuelven mediante proyecciones directas sobre el objeto. La figura 12 muestra el esqueleto sin piel de un prototipo de robot desarrollado con este concepto. Además del cambio de forma, la adopción ordenada de sucesivos cambios puede provocar la rodadura del dispositivo en forma controlada, convirtiéndose en un modo de locomoción.

Figura 12

"Mestizo". Robot de morfología adaptable desarrollado por el autor como parte de un proyecto de investigación de la Maestría en Artes Electrónicas de UNTREF



Es posible también desarrollar sistema físicos donde el cambio de forma puede ser accionado por el usuario modelando, tocando o cambiando de algún modo manual dicha forma. Esos dispositivos sirven así también como método de entrada de datos al sistema.

En términos generales, se busca que la implementación física guarde una analogía fuerte con el fenómeno representado y que la interacción resulte, así, intuitiva para el usuario, a la vez que integrada a su entorno en forma natural, a partir de los principios de las "tecnologías que desaparecen" de Weiser. Esto mejora los factores de *mapping*, *affordance* e intuitividad en los citados términos de Norman.

## 4. El modelo de la Realidad Intervenida en el diseño.

En "La hipótesis de los tres orígenes del diseño" (Campi, Calvera *et. al.*, 2010), la diseñadora catalana Anna Calvera resume las diferentes hipótesis existentes sobre los orígenes del diseño. Identifica sus antecedentes en las fábricas de porcelana de Wedgwood, en la Inglaterra de mediados del siglo XVII, y sus orígenes concretos, también ingleses, hacia 1849, con la labor de Henry Cole y la inspiración intelectual de John Ruskin y William Morris, que generó el llamado "Movimiento de las *Arts & Crafts*". Fue el mismo Cole el impulsor de las leyes de *copyright* para el diseño y las escuelas para formar diseñadores como una profesión específica, y quien instauró el término "*design*" para referirse a la tarea de dar forma y proyectar los bienes producidos industrialmente (Campi, Calvera *et. al.*, 2010).

La principal función del diseño en ese entonces era el aporte de un criterio estético al producto cotidiano; es decir, recuperar la belleza en las formas de lo producido industrialmente, como el propio William Morris afirmaba. Esta concepción inglesa es retomada en Alemania, primero con la *Deutscher Werkbund*, una asociación mixta de arquitectos, artistas e industriales fundada en Múnich en 1907, luego con la Bauhaus de Wal-

ter Gropius (1919-1933) y finalmente con la primera etapa (1953 a 1956, aproximadamente) de la *Hochschule für Gestaltung* (HfG), la escuela superior de diseño de Ulm, cuando aún estaba bajo la dirección de uno de sus fundadores, Max Bill.

Si bien la Bauhaus y la escuela de diseño de Ulm propiciarán un estilo racionalista, con un alto grado de funcionalidad, adecuado tanto a las formas de producción como a las necesidades de los usuarios, la impronta del factor estético seguirá siendo predominante.

Con el ingreso del argentino Tomás Maldonado al rectorado colegiado de la HfG, se plantea por primera vez con firmeza que las consideraciones estéticas no deberían ser la base conceptual única ni más importante del diseño industrial.

*El factor estético constituye meramente un factor entre muchos con los que el diseñador puede operar, pero no es el primero ni el predominante. Junto a él también está el factor productivo, el constructivo, el económico y quizás también el factor simbólico. El diseño industrial no es un arte y el diseñador no es necesariamente un artista. (Maldonado, 1958).*

Una situación similar se da en los Estados Unidos. La necesidad de activar las ventas luego de la depresión económica de 1929 deriva en una forma de hacer más atractivos los productos para los consumidores, conocida como *styling*, uno de cuyos creadores más renombrados es el diseñador Raymond Loewy. El *styling* apela a formas y elementos aerodinámicos, que evocan la sensación de velocidad propia del futurismo, aun en elementos estáticos, sin ninguna necesidad técnica o funcional que lo justifique. Esta postura ha sido criticada por muchos otros diseñadores, como Maldonado, el italiano Gui Bonsiepe o norteamericanos como Henry Dreyfuss, quienes se inclinaban por definir las formas a partir de otros factores, menos superficiales o más racionalistas.

Dreyfuss publica en 1955 su libro *Designing for people* y en 1960, *The measure of man*. Se convierte en uno de los primeros diseñadores en darle relevancia al factor del usuario en la determinación de lo formal y material, aunque su enfoque es más del orden de lo antropométrico y ergonómico que de lo funcional o de la satisfacción del usuario.

Como ya se desarrolló ampliamente en la Introducción, hacia fines de la década de 1960, primero Gibson (1968 y 1979) y luego Norman (1988) introducen lo relativo a aquello que el producto le transmite al usuario y del modo en que lo hace. Presentan la noción de *affordance* y otros conceptos relacionados que derivarán luego en el diseño centrado en el usuario, el diseño de interacciones (Moggridge, 2007) y el diseño de experiencias de usuario (Interaction Design Foundation, 2017).

La discusión de lo formal resurge permanentemente en el ámbito de la arquitectura y el diseño industrial, y las diferentes posiciones se simplifican frecuentemente en frases como “la forma sigue a la función” (Sullivan, 1896) o el principio “MAYA” (*Most Advanced Yet Acceptable*) sostenido por Loewy (The Official Website of Raymond Loewy, 2018).

El valor de esta discusión, sin embargo, se relativiza en el campo del diseño de productos tecnológicos. La miniaturización de los componentes electrónicos y la posibilidad de su inserción de modo invisible para el

usuario implican que, en muchos casos, lo único que el usuario percibirá del producto será una interfaz virtual.

En este tipo de productos tecnológicos se produce, así, un desplazamiento del elemento central del diseño. Se reduce la importancia de la forma del objeto y aumenta la importancia del usuario y de la relación que este tiene con el objeto. Por lo tanto, el diseño de estos objetos se centrará en la interfaz entre ambos.

El desarrollo actual de las distintas formas de realidad mediada indica que estas interfaces serán cada vez más de tipo virtual o de realidad aumentada. La proliferación de microcontroladores en todo tipo de objetos, la robotización de los dispositivos, la Internet de las Cosas y demás elementos descritos por el modelo de la Realidad Intervenida ya están determinando en forma casi exclusiva el modo de interactuar con los dispositivos tecnológicos.

Diseñar objetos tecnológicos requiere ahora del diseño de interfaces considerando todos esos factores y el modelo de la Realidad Intervenida se constituye en un marco conceptual ideal para pensar esas interfaces, puesto que integra en un mismo modelo todos los recursos necesarios para implementarlas.

El mismo marco conceptual sirve para definir cómo introducir un menú tridimensional de realidad aumentada de modo que flote en el interior del automóvil del usuario, para establecer cómo detectar el gesto corporal con que se seleccionó una opción de ese mismo menú y para generar a partir de ello la acción remota de un dispositivo domótico en el hogar del usuario. Es necesario pensar desde el diseño que son todos fenómenos de la misma naturaleza, porque para el usuario así lo son. Solo de esta forma se puede diseñar una verdadera “experiencia del usuario” integrada y satisfactoria.

Las herramientas propias del diseño ya han evolucionando en dirección a esta integración. Todas las *suites* de programas de modelado y diseño asistido por computadora, tales como SolidWorks, Autodesk, Blender, entre otras, incluyen recursos para exportar los modelos creados a formatos compatibles con los programas de edición y motores de realidad virtual y realidad aumentada como Unity o Unreal. Estos, a su vez, permiten generar múltiples clases de salidas, para gafas de inmersión total, para tabletas de realidad aumentada o para proyecciones tridimensionales.

La mayoría de esas herramientas incluyen también *plugins* para conectarlas de forma directa con elementos de hardware como microcontroladores y servomecanismos. Por su parte, el mercado ofrece gran cantidad de dispositivos sumamente populares y económicos, que permiten el prototipado de acciones electrónicas y robóticas directamente sobre el escritorio del diseñador. Tal es el caso de placas como Arduino y Raspberry Pi, que hoy se enseñan no solo en las carreras de diseño, sino también en los niveles de educación general secundaria e inclusive primaria.

El prototipo —y por lo tanto el producto final— está así mucho más cerca de la etapa de diseño. Las herramientas tradicionales de proyecto se han vuelto casi herramientas de producción, por lo menos en lo que respecta a la realidad mediada. En el mismo sentido han evolucionado las herramientas de prototipado rápido. El modelo creado en computadora, que hasta hace poco era solo una herramienta de anticipación visual, hoy permite generar un prototipo mediante impresión 3D, corte láser, ruteo o CNC, y

volverlo luego completamente funcional conectándolo con Arduino, con dispositivos de captura de gestualidad corporal o con mecanismos robóticos, como se demuestra en algunos de los proyectos presentados.

En ese contexto, se considera que un modelo como el presentado, que integra en un todo las tecnologías mencionadas resultará una herramienta válida para enmarcar conceptualmente el trabajo de diseño en el campo de los objetos tecnológicos inicialmente definidos.



# REALIDADES MIXTAS EN ARTE, CIENCIA Y VIDEOJUEGOS: UN RECORRIDO HISTÓRICO DENTRO DEL ESPECTRO DEL REALITY-VIRTUALITY CONTINUUM

**Lic. Juan José María Tirigall**

[tirigall@gmail.com](mailto:tirigall@gmail.com)

## RESUMEN

Tomando como eje principal el clásico texto de P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi y F. Kishino “Augmented Reality: A class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum”, propondré un recorrido del espectro de Realidades Mixtas, ejemplificando con proyectos artísticos, científicos y videojuegos. Mostraré como en la historia del desarrollo de estas tecnologías, los campos de la ciencia, del arte y de los videojuegos se entrecruzan compartiendo referentes en relación a los procesos de investigación, producción y desarrollo.

*arte*

*videojuegos*

*realidades mixtas*

*realidad virtual*

*realidad aumentada*

*historia*

## 1. Definiciones

Para comenzar voy a definir sintéticamente los dos tipos de realidades mixtas más comunes en la actualidad, la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual, para luego desarrollar los que es el espectro de Realidades Mixtas dentro del “Reality-Virtuality Continuum”(Milgram, Kishino, Take-mura, & Kishino, 1994).

### 1.1 Realidad Virtual (RV)

Podría decirse que la Realidad Virtual es el tipo de Realidad Mixta más conocido por el imaginario colectivo, “es un término que se aplica a un conjunto de experiencias sensoriales sintéticas, es decir generadas por computador, comunicadas a un operador o participante”(Manresa Yee, Abásolo, Más Sansó, & Véneré, 2011). Básicamente, es cuando el usuario está inmerso en un sistema completamente sintético que puede o no imitar las propiedades del mundo real.

La realidad virtual se puede definir como la supresión de la percepción del entorno físico y su reemplazo por un entorno generado por dispositivos de representación, “dicho entorno es contemplado por el usuario a través de un dispositivo conocido como gafas o casco de realidad virtual. Este puede ir acompañado de otros dispositivos, como guantes o trajes especiales, que permiten una mayor interacción con el entorno, así como la percepción de diferentes estímulos que intensifican la sensación de realidad”<sup>1</sup>, implica simulación en tiempo real e interacción a través de múltiples canales sensoriales (visión, sonido, tacto, olfato, gusto).

Figura 1

Fuente: <https://hisour.com/es/immersion-virtual-reality-21313/>



Una aplicación de RV tiene cuatro características principales:

- Mundo Virtual

- Inmersión (mental y física)
- Retroalimentación (feedback) sensorial (Principalmente la vista, pero también puede incluir otros sentidos como el oído y el tacto)
- Interactividad

Los sistemas de RV más utilizados actualmente son:

- Cascos HDM (Head Mounted Display)
- Sistemas CAVE (cuevas) (figura 2.a)
- Pantallas gigantes (icon)
- Los WorkBench (figura 2.b)
- Monitor



(a)



(b)

Figura 2

*Dispositivos de salida de RV: cuevas o caves (a) y workbench (b) (Manresa Yee, Abásolo, Más Sansó, & Véneré, 2011)*

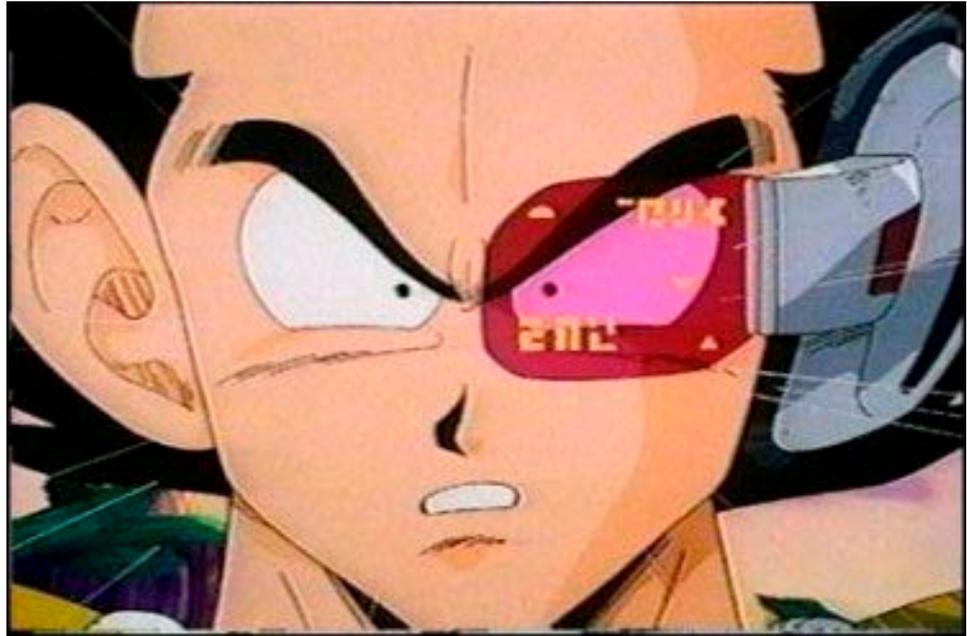
En 1991 se inició el desarrollo de la tecnología llamada CAVE (Cave Automatic Virtual Environment o ComputerAutomated Virtual Environment). En general, los CAVE crean vistas estereoscópicas que son proyectadas en una o más paredes de un espacio cúbico. Las proyecciones son corregidas para que se unan de manera natural en un máximo de seis paredes (incluyendo suelo y techo), haciendo que las esquinas físicas “desaparezcan”.

## 1.2 Realidad Aumentada (RA)

La Realidad Aumentada se podría entender como una manera de *augmentar* las habilidades del usuario utilizando sistemas de simulación. Una forma de realidad mixta donde el usuario, por medio de algún tipo de visor, puede ver la realidad física mediada por la información superpuesta en dicho visor.

Figura 3

Fuente: <https://i.pinimg.com/originals/76/a5/46/76a5464a111e5ed32fbbd76024dbd6a6.png>



En Wikipedia se la define de la siguiente manera, “La realidad aumentada (RA) es el término que se usa para definir la visión de un entorno físico del mundo real, a través de un dispositivo tecnológico. Este dispositivo o conjunto de dispositivos, añaden información virtual a la información física ya existente; es decir, una parte sintética virtual a la real. De esta manera; los elementos físicos tangibles se combinan con elementos virtuales, creando así una realidad aumentada en tiempo real.”<sup>2</sup>

Un sistema de Realidad Aumentada debe tener las siguientes características (Azuma, 1997):

- Poder combinar la realidad física con la información sintética
- Los objetos virtuales están registrados en el mundo real, es decir, están integrados con coherencia espacial
- Tiene que ser interactivo y en tiempo real

Los elementos generados virtualmente tienen que estar vinculados perceptualmente con el mundo físico de manera coherente, a esto se lo denomina registro de imágenes. Este registro se consigue midiendo en todo momento la posición del usuario con respecto al espacio físico. Por otra parte, es común el uso de aplicaciones de RA en ambientes externos, donde se necesita conocer la posición global del usuario, para ello se utilizan dispositivos como los GPS.

Resumiendo, los dispositivos de Realidad Aumentada agregan información sintética a la realidad material del mundo físico. La diferencia principal entre Realidad Virtual y Realidad Aumentada es que la Realidad Virtual implica la inmersión del participante en un mundo totalmente virtual, en cambio la Realidad Aumentada implica mantener la percepción del mundo físico con agregados de elementos virtuales integrados perceptualmente.

### 1.3 Realidad Mixta

La definición de Wikipedia es “La realidad mixta (RM), también llamada a veces realidad híbrida, es la combinación de realidad virtual y realidad aumentada. Esta combinación permite crear nuevos espacios en los que interactúan tanto objetos y/o personas reales como virtuales. Es decir, se puede considerar como una mezcla entre la realidad, realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual.”<sup>3</sup>, en esta definición se ponen como polos opuestos la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual, y luego se agrega como definición: “En 1994 Paul Milgram y Fumio Kishino definieron el concepto de realidad mixta como cualquier espacio entre los extremos del *continuo de la virtualidad*<sup>4</sup>. Este *continuo de la virtualidad* se extiende desde el mundo completamente real hasta el entorno completamente virtual, encontrándose entre medio de estos la realidad aumentada y realidad virtual.”<sup>5</sup> Desde este punto de vista, que es el que estoy utilizando como marco teórico principal en este ensayo, los opuestos no se dan entre la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual, sino entre un Entorno *Real* y un Entorno *Virtual*, siendo la Realidad Mixta el espectro de posibilidades entre ellos. Dentro de este espectro se encuentran tanto la Realidad Aumentada como la Virtualidad Aumentada.

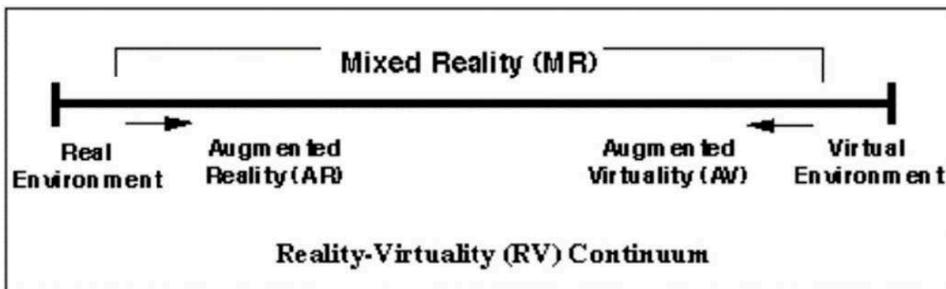


Figura 4

Representación simplificada del RV Continuum. (Milgram, Kishino, Takemura, & Kishino, 1994, pág. 283)

Si bien “es común oponer lo *virtual* a lo *real*, Pierre Levy (Levy, 1995) advierte que esta oposición no es correcta, ya que lo virtual es lo que está en potencia, es decir, que es opuesto a lo actual (lo que está presente). En función de esto, se puede considerar que tanto lo físico como lo virtual son parte de lo real.” (Causa & Joselevich Puiggrós, 2013). Por lo tanto, prefiero reemplazar la oposición virtual-real, del texto citado, por la de virtual- físico, quedando entonces los polos del espectro como **Entorno Físico** y **Entorno Virtual**.



Figura 5

Reality-Virtuality Continuum modificado (Causa & Joselevich Puiggrós, 2013)

Analizando el esquema vemos que a la izquierda del espectro tenemos solamente los objetos reales (físicos). Es cuando se observa el mundo real en persona o con algún dispositivo como el video en tiempo real. Al extremo derecho del espectro están los ambientes donde solamente hay objetos virtuales, simulaciones, sean vistas en pantalla o con sistemas inmersivos. Entre estos extremos están las Realidades Mixtas, Mixed Reality (MR) que son el espacio de posibilidades que surge a partir de las vinculaciones entre el entorno real (espacio físico) y los entornos virtuales.

Cuando no es evidente que partes del mundo son reales y cuales son simulaciones se estaría en el centro del sistema *RealityVirtualityContinuum*, que es donde conjugan la Realidad Aumentada y la Virtualidad Aumentada.

Los siguientes esquemas ilustran el espectro de realidades mixtas:

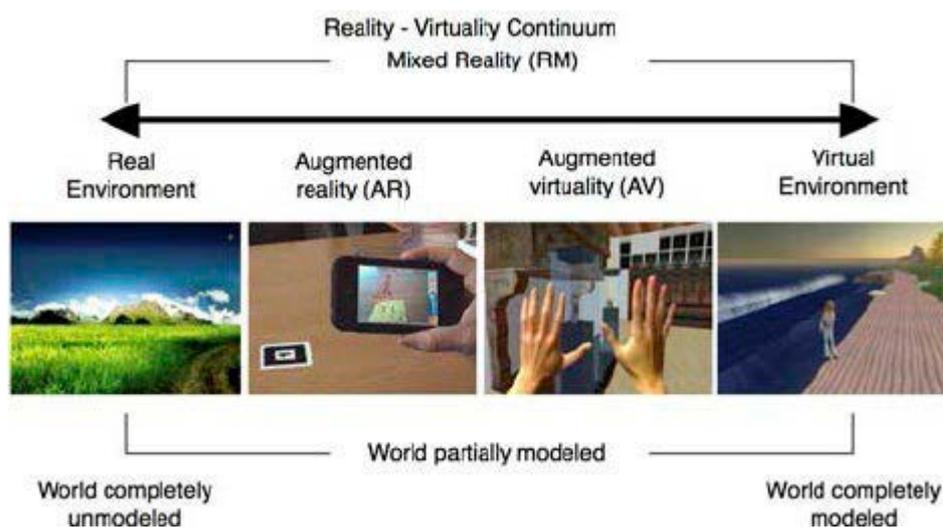
Figura 6

Fuente: <https://pbs.twimg.com/media/Cw3ddjDVIAA-VBNH.jpg>



Figura 7

Fuente: <https://alisonjamesart.files.wordpress.com/2017/03/fig-1-representation-of-the-virtuality-continuum.png?w=640>



La siguiente imagen ilustra una posible comparación entre un tipo de Realidad Aumentada y un tipo de Virtualidad Aumentada.



Figura 8

Fuente: <http://www.ar-dummies.org/wp-content/uploads/2016/03/ARvsAV-e1461609811410.png>

## 2 Interfaces y Dispositivos

En esta sección voy a describir los tipos de interfaces y dispositivos más comúnmente utilizados en Realidad Aumentada y Realidad Virtual.

### 2.1 Realidad Aumentada

Podemos encontrar principalmente dos categorías de dispositivos de Realidad Aumentada:

- **See-through AR displays** (Dispositivos de Realidad Aumentada transparentes): Este tipo de dispositivos permiten ver el mundo que rodea al usuario a través de él, superponiendo las imágenes generadas por ordenador ópticamente sobre las escenas reales.
- **Monitor based AR display** (Dispositivos de Realidad Aumentada basados en Monitores): Dispositivos no inmersivos, sistemas donde se superponen las imágenes sintéticas sobre las imágenes de video.

La distinción entre un sistema de Realidad Aumentada see-through (transparente) y de uno basado en monitor, va más allá del hecho de que el visor esté o no montado en la cabeza del usuario. Técnicamente, al utilizar el video como medio, el potencial de alterar el mundo es mucho mayor.

### 2.2 Realidad Virtual

En este caso también tenemos dos configuraciones esenciales:

- **Realidad Virtual sin periféricos portables:** El usuario no usa equipo especial; el espacio de la instalación es capaz de rastrear el movimiento y generar sus cambios consecuentes dentro del ambiente virtual.
- **Realidad Virtual con periféricos portables:** Algunos materiales como los aparatos de rastreo, los HMD Head Mounted Displays (Cascos de

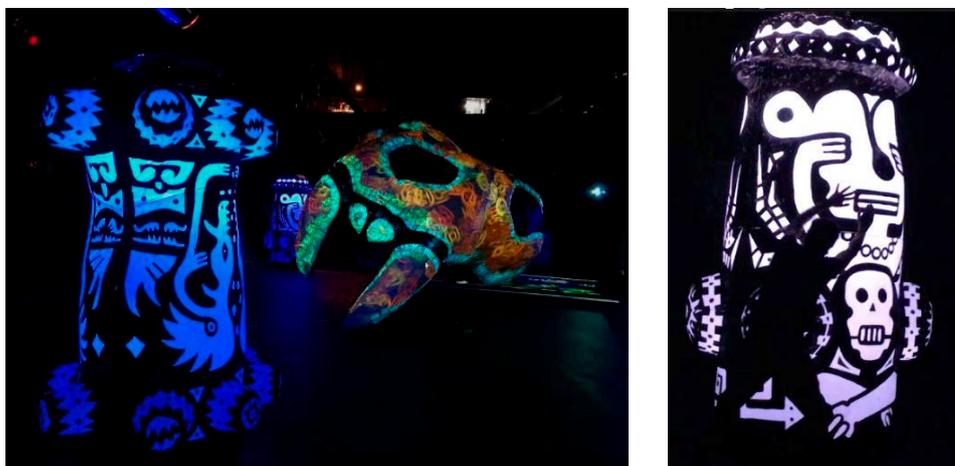
Realidad Virtual), los guantes de datos, entre otros, deben ser portados por el espectador.

La Realidad Virtual sin periféricos portables se beneficia del realismo producido por la ausencia de aparatos invasivos. Sin embargo, no suelen tener la precisión de captura que tienen los dispositivos de Realidad Virtual con periféricos portables, que por la velocidad de respuesta pueden incrementar la sensación de realidad por medio de la fluidez de la experiencia.

Desde el punto de vista técnico, el tipo de Realidad Virtual sin periféricos portables suele darse principalmente dentro de sistemas CAVE. Por otra parte, donde es más habitual que el usuario no necesite equiparse con dispositivos portables, es dentro de instalaciones interactivas de Realidad Aumentada basadas en mapping de proyección.

Figura 9

*Uturunku. Biopus. (Instalación Interactiva). Fuente: <http://www.estudiobiopus.com.ar/estudio/uturunku.html>*



### 3 Clasificación de los dispositivos de Realidades Mixtas (MixedReality)

En el texto fuente que articula este trabajo se hace una clasificación de los dispositivos de Realidades Mixtas teniendo en cuenta principalmente si el dispositivo de salida está basado en monitor o en un sistema óptico transparente, el segundo elemento fundamental es si el dispositivo se presenta en forma de pantalla externa o si es parte de un casco portable.

El siguiente esquema muestra distintas configuraciones de dispositivos ópticos transparentes (optical see-through display), que van desde dispositivos aplicados en el propio ojo (tipo lente de contacto), pasando por cascos, pantallas transparentes portables y estáticas, hasta llegar a la configuración del mapping de proyección sobre el objeto real.

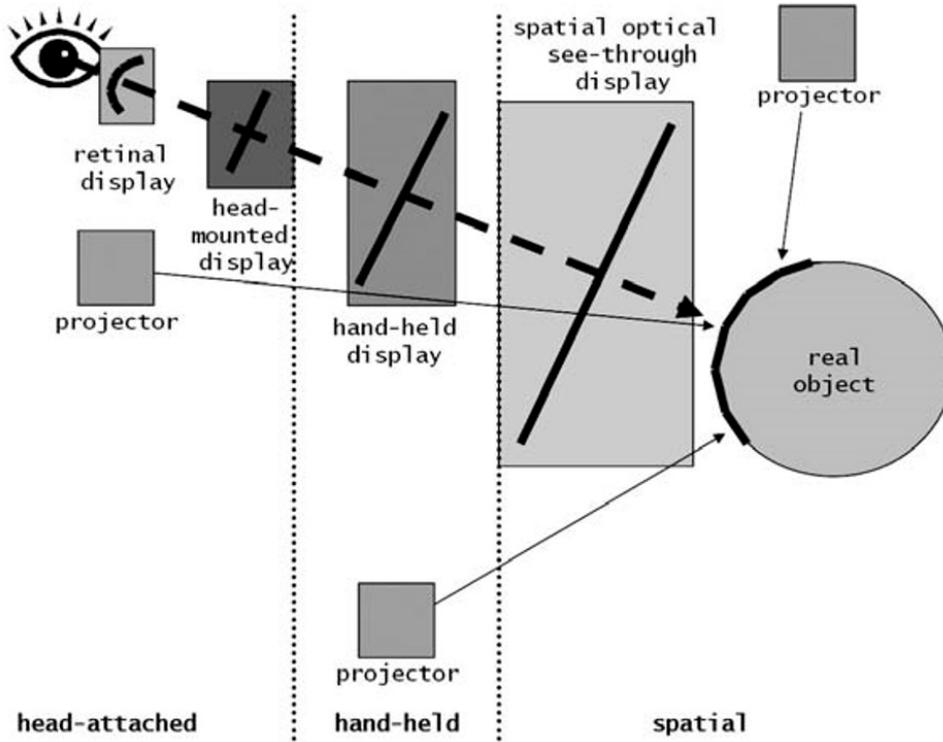


Figura 10

Dispositivos ópticos transparentes (Bimber & Raskar, 2005)

### Clasificación:

1. Monitor-based video with CG overlays: Basado en monitor (no inmersivo). Se superponen las imágenes generadas por computadora sobre el video, que puede ser directo o no.



Figura 11

Fuente: [https://cdn-images-1.medium.com/max/1000/1\\*K4v3T5GcJVDxm3lOJ9mQw.jpeg](https://cdn-images-1.medium.com/max/1000/1*K4v3T5GcJVDxm3lOJ9mQw.jpeg)

2. HMD-based video with CG overlays: Como el primero, pero usando un sistema de visor con casco. Un ejemplo es la telepresencia, donde el usuario puede visualizar lo que estaría “viendo el robot” mientras lo maneja por control remoto.

Figura 12

Fuente: <https://spectrum.ieee.org/image/MjYyNjEx-NA.jpeg>



3. HMD-based optical ST with CG overlays: Sistema de realidad aumentada de visor con casco incorporando un dispositivo óptico see-through (transparente).

Figura 13

Fuente: [https://img.europa-press.es/fotoweb/fotonoticia\\_20171021125952\\_500.jpg](https://img.europa-press.es/fotoweb/fotonoticia_20171021125952_500.jpg)



4. HMD-based video ST with CG overlays: Sistema de realidad aumentada con casco incorporando un dispositivo de video see-through (transparente). El usuario ve lo mismo que tiene delante pero mediado por video.



Figura 14

Fuente: <https://roadtovr-live-5ea0.kxcdn.com/wp-content/uploads/2017/09/zed-mini-oculus-rift-htc-vive.jpg>

5. Monitor/CG-worldwith video overlays: Sistema de virtualidad aumentada basado en monitor, con una base de gráficos por computadora al que se le superpone video en tiempo real.



Figura 15

Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ5vFh3JTxUsnhPR4ZbLnD0I9jjAa24nIDtAqeRiWQqv5nakm33>

6. HMD/CG-worldwith video overlays: Sistema de virtualidad aumentada inmersivo con una base de gráficos por computadora que incorpora video en tiempo real o mapeos de texturas fotográficas.

Figura 16

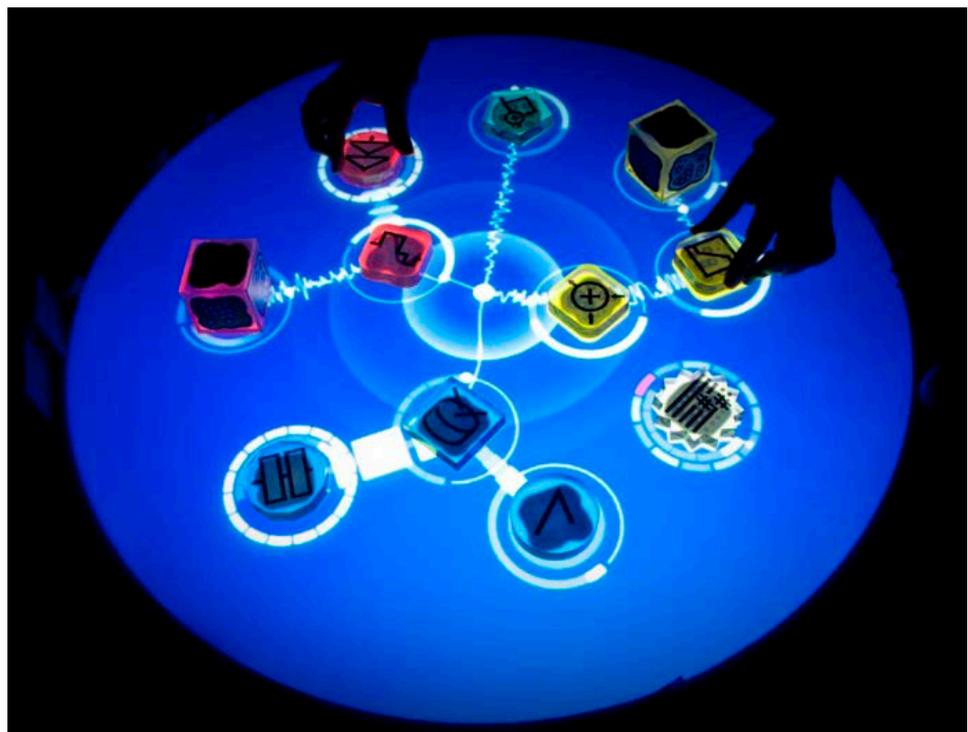
Fuente: <https://i.ytimg.com/vi/jml2llacqj0/hqdefault.jpg>



7. CG-basedworldwith real objectintervention: Sistemas de virtualidad aumentada parcialmente inmersivos que permiten agregar interacción con objetos reales.

Figura 17

Fuente: [http://proyectoidis.org/wp-content/uploads/2014/07/reactable\\_05\\_big.jpg](http://proyectoidis.org/wp-content/uploads/2014/07/reactable_05_big.jpg)



## 4 Cronología Realidades Mixtas en Arte, Ciencia y Videojuegos

Para la construcción de esta línea histórica utilicé múltiples fuentes, entre ellas destacan los libros “Inventando el Futuro: Arte, Electricidad, Nuevos Medios” (Shanken, 2013), “The history of Mobile Augmented Reality” (Arth, y otros, 2015), “Understanding Virtual Reality” (Sherman & Craig, 2003) y “Realidad Aumentada: Un enfoque práctico con ARtoolkit y Blender” (González Morcillo, Vallejo Fernández, Alonso Albusac Jiménez, & Castro Sanchez, 2013).

En cada ítem señalo el campo principal de desarrollo, es decir, si es considerado un proyecto artístico, científico o videojuego (o más de uno). En el caso del campo científico, incluyo tanto desarrollos de investigación netamente científicos (dentro de la comunidad), como trabajos en desarrollo militar y comercial. Estas apreciaciones las hago en base al campo al que pertenece la bibliografía en donde es citado cada proyecto y los circuitos (contextos) por los que han circulado. Por otra parte, tanto para el campo del arte como para el de los videojuegos, hice una selección en función de características que están vinculadas al espectro de Realidades Mixtas descrito en este ensayo.

**1840** / Charles Wheatstone inventa el estereoscopio, que es un dispositivo que proporciona a cada ojo una lente que hace que la imagen que se ve a través de ella parezca más grande y más distante. Las lentes permiten desviar las imágenes correspondientes a cada ojo, de tal manera, que al verse dan el efecto estereoscópico o tridimensional.

**Campo:** Científico



Figura 18

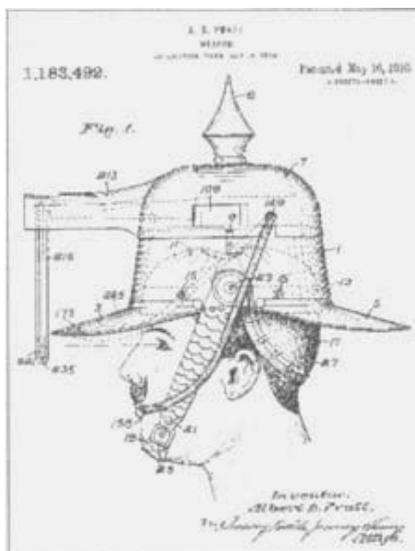
Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/31/Pocket\\_stereoscope.jpg/1280px-Pocket\\_stereoscope.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/31/Pocket_stereoscope.jpg/1280px-Pocket_stereoscope.jpg)

1916 / Patente norteamericana 1.183.492 de un periscopio montado en la cabeza, se le atribuye a Albert B. Pratt.

**Campo:** Científico

Figura 19

El primer dispositivo HMD (Head Mounted Display) (Sherman & Craig, 2003)



1929 / Edward Link desarrolla un simulador de vuelo mecánico para entrenar pilotos llamado “Blue Box” o “Link Trainer”.El practicante puede aprender a volar y navegar utilizando réplicas de instrumentos reales.

**Campo:** Científico

1939 / Sale el View-Master, un dispositivo visualizador de discos, venía con 7 imágenes estereoscópicas en 3D de pequeñas fotografías transparentes en formato película color. Fue fabricado y vendido por Sawyer's. El sistema View-

Figura 20

Fuente: [https://en.wikipedia.org/wiki/Link\\_Trainer](https://en.wikipedia.org/wiki/Link_Trainer)



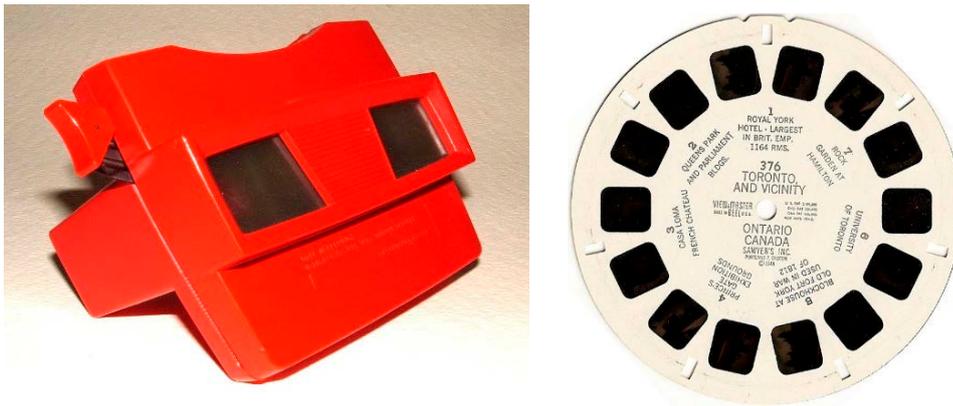


Figura 21

Fuente: <https://en.wikipedia.org/wiki/View-Master>

Master se introdujo en 1939, cuatro años después de la llegada de Kodachrome, una película en color que hizo factible el uso de pequeñas imágenes fotográficas en color de alta calidad. Se utilizó mucho como forma de entretenimiento para chicos.

**Campo:** Videojuegos

1958 / La empresa General Electric construyó, para el ejército norteamericano, el primer simulador de vuelo que utilizaba imágenes generadas por computadora. (Machado, 2005, pág. 54) Las imágenes CGI se mostraban retroproyectadas por medio de un sistema de espejos.

**Campos:** Científico

1960 / Morton Heilig consigue una patente norteamericana para un dispositivo de televisión estereoscópica de uso individual, tenía una sorprendente similitud con los HMD de la década de los 90s e incluso incluía mecanismos para procesar sonido y sensaciones olfativas, además de las visuales. Esta patente será la base del *Sensorama* que realizará en 1962.

**Campo:** Científico - Artístico - Videojuegos

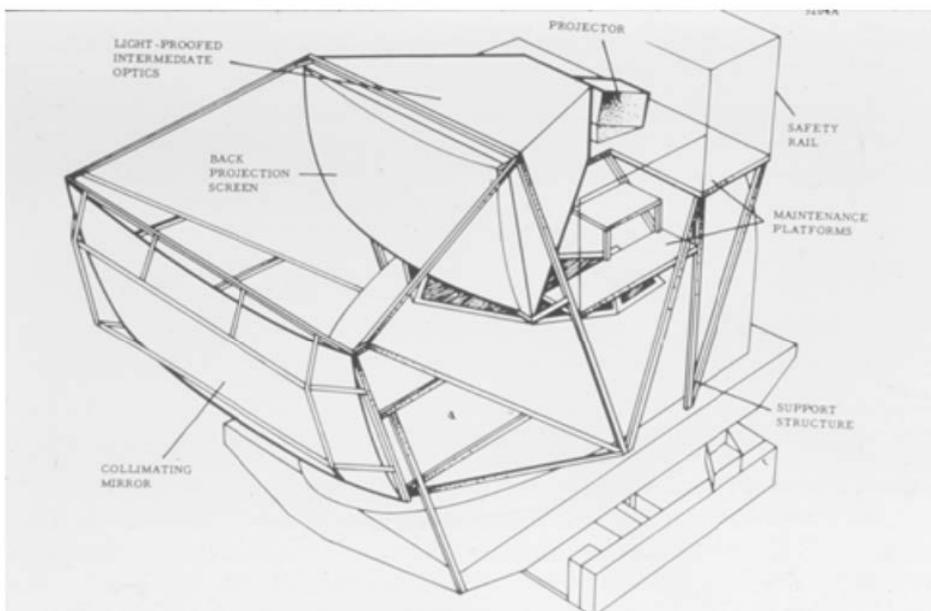


Figura 22

Fuente: (Page, 2018, pág. 9)

1961 / Los ingenieros de Philco, Comeau y Bryan, crean un HMD para usarlo como sistema de visualización remota de cámaras de video. Antecedente de la Telepresencia.

**Campos:** Científico

1962 / El dispositivo mecánico *Sensorama* fue uno de los primeros ejemplos conocidos de inmersión multisensorial (imágenes, sonido, vibración y olfato). Morton Heilig, desarrolla lo que da a llamar *Sensorama* pensando en el teatro, consideraba que el teatro era una actividad que podría abarcar todos los sentidos. Lo definió como “Experiencia Teatral”, detallando esta visión del teatro multisensorial en 1955 en su trabajo titulado “El Cine del Futuro” (Robinett 1994). En 1962 se construyó un prototipo, junto con cinco cortometrajes que se mostraban en el mismo. El *Sensorama* también es considerado como un antecedente de las máquinas de videojuegos. Una de las experiencias era una especie de simulador donde se conducía una moto por las calles de Brooklyn.

Figura 23

(Sherman & Craig, 2003, pág. 25)



Howard Rheingold (en su libro de 1992 *Realidad Virtual*), haciendo alusión a esta experiencia, comentó que “podía realizar” un viaje en bicicleta a través de Brooklyn. El *Sensorama* era capaz de mostrar video estereoscópico 3-D, sonido estéreo, simular viento y producir aromas que se activaban durante la película.

**Campo:** Científico – Artístico – Videojuegos

1965 / Ivan Sutherland escribe el artículo “The Ultimate Display”<sup>6</sup> donde presenta la idea de una pantalla táctil y de un dispositivo óptico transparente. Introduce por primera vez el concepto de lo que luego sería conocido como Realidad Virtual. Sutherland explica el concepto de una pantalla en la que el usuario puede interactuar con objetos en un mundo que no necesita seguir las leyes de la realidad física.

**Campo:** Científico

1968 / Ivan Sutherland crea el primer sistema de “Realidad Aumentada” que también se lo considera como el primer sistema de “Realidad Virtual”, estos términos aún no existían. El casco permitía ver objetos 3D

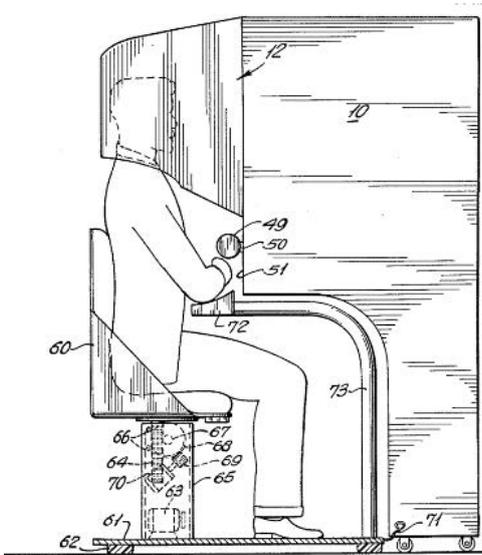


Figura 24

Fuente: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sensorama>

elementales en estructura de alambre (wireframe). Utilizaba un sistema de tracking mecánico y otro por ultrasonidos para calcular el registro de la cámara. Desarrolla el primer visor computarizado para la cabeza (HMD, Head-mounted display)

**Campo:** Científico

1969 / El primer uso de dispositivos de Realidades Mixtas en el campo artístico fue propuesto por la investigación de Myron Krueger sobre diseño de interfaces humano-computadora a finales de los 60's e inicios de los 70's. Krueger imaginó un "ambiente sensible" lúdico, en donde se podía interactuar con ordenadores de forma intuitiva con gestos y movimientos del cuerpo. A mediados de los 70's propuso el término "Realidad Artificial" para denominar las tecnologías que él y otros habían desarrollado. Su obra interactiva *Glowflow* (1969) consistía en un entorno controlado por ordenador que reaccionaba por medio de sensores a la presencia de los visitantes, emitiendo luces y sonidos.

**Campo:** Científico - Artístico

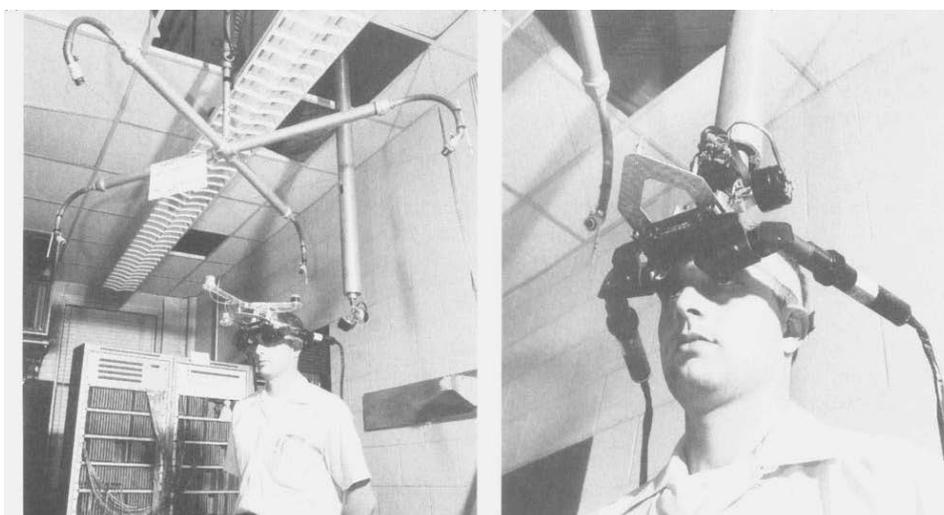
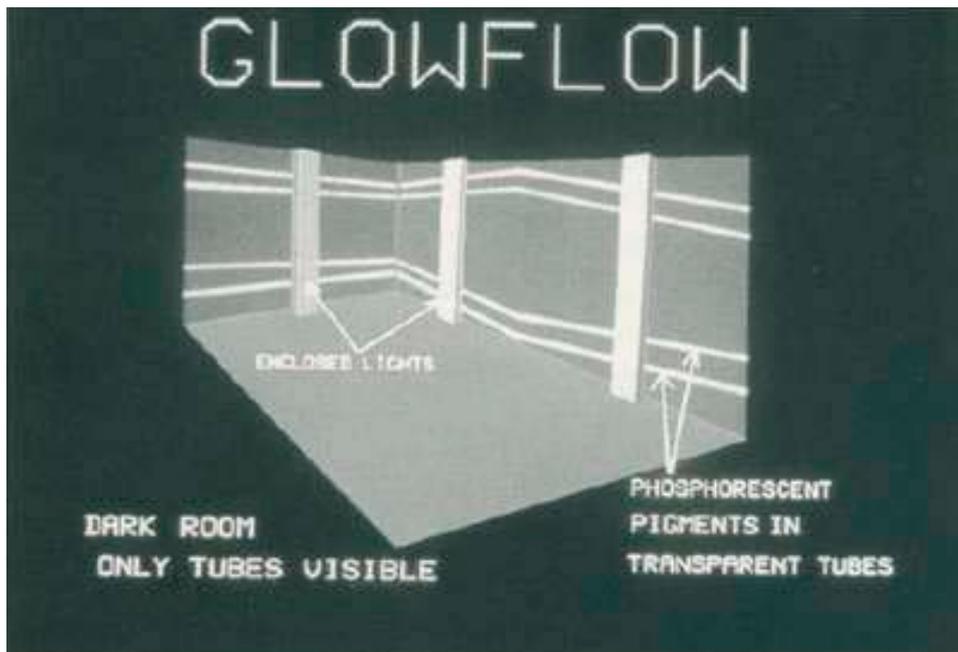


Figura 25

(Sherman & Craig, 2003)

Figura 26

Fuente: <http://dada.compart-bremen.de/imageUploads/medium/glowFlow.jpg>



1973 / Evans and Sutherland Computer Corp. (E&S) desarrollan Novo view, su primer sistema digital de generación de gráficos por computadora para simuladores de vuelo. En la década de 1970 compraron la división de simuladores de vuelo de General Electric y formaron una sociedad con Rediffusion Simulation, una compañía de simuladores de vuelo con sede en el Reino Unido, para diseñar y construir simuladores de vuelo digitales. A mediados de los años 70 y hasta finales de los 80, E&S produjo las series Picture System 1, 2 y PS300. Estas exclusivas pantallas “caligráficas” (vector) a color tenían indicaciones de profundidad, podían dibujar grandes modelos de estructura alámbrica y manipularlos (rotarlos, desplazarlos, ampliarlos) en tiempo real.

**Campo:** Científico

Figura 27

Fuente: <http://s3data.computerhistory.org/brochures/evanssutherland.3d.1974.102646288.pdf>

The Evans & Sutherland  
**PICTURE SYSTEM** A high-performance, 3-D display at low cost.

Simulated building complex seen in perspective

Dynamic capacities of THE PICTURE SYSTEM enable smooth movement in real time of the building complex.

Street-level view: clipped to show only lines visible on the screen.

User controls program with commands displayed as a menu.

**PERSPECTIVE /**  
Build and display true 3-D pictures  
With an E & S computer

**DYNAMICS /**  
Rotate, tumble or translate any object smoothly

**ZOOMING /**  
Smooth quick transition to any scale  
With the E & S PICTURE SYSTEM

**CONVENIENCE /**  
Change, test or manipulate pictures as you wish



Figura 28

Fuente: [http://dada.com-part-bremen.de/imageUploads/medium/videoplace\\_MKrueger\\_\\_9\\_.jpg](http://dada.com-part-bremen.de/imageUploads/medium/videoplace_MKrueger__9_.jpg)

1974 / Myron Krueger crea *Videoplace*, en donde dos personas en diferentes habitaciones, cada una con una pantalla y una cámara, se comunican mediante sus imágenes proyectadas en el espacio compartido en la pantalla. *Videoplace* también está considerado como una serie de trabajos pioneros en el uso de Computer Vision (visión por ordenador). Según el propio Krueger, “La instalación *Videoplace* explora la relación entre el ser humano y la máquina como una dimensión estética más que como una ingeniería. *Videoplace* fue concebido en 1969, simulado en 1970, y ha estado en continuo desarrollo técnico y estético desde entonces. Presentó las ideas de la realidad virtual sin restricciones, la participación de todo el cuerpo en el arte interactivo y el concepto de un espacio compartido de telecomunicaciones”.<sup>7</sup> Propuso el término “Realidad Artificial” para denominar las tecnologías que él y otros habían desarrollado.

**Campo:** Científico - Artístico

1976 / Atari presentó *Night Driver*, el primer videojuego arcade de carreras con gráficos en perspectiva en primera persona. El juego se controla mediante un pedal para acelerar, un volante de dirección y una palanca de cambios de cuatro posiciones. *Night Driver* estaba disponible en una versión que simulaba una cabina de automóvil.

**Campo:** Videojuegos



Figura 29

(Eddy, 2012)

1977 / El Guante Sayre, creado por el Laboratorio de Visualización Electrónica de la Universidad de Illinois de Chicago en 1977, fue el primer periférico de entrada tipo guante. Este guante utiliza tubos conductores de luz para transmitir cantidades variables de luz proporcionales a la cantidad de flexión de los dedos. Esta información es interpretada por una computadora para estimar la configuración de la mano del usuario.

**Campo:** Científico

Figura 30

Fuente: <http://2.bp.blogspot.com/-Tj-mE7GXpts/UcTcBMsIcI/AAAAAA-AAAHI/XEgLP-bRHg/s1600/10.png>



1978 (I) / Un equipo del MIT liderado por Andrew Lippman realizó el Aspen MovieMap, un programa que permitía al usuario recorrer las calles de la ciudad de Aspen, mediante filmaciones reales del lugar, e interactuar con ciertos edificios, permitiendo ver su interior y superponer datos históricos.

El proceso de captura se realizó con un estabilizador giroscópico con cuatro cámaras de película de fotograma de 16 mm que se montaron en la parte superior de un automóvil con un codificador que activaba las cámaras cada diez pies. La distancia se medía desde un sensor óptico conectado al centro de una rueda de bicicleta colocada detrás del vehículo. Las cámaras se montaron para capturar las vistas frontal, posterior y lateral a medida que el automóvil avanzaba por la ciudad.

La película se reunió en una colección de escenas discontinuas (un segmento por vista por bloque de ciudad) y luego se transfirió a Laserdisc. Se realizó una base de datos donde se establecieron relaciones entre las capturas de video y el plano de calles bidimensional. Así vinculados, el usuario podía elegir un camino arbitrario a través de la ciudad, donde las únicas restricciones eran la necesidad de permanecer en el centro de la calle, moverse de a diez pies entre pasos y ver la calle desde una de las cuatro vistas ortogonales. También es un antecedente del sistema Google Street View.

**Campo:** Científico

1978 (II) / Sale el videojuego *SpaceWars*, era esencialmente una versión actualizada de ComputerSpace basada en el programa PDP-1 desarrolla-



Figura 31

Fuente: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/48/QADAS.jpg>

do originalmente en 1961 en el MIT. SpaceWars fue el primer videojuego de arcade en utilizar una pantalla de gráficos vectoriales. Hasta ese momento, todos los juegos usaban un monitor con imágenes rasterizadas, es decir, que dibuja la pantalla con píxeles como un monitor. Las pantallas vectoriales funcionan de manera muy similar a un osciloscopio al dibujar líneas discretas para cada objeto en la pantalla. Esto permitió un movimiento muy fluido y creó toda una categoría de videojuegos.

**Campo:** Videojuegos

1980 (1) / Atari lanzó el exitoso juego vectorial *Battle Zone*, diseñado por Ed Rotberg. El juego simula un combate de tanques con una vista tridimensional con gráficos vectoriales en blanco y negro. Mediante una lámina translúcida adherida a la pantalla la imagen se podía ver en verde y rojo. Este juego fue el primero que utilizó fondos enteramente tridimensionales e interactivos.

**Campo:** Videojuegos

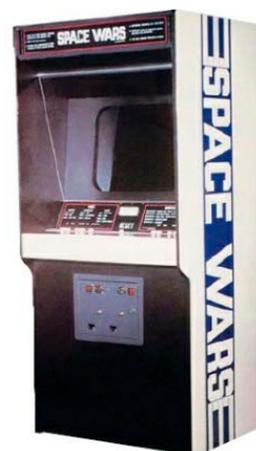
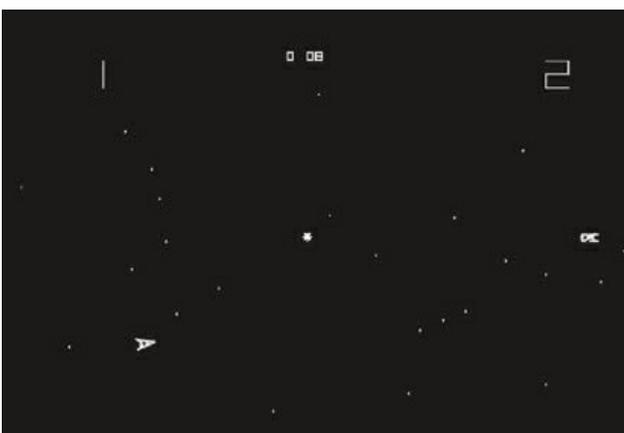


Figura 32

(Eddy, 2012)

Figura 33

(Eddy, 2012)



1980 (II) / Michael Naimark presenta la instalación *Displacements*<sup>8</sup>, una de las primeras obras de realidad aumentada en utilizar videomapping. En una sala de exhibición se recreó lo que sería un típico living norteamericano. Luego se filmó a dos performers en ese espacio desde una mesa giratoria que giraba lentamente en el centro de la sala. Después de la filmación, la cámara se reemplazó con un proyector de película y todo el contenido de la habitación se pintó con aerosol de color blanco. Al proyectar la película filmada se produjo el efecto de mapping sobre los objetos blancos, menos los performers que, según el propio artista, aparecían como figuras fantasmales.

**Campo:** Artístico

Figura 34

<http://www.naimark.net/projects/displacements.html>



1981 (I) / Atari presentó *Tempest* en los arcades, fue el primer videojuego de gráficos vectoriales multicolor. La nitidez de los colores y el movimiento suave de la tecnología vectorial confluyeron para obtener un juego simple, pero con un aspecto gráfico novedoso.

**Campo:** Videojuegos

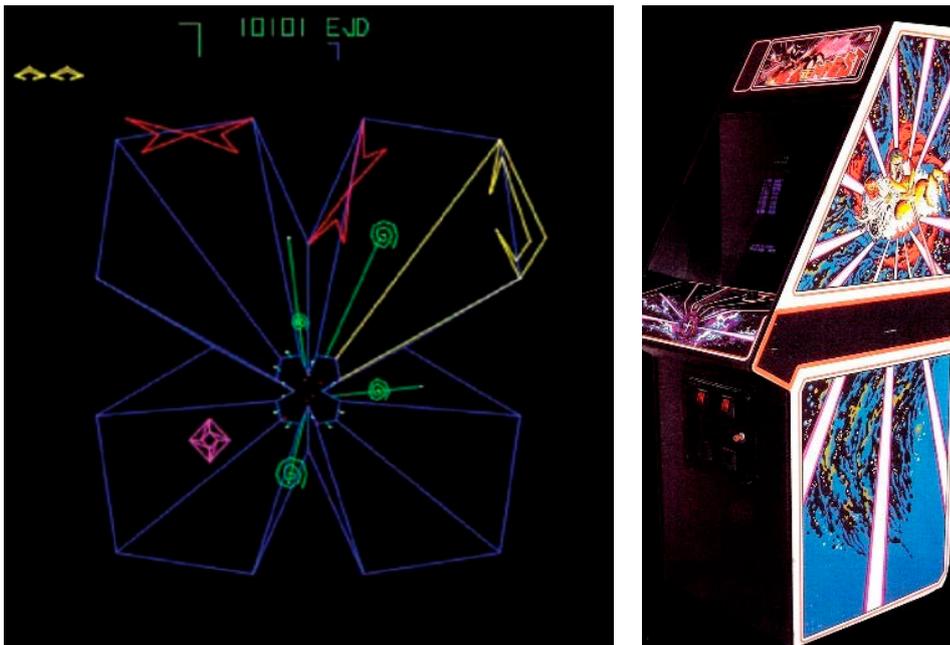


Figura 35

(DeMaria & Wilson, 2003)

1981 (II) / Bajo la dirección de Thomas Furnes, en la base Aérea Wright Patterson se desarrolló el simulador “Super Cockpit” que incluye un dispositivo de pantalla transparente montado en el casco del piloto que se utiliza para “aumentar” la visión del piloto con información del avión. Por ejemplo, al mirar sobre el ala, se visualiza de forma aumentada cuantos misiles hay disponibles para disparar.

“Tom (Thomas Furnes) dice que tenía diferentes motivaciones para entrar en la realidad virtual que Iván (Sutherland). [...] (Thomas Furnes) Comenzó a finales de los años sesenta para tratar de ayudar a los pilotos de combate a enfrentar la creciente complejidad de la tecnología de los aviones de combate. Algunos de los problemas específicos que intentaba resolver incluían cómo usar la cabeza para apuntar mientras disparaba y cómo representar información de sensores de imágenes en pantallas virtuales.”<sup>9</sup>

**Campo:** Científico

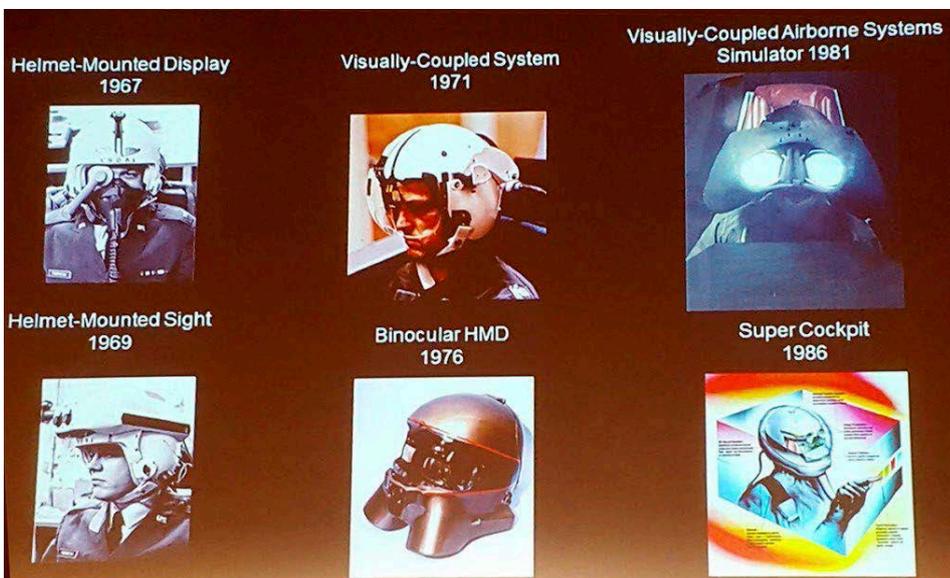
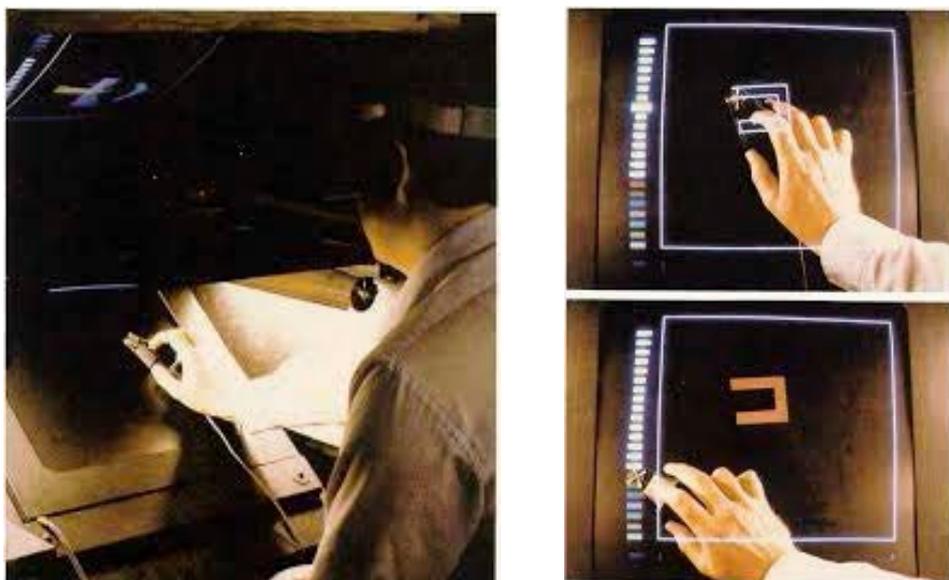


Figura 36

<http://d1icj85yqthyoq.cloudfront.net/wp-content/uploads/2015/11/tom-furness-hmds-1024x621.jpg>

Figura 37

Fuente: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.90.2222&rep=rep1&type=pdf>



1981 (III) / En el MIT, el equipo encargado del desarrollo del proyecto de un espacio de trabajo estereoscópico, comienza a trabajar en una pantalla de realidad aumentada que utiliza un espejo semi plateado para superponer las imágenes generadas por computadora sobre las manos del usuario. Los miembros del equipo incluyen a Chris Schmandt, Eric Hulteen, Jim Zamiska y Scott Fisher.

**Campo:** Científico

1982 / El *SubRoc-3D* es un videojuego de arcade publicado en el año 1982 por Sega y es el primer videojuego comercial estereoscópico. El juego era una especie de simulador de submarino y utilizaba como interfaz un visor binocular, con asas para agarrarlo, pretendiendo imitar el periscopio de un submarino. La máquina creaba un efecto 3D a través de dos discos giratorios opacos con aberturas transparentes. Los discos giraban sincronizados con el monitor, bloqueando y dejando pasar la imagen en uno u otro ojo.

**Campo:** Videojuegos

Figura 38

Fuente: <https://www.arcade-museum.com/images/112/1122570371.jpg>





Figura 39

Fuente: [http://www.teknoplof.com/wp-content/uploads/2014/01/rv\\_4.jpg](http://www.teknoplof.com/wp-content/uploads/2014/01/rv_4.jpg)

1983 / Este año sale al mercado el primer periférico estereoscópico virtual para una consola de videojuegos hogareña. Se llamaba *3D Imager* y funcionaba para la consola GCE Vectrex. El dispositivo se fijaba a la cabeza con unas cintas, y un disco obturador giraba proporcionando el efecto estereoscópico deseado.

**Campo:** Videojuegos

1984 (I) / La sede de Baltimore de la cadena de parques de diversiones SixFlags estrenó *The Sensorium*, una sala de cine 4D que combinaba una película con proyección estereoscópica, asientos que vibraban y efectos aromáticos. El cine 4D es un nombre comercial para un sistema de proyección de películas donde se recrea en la sala de proyección las condiciones físicas que se ven en la pantalla, como niebla, lluvia, viento, sonidos más intensos u olores, así como vibraciones en los asientos y otros efectos.

**Campo:** Científico



Figura 40

DataSuit. Fuente: [https://en.wikipedia.org/wiki/VPL\\_Research](https://en.wikipedia.org/wiki/VPL_Research)

**1984 (II)** / Jaron Lanier funda VPL Research Inc. la primera compañía que comercializó lentes y guantes de realidad virtual. Crearon el DataGlove y los eyePhones (en 1985 y 1989 respectivamente). El DataGlove es un dispositivo de entrada tipo guante que puede capturar la postura de la mano del usuario pasando la información a la computadora. Los Eye Phonesson un tipo de HMD que usan un par de pantallas LCD.Luego en 1989 desarrollaron el DataSuit, que era un dispositivo de sensado para todo el cuerpo.

**Campo:** Científico

**1987 (I)** / Nintendo lanzó el *Famicom 3D System*. El sistema 3D estaba basado en un par de lentes de obturador activo que se conectaban al puerto de juego del Famicom mediante un adaptador, permitiendo ver los videojuegos compatibles en 3D.

**Campo:** Videojuegos

Figura 41

Fuente: [https://en.wikipedia.org/wiki/Famicom\\_3D\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Famicom_3D_System)



**1987 (II)** / Sega lanza al mercado el *Sega 3DGlasses*. A diferencia de otros dispositivos de este tipo, en lugar de usar lentes rojo/azul, utiliza lentes de cristal polarizado, dando una sensación de profundidad no igualada hasta los 32 bits. Se conectan mediante el slot de tarjeta, por lo que solo la Mark III, la Master System I y la Mega Drive con adaptador Master System I la soportan.

**Campo:** Videojuegos

Figura 42

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Master\\_System](https://es.wikipedia.org/wiki/Master_System)





Figura 43

Fuente: <https://www.jeffreys-hawcompendium.com/portfolio/legible-city/>

**1988 /** El artista Jeffrey Shaw presenta *Legible City*<sup>10</sup>, una de las primeras obras en utilizar un espacio virtual 3D a modo de simulador. El usuario utiliza una bicicleta como interfaz con la que recorre una representación simulada de una ciudad que está constituida por letras tridimensionales generadas por computadora que forman palabras y oraciones a lo largo de los lados de las calles. Utilizando los planos de ciudades reales - Manhattan, Amsterdam y Karlsruhe - la arquitectura existente de estas ciudades es completamente reemplazada por dichas formaciones textuales.

**Campo:** Artístico

**1989 (I) /** El 6 de junio Jaron Lanier (VPL ResearchInc) anuncia un equipo completo de realidad virtual utilizando la frase “Realidad Virtual” por primera vez.

**Campo:** Científico

**1989 (II) /** Mattel presenta el Power Glove, el primer dispositivo de entrada tipo guante utilizado en videojuegos, específicamente para la consola NES (Nintendo EntertainmentSystem). Si bien no le fue bien comercialmente, inauguró el uso de dispositivos que venían de la realidad virtual



Figura 44

Fuente: [https://en.wikipedia.org/wiki/Power\\_Glove](https://en.wikipedia.org/wiki/Power_Glove)

en sistemas de videojuegos hogareños. El guante tenía los botones de control tradicionales de la NES en el antebrazo, así como un botón de programa y botones etiquetados 0-9. El usuario presionaba el botón de programa y un botón numerado para ingresar comandos, como cambiar la velocidad de disparo de los botones A y B. Junto con el controlador, el jugador podía realizar varios movimientos de la mano para controlar un personaje en pantalla.

**Campo:** Videojuegos

1989 (III) / Peter Weibel funda el *Institute for New Media* (INM) en Frankfurt, en el cual se realizaron importantes desarrollos artísticos en el campo de la realidad virtual. Entre los estudiantes destacan en esta área Christa Sommerer y Laurent Mignonneau, que en el año 1993 realizarán la obra *PlantGrowing*.

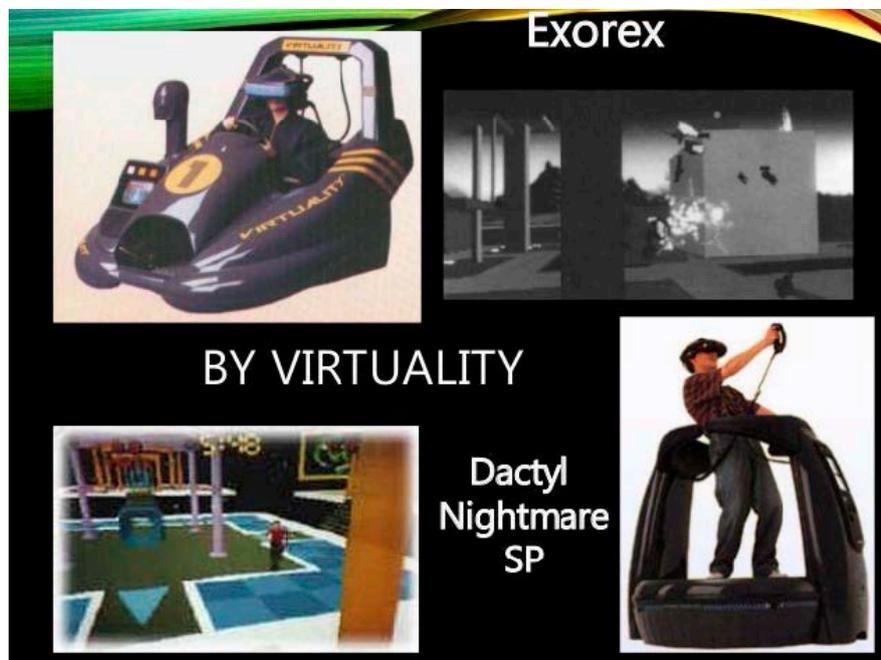
**Campo:** Artístico

1990 / W-Industries lanza el primer sistema de realidad virtual para salas públicas, al que llaman *Virtuality*. Es un sistema de arcade VR para dos jugadores que incluye un HMD, soporte de mano y una plataforma de anillo para cada participante. En el juego *Dactyl Nightmare*, dos jugadores tienen que dispararse entre sí recorriendo un mundo simple de varios niveles. En 1993, W-Industries cambia su nombre por el de *VirtualityGroupplc*.

**Campo:** Videojuegos

Figura 45

Fuente: (A.A.V.V., *Retro Gamer Videogames Hardware Handbook*, 2016)



1991 (I) / Sega anunció el lanzamiento del Sega VR, un casco de realidad virtual con pantalla LCD y auriculares estéreo para máquinas arcade y consolas de videojuegos. El aparato se presentó al público en 1993, y se anunció que costaría 200 dólares, pero nunca se comercializó.

**Campo:** Videojuegos

1991 (II) / El Banff Centre en Canadá patrocinó residencias para que los artistas pudieran experimentar con tecnologías de realidad virtual, produciéndose algunas de las primeras obras en este campo, entre ellas *SpectralBodies* de Catherine Richard.

**Campo:** Artístico



Figura 46

*SpectralBodies* (1991) Fuente: [http://1.bp.blogspot.com/\\_FA48YuOzNZk/SrcW-6MULCt/AAAAAAAAAxg/HX0WHjUI5jw/s400/SB-004.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_FA48YuOzNZk/SrcW-6MULCt/AAAAAAAAAxg/HX0WHjUI5jw/s400/SB-004.jpg)

1991 (III) / Jeffrey Shaw presenta *The Virtual Museum*<sup>11</sup>, una galería virtual articulada dentro de un espacio físico real. Se realizó utilizando la tecnología EVE (Extended Virtual Environment) desarrollada en el ZKM.

**Campo:** Artístico



Figura 47

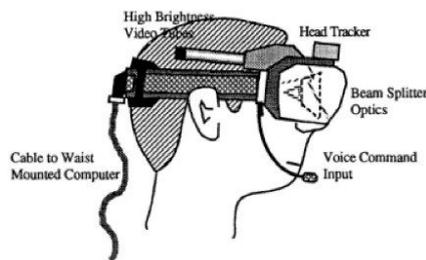
Fuente: <http://www.medienkunstnetz.de/assets/img/data/2189/bild.jpg>

1992 (I) / Dos ingenieros de Boeing, Tom Caudell y David Mizell utilizaron el término “Realidad Aumentada” en el desarrollo de sus investigaciones para mejorar la eficiencia de las tareas realizadas por operarios humanos en la fabricación de aviones. Caudell y Mizell analizan las ventajas de AR frente a la realidad virtual, ya que requieren menos potencia de procesamiento al tener que renderizar menos píxeles.

**Campo:** Científico

Figura 48

Fuente: [https://www.researchgate.net/publication/3510119\\_Augmented\\_reality\\_An\\_application\\_of\\_heads-up\\_display\\_technology\\_to\\_manual\\_manufacturing\\_processes](https://www.researchgate.net/publication/3510119_Augmented_reality_An_application_of_heads-up_display_technology_to_manual_manufacturing_processes)



1992 (II) / En la SIGGRAPH del año 1992 de Chicago, se presenta un sistema de realidad virtual basado en proyecciones, que representa un paradigma alternativo a los cascos que se venían utilizando comúnmente. Este sistema fue llamado CAVE (Cave Automatic Virtual Environment). La tecnología CAVE propone un entorno de realidad virtual inmersiva. Se trata de una sala en forma de cubo en la que hay proyectores orientados hacia las diferentes paredes, suelo y techo. Dependiendo del resultado que se quiera obtener se proyectará la imagen a todas o sólo alguna de las paredes de la sala. Las paredes de una CAVE se componen típicamente de pantallas de retroproyección.

La primera CAVE fue inventada por Carolina Cruz-Neira, Daniel J. Sandin y Thomas A. De Fanti en el Laboratorio de Visualización Electrónica de Chicago de la Universidad de Illinois en 1992.

**Campo:** Científico

Figura 49

Fuente: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cave\\_automatic\\_virtual\\_environment](https://en.wikipedia.org/wiki/Cave_automatic_virtual_environment)

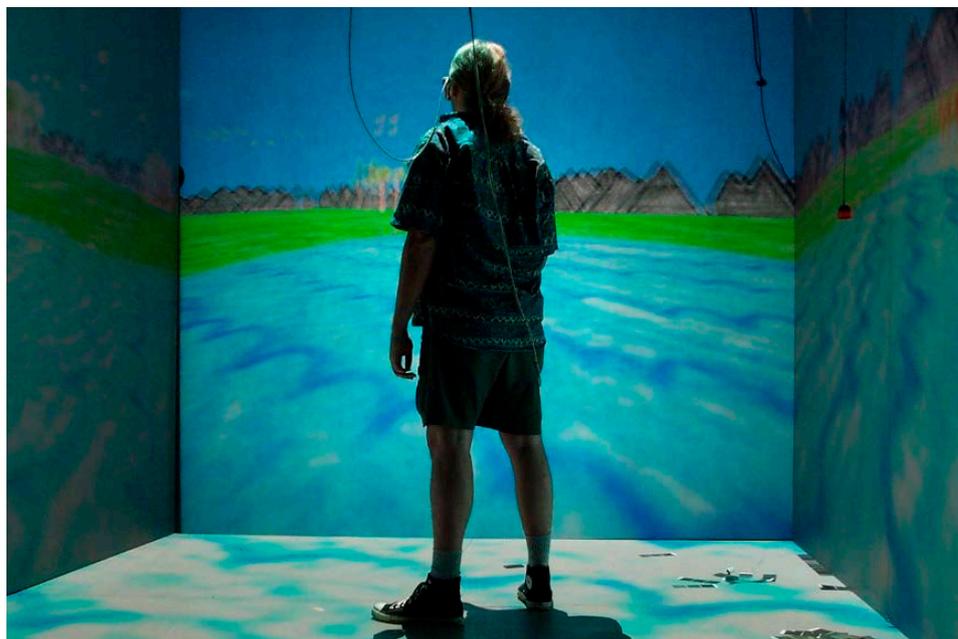




Figura 50

(Arth, y otros, 2015)

1992 (III) / En la COMDEX del año 1992, IBM y Bellsouth presentan el primer *smartphone*, el IBM *Simon Personal Communicator*, que se lanzó en 1993. El teléfono tenía 1 megabyte de memoria y una pantalla táctil blanco y negro con una resolución de 160 x 293 píxeles. El IBM Simon funcionaba como teléfono, buscapersonas, calculadora, libreta de direcciones, máquina de fax y dispositivo de correo electrónico. Su peso era de 500 gramos y costaba 900 dólares.

**Campo:** Científico

1993 (I) / La empresa VictorMaxx lanzó al mercado el StuntMaster VR para SEGA Genesis (Sega Mega Drive) y Nintendo SNES, unos nuevos lentes de realidad virtual interactivos, con capacidad de tracking de movimiento para la cabeza. El mecanismo de tracking consistía en una varilla vertical (stick) que se sujetaba al hombro, cuando se movía la cabeza, el StuntMaster VR detectaba el movimiento del stick y lo traducían en movimientos virtuales en la pantalla.

**Campo:** Videojuegos

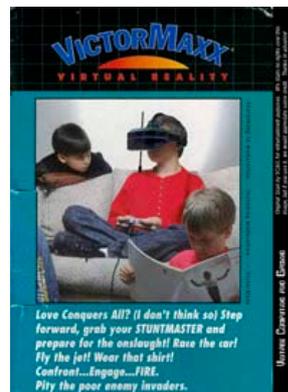


Figura 51

Fuente: [http://www.teknoplof.com/wp-content/uploads/2014/01/rv\\_18.jpg](http://www.teknoplof.com/wp-content/uploads/2014/01/rv_18.jpg)

1993 (II) / En este año Sega lanzó el Sega VR, un casco de realidad virtual que incorporaba visores LCD, auriculares estéreos y sensores inerciales que podían trackear el movimiento de la cabeza del usuario.

**Campo:** Videojuegos

1993 (III) / Christa Sommerer y Laurent Mignonneau realizan *InteractivePlantGrowing*<sup>12</sup>, que ganó el premio Golden Nica en ArsElectronica de 1994. *InteractivePlantGrowing* es una instalación interactiva, donde las plantas virtuales 3D crecen en relación a la forma de interacción de los usuarios con las plantas reales.

**Campo:** Artístico

Figura 52

Fuente: [https://segaretro.org/images/thumb/4/43/Segavr\\_physical01.jpg/301px-Segavr\\_physical01.jpg](https://segaretro.org/images/thumb/4/43/Segavr_physical01.jpg/301px-Segavr_physical01.jpg)



1994 (I) / En el Centro Nacional Alemán de Investigación para la Ciencia de la Información (GMD) se desarrolla la *Responsive Workbench*. Una *Mesa de trabajo Receptiva* que consta de una pantalla de realidad virtual que funciona mostrando imágenes estereoscópicas generadas por computadora en su superficie. Usando lentes con obturador estereoscópico, los usuarios pueden observar imágenes en 3D “que se elevan” sobre la mesa. Los usuarios pueden interactuar con la mesa de trabajo utilizando una variedad de métodos que incluyen reconocimiento de gestos, reconocimiento de voz e interfaces gráficas de usuario en 3D (GUI).

**Campo:** Científico

1994 (II) / En el ArsElectronica de este año en Linz, Austria, Jeffrey Shaw expone *The Golden Calf*<sup>3</sup>, la primera obra de realidad aumentada en utilizar un dispositivo see-through (transparente) de video.

**Campo:** Artístico

Figura 53

Fuente: <http://www.alan-shapiro.com/wp-content/uploads/2010/04/SM2.gif>





Figura 54

Fuente: <https://www.nrl.navy.mil/itd/imda/research/5581/research-and-projects/responsive-workbench>

1995 (I) / Jun Rekimoto y Katashi Nagao crean la NaviCam, el primer sistema de realidad aumentada móvil. La NaviCam consiste en una cámara conectada a una estación de trabajo (computadora potente), esta cámara se utiliza para realizar el seguimiento óptico. El sistema detecta, en la imagen proveniente de la cámara, marcadores codificados por color mostrando información en relación al contexto, utilizando la técnica de “video transparente”.

**Campo:** Científico

1995 (II) / Nintendo lanzó una consola de videojuegos cuyo funcionamiento estaba basado en un casco de realidad virtual. Tenía visión estereoscópica y los cartuchos se introducían en el propio casco que contenía el hardware de la consola. La consola fue diseñada por Gunpei Yokoi, creador de la Nintendo Game Boy.

**Campo:** Videojuegos



Figura 55

Fuente: <https://www.jeffreys-hawcompendium.com/portfolio/golden-calf/>

Figura 56

Fuente: [https://images.slideplayer.com/15/4705640/slides/slide\\_3.jpg](https://images.slideplayer.com/15/4705640/slides/slide_3.jpg)



Copyright (C) 1997-1998 Jun Rekimoto

1995 (III) / Benjamin Bederson introdujo el término Audio Augmented Reality (realidad aumentada de audio) al presentar un sistema que producía un aumento de la modalidad de audición. El prototipo desarrollado utilizaba un reproductor de minidiscos (MD-Player) que reproducía información de audio basada en la posición del usuario dentro un museo.

**Campo:** Científico

Figura 57

(A.A.V.V., *Retro Gamer Video-games Hardware Handbook*, 2016)



1995 (IV) / Charlotte Davies, una artista canadiense que se especializa en realidad virtual, realiza una obra con esta tecnología titulada *Osmose*<sup>14</sup>, en 1998 realizará *Ephemere*, otra obra de realidad virtual importante. Davies también es la directora de la conocida compañía de Software 3D Softimage.

**Campo:** Artístico

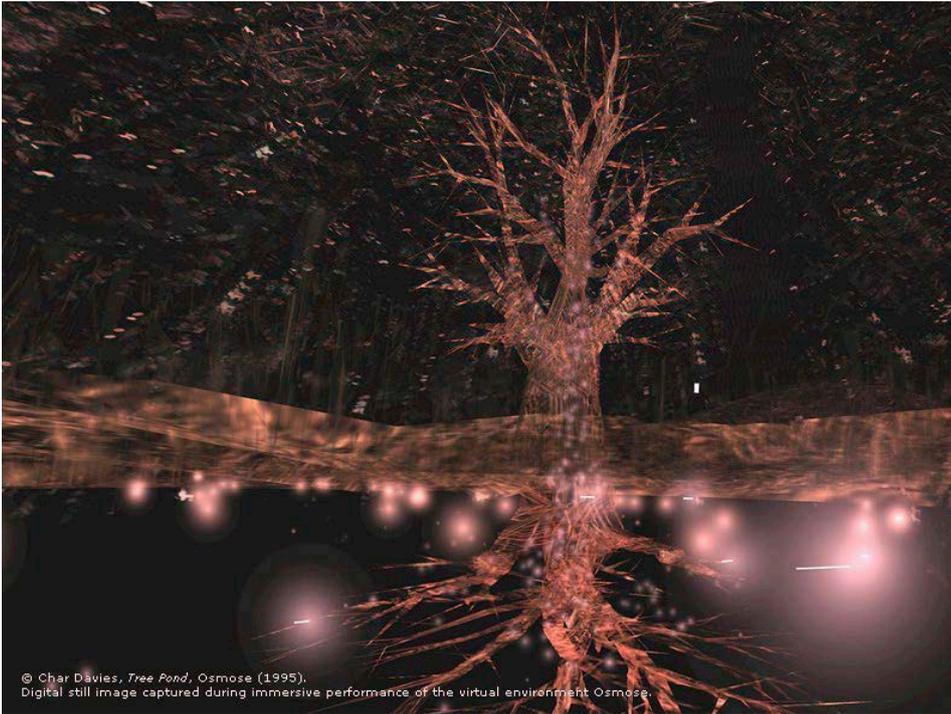


Figura 58

Fuente: [http://www.immergence.com/centralizedImages/osmose/Osm\\_Tree\\_Pond\\_800.jpg](http://www.immergence.com/centralizedImages/osmose/Osm_Tree_Pond_800.jpg)

**1995 (V)** / En junio de este año aparece online la obra *Telegarden*, dirigida por Ken Goldberg y Joseph Santarromana. Telegarden es una instalación interactiva online, que permite a los usuarios interactuar remotamente con un jardín de plantas. Es una de las primeras obras de telepresencia, los interactores utilizando una interfaz web, controlan remotamente un brazo robótico que les permite plantar, regar y cuidar las plantas del jardín.

**1996 (I)** / El ingeniero de Sony Jun Rekimoto crea un método para calcular completamente el tracking visual de la cámara (con 6 grados de libertad) empleando marcas 2D matriciales (códigos de barras cuadrados). Esta técnica sería la precursora de otros métodos de tracking visuales en los próximos años.

**Campo:** Científico

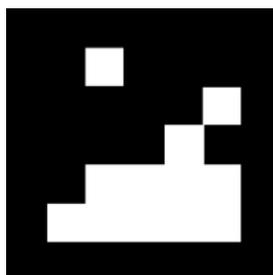


Figura 59

<http://goldberg.berkeley.edu/garden/Ars/>

Figura 59

(Arth, y otros, 2015)

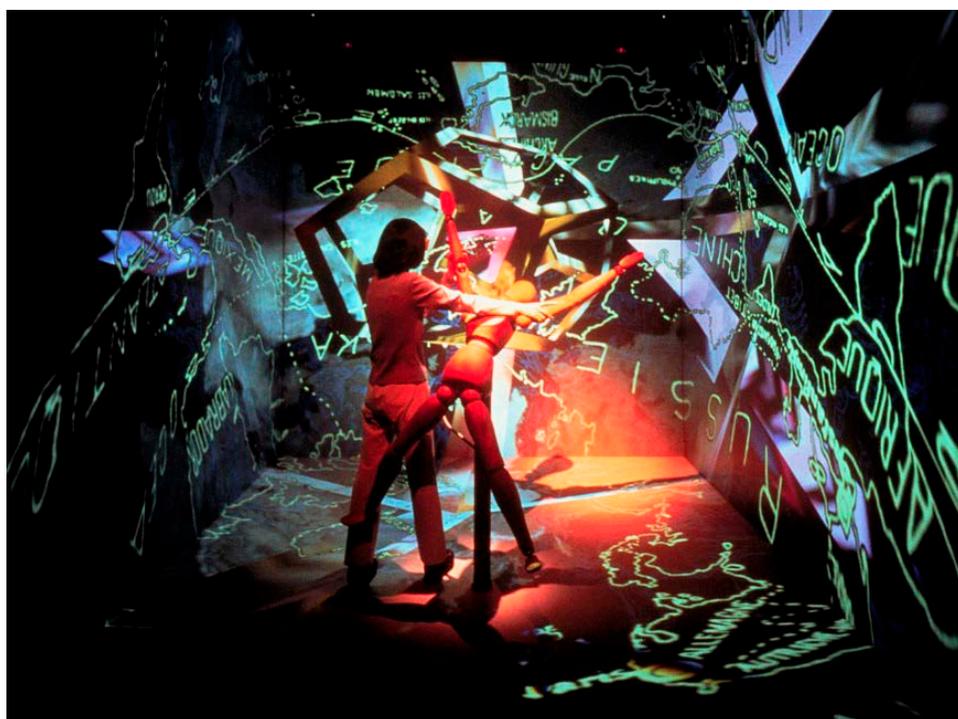


1996 (II) / En este caso Jeffrey Shaw, junto con sus colaboradores, Agnes Hegedus y Bernd Lintermann, presenta la obra *conFIGURINGthe CAVE*<sup>1</sup>, para este trabajo utiliza un sistema CAVE de cuatro lados añadiéndole un maniquí como interfaz.

**Campo:** Artístico

Figura 60

Fuente: <https://www.jeffreys-hawcompendium.com/portfolio/configuring-the-cave/>



1996 (III) / Eduardo Kac expone *Rara Avis*, una de las primeras obras en utilizar telepresencia con cascos de realidad aumentada con sistema de video see-through. El usuario, por medio del casco, puede visualizar lo que estaría “viendo” el ave robótica dentro de una jaula, adoptando su punto de vista.

**Campo:** Artístico

Figura 61

Fuente: <http://www.ekac.org/raraavis.html>



1997 (I) / Investigadores de la Universidad de Columbia presentan *The Touring Machine* (MARS). Utiliza un sistema de visión de tipo see-through que combina directamente la imagen real con gráficos 2D y 3D proyectados en una pantalla transparente. El sistema consta de un Head Mounted Display con tracker, una cámara, una mochila con una PC, batería, GPS, antena comunicación wireless para acceso web y una computadora hand-held con pantalla táctil.

**Campo:** Científico



Figura 62

(Arth, y otros, 2015)

1997 (II) / Ronald Azuma desarrolla una definición formal del término *Realidad Aumentada* en el artículo "A Survey of Augmented Reality".

Está definida por tres características principales:

- Combina lo real y lo virtual
- Es interactivo en tiempo real
- Tiene un registro tridimensional

**Campo:** Científico

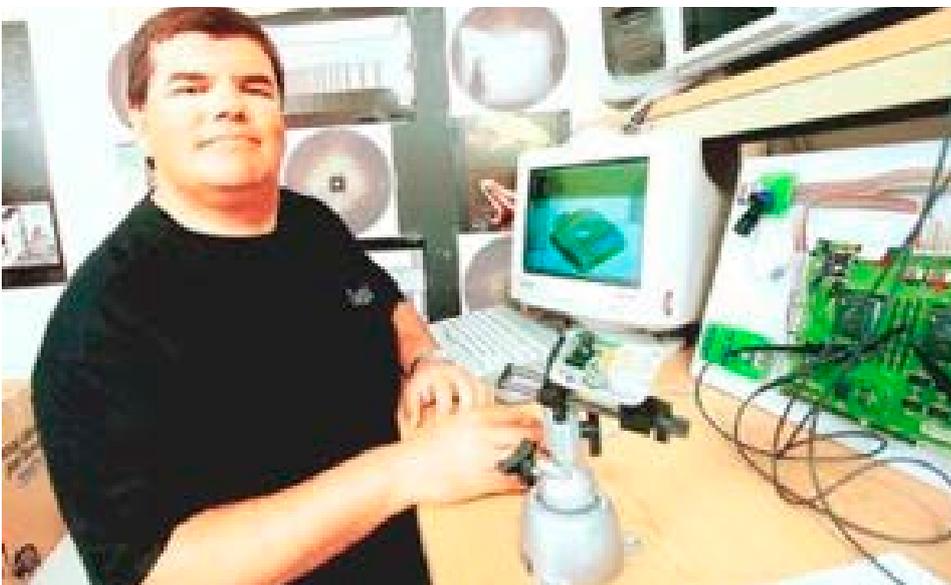


Figura 62

, (Arth, y otros, 2015)

Figura 63

Fuente: <http://www.wikiwand.com/en/DisneyQuest>



1997 (III) / Philippe Kahn inventa el *Camera Phone*, un smartphone con cámara que permite tomar fotografías.

**Campo:** Científico

1998 (I) / Disney abre el primero de sus DisneyQuest o centro de ocio familiares con diversas atracciones de realidad virtual, usando tanto dispositivos con casco HMD como basados en proyección.

**Campo:** Videojuegos

1998 (II) / Se presenta el VR-CUBE en el Instituto Real de Tecnología de Suecia, fue el primer sistema CAVE en utilizar seis lados. Fue construido por la German Company TAN Projektionstechnologie GmbH & Co. KG

**Campo:** Científico

Figura 64

Fuente: <http://www.ncsa.illinois.edu/People/tcoffin/DOC/RIT/images/>



1999 / Kato y Billinghurst desarrollan ARToolKit en el HitLab, una librería de tracking visual de 6 grados de libertad que reconoce marcas cuadradas mediante patrones de reconocimiento. Debido a su liberación bajo licencia GPL se hace muy popular y es ampliamente utilizada en el ámbito de la Realidad Aumentada. Se presenta en SIGGRAPH de ese año.

**Campo:** Científico

2000

Bruce Thomas con un grupo de investigadores de la University of South Australia presentan AR-Quake, desarrollado a partir del motor original del juego Quake, que permite jugar en primera persona en escenarios reales. El registro se realizaba empleando una brújula digital, un receptor de GPS y métodos de visión basados en marcas. Los jugadores debían llevar un sistema de cómputo portátil en una mochila, un casco de visión estereoscópica y un mando de dos botones. Es el primer juego al aire libre con dispositivos móviles de realidad aumentada, se presenta en el International Symposium on Wearable Computers.

**Campo:** Científico -Videojuegos



Figura 62

(Arth, y otros, 2015)

Figura 65

Fuente: <http://www.wikiwand.com/en/DisneyQuest>

2001 / Vlahakis et al. presentan Archeoguide, una aplicación de guías turísticas electrónicas basadas en Realidad Aumentada. El sistema está construido alrededor del sitio histórico de Olimpia, Grecia proporcionando información personalizada basada en el contexto, y muestreando reconstrucciones de edificios y objetos 3D mediante una base de datos multimedia. La comunicación se realiza mediante WLAN y utiliza GPS para la localización. El sistema es altamente escalable, permitiendo diferentes dispositivos de visualización, HMD, palmtop y Pocket PCs.

**Campo:** Científico

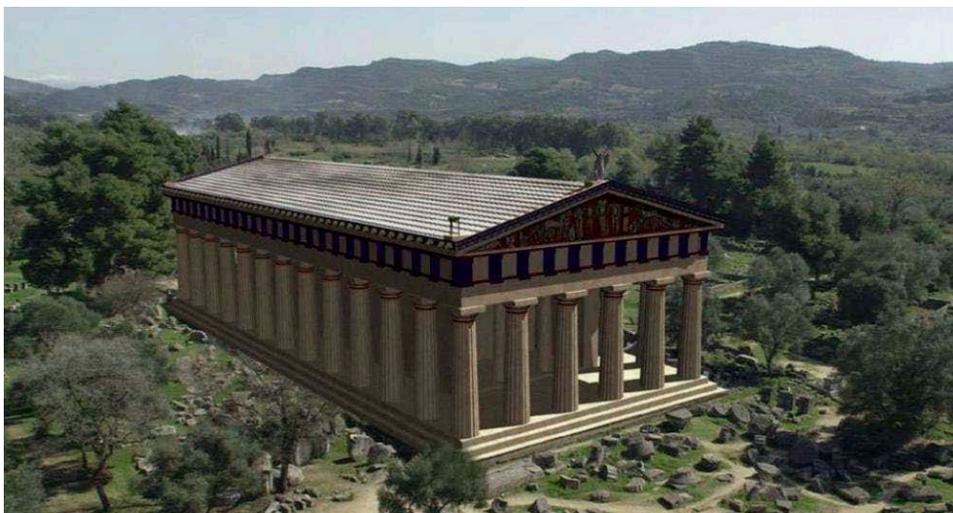


Figura 66

(González Morcillo, Vallejo Fernández, Alonso Albusac Jiménez, & Castro Sanchez, 2013)

## 2002 (I)

Michael Kalkuschet *al.* presentan un sistema de realidad aumentada móvil que sirve para guiar a un usuario a través de un edificio desconocido hasta una habitación de destino. El sistema presenta un modelo de estructura de alambre del edificio etiquetado con información direccional que se muestra por medio de un dispositivo de casco see-through. El seguimiento se realiza mediante una combinación de marcadores AR-Toolkit montados en la pared que son vistos por una cámara montada en la cabeza y un sensor inercial.

Figura 67

(Arth, y otros, 2015)



2002 (II) / Golan Levin y Zachary Lieberman, con la producción del ArsElectronicaFuturelab, desarrollan *HiddenWorldsofNoise and Voice*<sup>15</sup>. Es una instalación interactiva formada por una mesa con una proyección cenital y una serie de lentes de Realidad Aumentada que permiten a los participantes ver cómo los sonidos que se producen al hablar se convierten en formas de colores que flotan en el espacio, proyectando sombras virtuales sobre la mesa.



Figura 68

Fuente: <https://wearables.unisa.edu.au/projects/ar-quake/>

2003 (1) / Comienza a desarrollarse la *Reactable*, que es un instrumento musical electrónico colaborativo de virtualidad aumentada que funciona con una interfaz tangible. Fue desarrollada por un equipo de investigación en la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona. Sergi Jordà, Günter Geiger, Martin Kaltenbrunner y Marcos Alonso presentaron el proyecto por primera vez en un concierto público en la International Computer Music Conference 2005 en Barcelona. En 2009, se fundó la empresa ReactableSystems que vende una versión comercial del proyecto.

La Reactable consta de un tablero semi translúcido, retroproyectado, que por medio de cámaras y un software de computervision, también desarrollado por ellos (ReacTIVision), permite capturar la superficie del tablero buscando patrones bitonales (fiduciales) colocados en los objetos. Estos patrones permiten que el sistema pueda obtener la posición y rotación de dichos objetos (cubos).

**Campo:** Científico - Artístico



2003 (II) / Siemens lanza al mercado el teléfono SX1, que venía con el juego Mozzies (también conocido como Mosquito Hunt), el primer videojuego de Realidad Aumentada para teléfonos móviles. El juego permite superponer mosquitos virtuales a la capturada que realiza la cámara integrada en el teléfono. Este juego fue premiado como el mejor videojuego para teléfonos móviles en este año.

**Campo:** Videojuegos

Figura 70

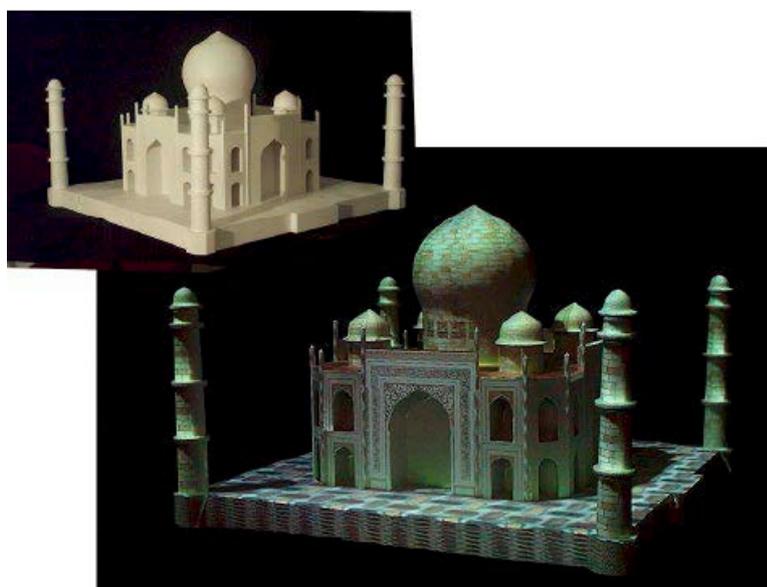
(González Morcillo, Vallejo Fernández, Alonso Albusac Jiménez, & Castro Sanchez, 2013)



2003 (III) / Ramesh Raskaret *al.* presentan iLamps, el primer prototipo de objetos aumentados mediante un sistema portátil de cámara y proyector (mapping). Mediante el uso del proyector y la cámara, el sistema puede calcular las deformaciones y los cambios de iluminación que deben aplicarse sobre la superficie a mapear. **Campo:** Científico

Figura 71

(Bimber & Raskar, 2005)



2003 (IV) / Golan Levin en colaboración con Zachary Lieberman, Joan LaBarbara y JaapBlonk, crean la obra titulada *Messa di Voce*. Es una instalación interactiva donde se produce la aumentación de los sonidos emitidos por el performer (en este caso JaapBlonk)<sup>16</sup> en forma de imágenes proyectadas con las cuales se puede interactuar.

**Campo:** Artístico

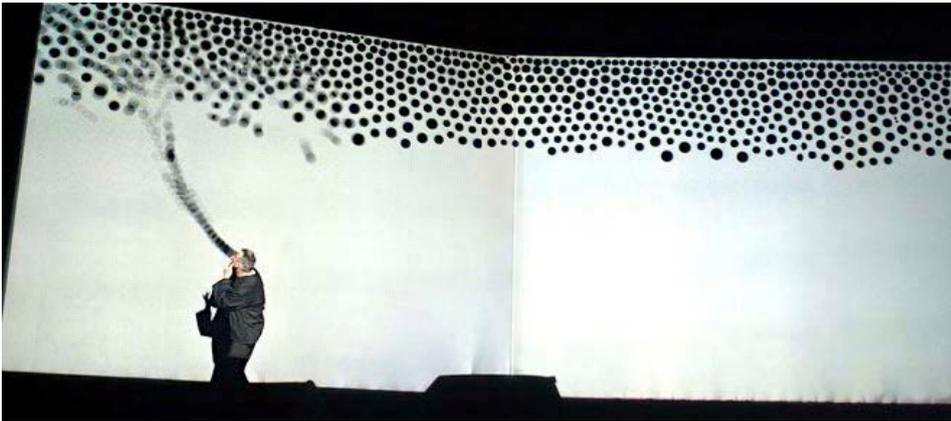


Figura 72

Fuente: <http://www.flong.com/projects/messa/>

2004 (I) / Adrian David Cheok et al., investigadores de la Universidad Nacional de Singapur, desarrollan el juego *Human Pacman*. Es un sistema de entretenimiento móvil ubicuo interactivo, que se basa en la detección de posición y perspectiva a través de un sistema de posicionamiento global y sensores de inercia. Se conecta la computadora con el usuario por medio de Bluetooth y sensores capacitivos. El *PacMan* y los *fantasmas* son en realidad jugadores humanos que corren por la ciudad llevando computadoras y sistemas de visión.

**Campo:** Videojuegos



Figura 72

Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/light-speed-roadtrip-through-augmented-reality-171110092239/95/light-speed-roadtrip-through-augmented-reality-26-638.jpg?cb=1515801072>

2004 (II) / Mathias Mohring et al. presentan un sistema de seguimiento de marcadores 3D en un teléfono móvil. Este trabajo mostró el primer sistema de realidad aumentada de *video transparente* en un teléfono celular de consumo masivo. Admite la detección y diferenciación de distintos marcadores 3D y la correcta integración de gráficos renderizados 3D en la transmisión de video en vivo.

**Campo:** Científico

Figura 74

Fuente: <https://ai2-s2-public.s3.amazonaws.com/figures/2017-08-08/8ad212ed792352a57a589b5f23ae26d1570ae724/2-Figure2-1.png>



2004 (III) / En la SIGGRAPH 2004 se presenta el proyecto Invisible Train, realizado en la Universidad Técnica de Viena. Es el primer videojuego multiusuario para PDAs. Esta aplicación se ejecutaba totalmente en las PDAs, sin necesidad de servidores adicionales para realizar procesamiento auxiliar. Los jugadores controlan trenes virtuales y deben intentar evitar que colisione con los trenes de otros jugadores.

**Campo:** Científico

Figura 75

Fuente: [https://studierstube.icg.tugraz.at/invisible\\_train/images/crw\\_8027.jpg](https://studierstube.icg.tugraz.at/invisible_train/images/crw_8027.jpg)

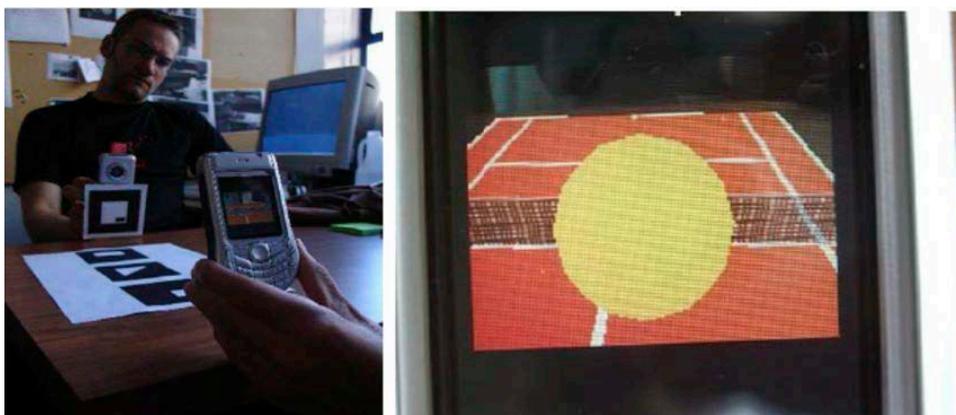


2005 / AndersHenrysson adapta la biblioteca ARToolkit para poder funcionar en Symbian, utilizando esta tecnología crea el juego AR-Tennis. El videojuego gana el premio internacional *Independent Mobile Gaming* el mismo año.

**Campo:** Videojuegos

Figura 76

Fuente: [https://www.researchgate.net/profile/Hartmut\\_Seichter/publication/288150355/figure/fig5/AS:319185797304326@1453111232341/Playing-AR-tennis-Hitting-the-ball-over-the-net.png](https://www.researchgate.net/profile/Hartmut_Seichter/publication/288150355/figure/fig5/AS:319185797304326@1453111232341/Playing-AR-tennis-Hitting-the-ball-over-the-net.png)



2007 (I) / Pablo Valbuena desarrolla en el Interactivos del Medialab Prado la obra *Augmented Sculpture*<sup>17</sup>, que consta de una estructura de prismas aumentada con mapping de proyección.

**Campo:** Artístico

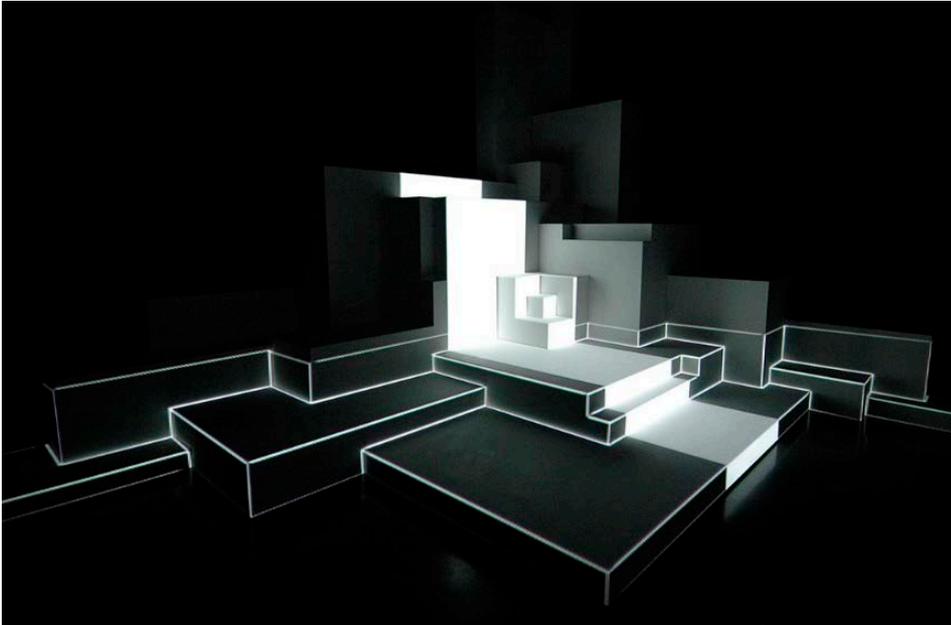


Figura 77

Fuente: <http://www.pablo-valbuena.com/selectedwork/augmented-sculpture-v1/>

2007 (II) / La obra de Chris Sugrue, *Delicate Boundaries*, recibe una mención honorífica en el premio VIDA de la Fundación Telefónica. La obra es una instalación interactiva de virtualidad aumentada que utiliza el cuerpo como una extensión de un ecosistema de organismos digitales. Por medio de un proyector montado sobre el espacio de la instalación, los organismos simulados “pueden desplazarse” de la pantalla al cuerpo humano.

**Campo:** Artístico

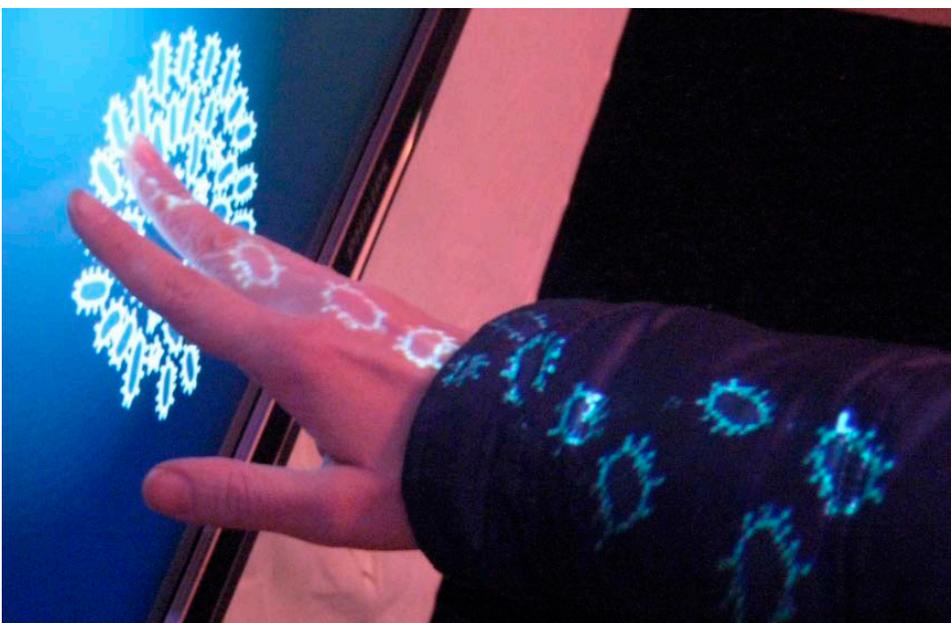


Figura 78

Fuente: <http://csugrue.com/delicateboundaries/>

2008 (I) / Mobilizy crea *AR Wikitude Guía*, que sale a la venta el 20 de octubre de 2008 con el teléfono Android G1. Wikitude es una aplicación que aumenta la información del mundo real, superponiendo datos en tiempo real en la cámara del teléfono, con datos obtenidos de entradas de Wikipedia.

**Campo:** Científico

Figura 79

Fuente: <https://cdn.intermundial.es/blog/wp-content/uploads/2014/04/wikitude-app-realidad-aumentada1.jpg>



2008 (II) / Julian Oliver comienza a desarrollar el proyecto *The Artvertiser* en colaboración con Damian Stewart y Arturo Castro (uno de los fundadores de openFrameworks<sup>2</sup>). The Artvertiser es una plataforma de software de Realidad Aumentada que permite reemplazar, en tiempo real, la publicidad de la calle con imágenes de arte. Funciona entrenando al sistema para que pueda “reconocer” los anuncios publicitarios y luego intercambiarlos por imágenes y videos.

**Campo:** Artístico

Figura 80

Fuente: <https://theartvertiser.com/>





Figura 81

Fuente: <https://www.jeffreys-hawcompendium.com/portfolio/unmakeablelove/>

2008 (III) / Sarah Kenderdine y Sheffrey Shaw realizan la obra de virtualidad aumentada titulada UNMAKEABLELOVE. La infraestructura tecnológica utilizada para este trabajo es ReActor, una construcción hexagonal de 5 metros de diámetro y 2,5 metros de altura, con seis pantallas retro proyectadas y visualización tridimensional estereoscópica. La instalación utiliza seis linternas, montadas en frente de estas pantallas, permitiendo que el visitante pueda interactuar viendo el mundo virtual. Para la realización utilizaron un motor de videojuego para el diseño visual y algoritmos de vida artificial para los comportamientos.

**Campo:** Artístico



Figura 82

Fuente: <https://theartvertiser.com/>

2009 (I) / SPRX mobile lanza al mercado una variante avanzada de Wikitude llamada *Layar*, que utiliza el mismo mecanismo de registro que Wikitude (GPS + Brújula electrónica). Layar define un sistema de capas que permite representar datos de diversas fuentes globales (como Wikipedia o Twitter), estas capas serían el equivalente a los sitios web de los navegadores habituales.

**Campo:** Científico

2009 (II) / Saqoosha portaAR Toolkita Adobe Flash (FLARToolkit), de esa forma la realidad aumentada comienza a utilizarse en los navegadores Web.

**Campo:** Científico

Figura 83

Fuente: <https://interaccionaumentada.files.wordpress.com/2012/04/earth.jpg>



2009 (III) / Kimberly Spreenet *al.* desarrollan ARhrrrr!, el primer juego móvil de AR con contenido de alta calidad, comparable al nivel de los videojuegos comerciales. Utilizan un kit de desarrollo NVIDIA Tegra ("Concorde") con una GPU rápida. Todo el procesamiento, excepto el seguimiento, se ejecuta en la GPU, lo que hace que la aplicación pueda funcionar a altas tasas de fotogramas en un dispositivo móvil estándar.

**Campo:** Videojuegos

Figura 84

Fuente: <http://www.deathlord.it/public/dblog/2008/image/ARRHrrrr.jpg>



2009 (IV) / El estudio español Novorama crea el videojuego de realidad aumentada *Invizimals* para la PSP (PlayStation Portable). Este juego emplea marcas para registrar la posición de la cámara empleando tracking visual. Es uno de los primeros juegos de realidad aumentada en ser un éxito comercial en Europa.

**Campo:** Videojuegos



Figura 85

Fuente: [https://as01.epimg.net/meristation/imagenes/2009/12/18/noticia/1261145760\\_900571\\_1530403074\\_sumario\\_normal.jpg](https://as01.epimg.net/meristation/imagenes/2009/12/18/noticia/1261145760_900571_1530403074_sumario_normal.jpg)

2009 (V) / Ray y NurullaLatypov crean el VirtuSphere<sup>®</sup>. Consiste en una esfera hueca que se coloca en una plataforma especial que permite que la esfera gire libremente en cualquier dirección según los pasos del usuario. Se utiliza con dispositivos de realidad virtual permitiendo trackear la posición del usuario.

**Campo:** Científico - Videojuegos

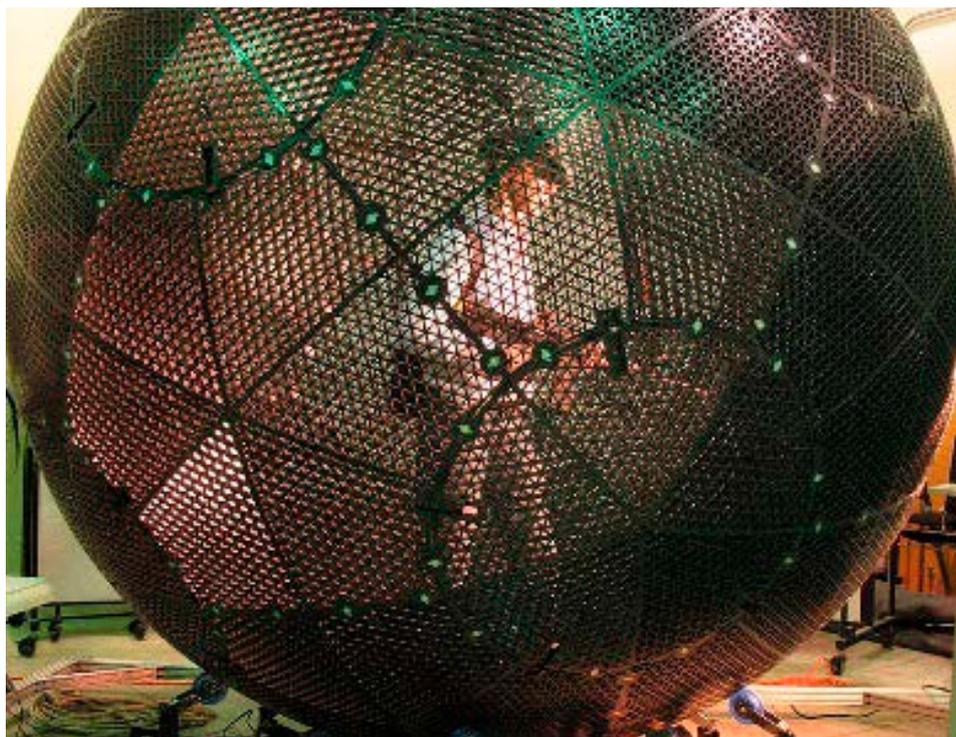


Figura 86

Fuente: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/13/Virtusphere.jpg/800px-Virtusphere.jpg>

2010 (I) / El 9 de octubre de este año Sender Veenhof y Mark Skwarek inauguran una muestra no oficial llamada *WeARinMoMA* en el MoMA. Utilizan técnicas de geolocalización, mediante el sistema de posicionamiento global (GPS), con dispositivos móviles provistos de cámaras y pantallas. Intervienen el legitimado espacio de exposición mediante una aplicación de realidad aumentada que permite ver sus obras virtuales plasmadas en dicho lugar.

**Campo:** Artístico

Figura 87

Fuente: <http://www.sndrv.nl/moma/>



2010 (II) / Microsoft anuncia una estrecha colaboración con PrimeSense, una compañía israelí que trabaja en sensores 3D basados en luz estructurada, para suministrar su tecnología al "Proyecto Natal", luego llamado Kinect. La Kinect es un controlador para videojuegos creado por Alex Kipman, desarrollado por Microsoft para la videoconsola Xbox 360, y luego para PC a través de Windows. El dispositivo cuenta con una cámara RGB, un sensor de profundidad, un arreglo de micrófonos y un procesador personalizado que ejecuta el software, que proporciona captura de movimiento de todo el cuerpo en 3D, reconocimiento facial y capacidades de reconocimiento de voz.

**Campo:** Videojuegos

Figura 87

Fuente: <http://www.sndrv.nl/moma/>



2010 (III) / Joon Moon, utilizando el framework de desarrollo para artistas openFrameworks, realiza la obra de virtualidad aumentada *Augmented Shadow*. Utiliza un tipo de interfaz similar al utilizado por la *reacTable*, mediante el uso de objetos físicos (cubos blancos) como interfaz, puede intervenir la virtualidad del sistema que se visualiza sobre una pantalla tangible tipo mesa.

**Campo:** Artístico



Figura 89

Fuente: <https://joonmoon.net/Augmented-Shadow>

2011 (I) / Claire Bardainne y Adrien Mondot desarrollan la serie de trabajos que componen la muestra *XYZT AbstractLandscapes*, que luego en el 2015 se exhibiría por el mundo. Estos proyectos son una serie de instalaciones interactivas que utilizan principalmente simulación física y computervisión en base a dispositivos y cámaras de profundidad como la Kinect.

**Campo:** Artístico

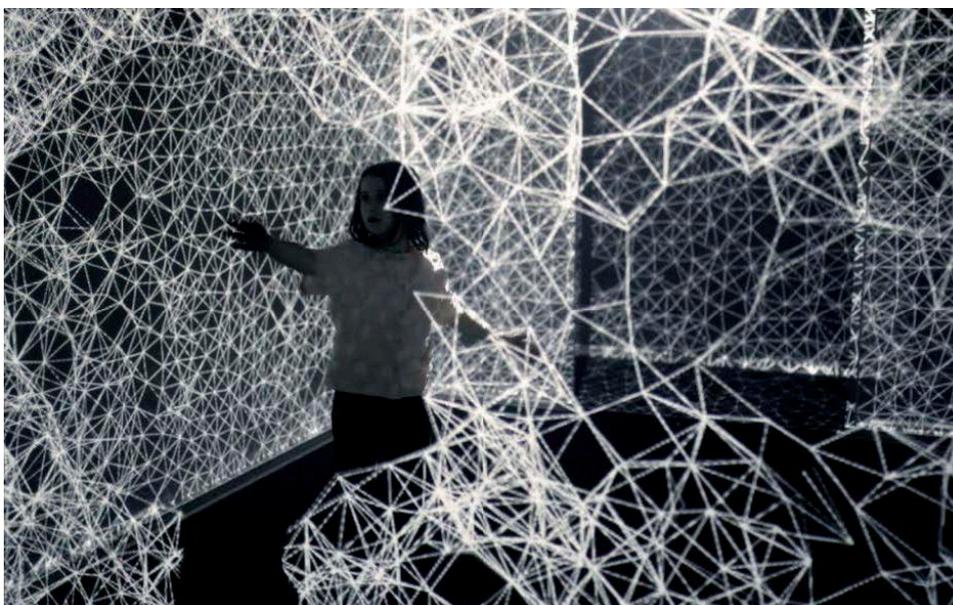


Figura 90

Fuente: <https://www.am-cb.net/projets/xyzt>

**2011 (II)** / El 27 de enero de 2011, Amir Baradaran se infiltró en el Museo del Louvre para transmitir, en vivo durante 52 segundos, su intervención virtual sobre la Mona Lisa de Leonardo da Vinci. Utilizando una aplicación de Realidad Aumentada para smartphone, *Frenchising Mona Lisa* busca cuestionar las nociones de identidad, iconografía y prácticas curatoriales dentro de los museos.

**Campo:** Artístico

Figura 91

Fuente: [http://amirbaradaran.com/ab\\_futarism\\_monalisa.php](http://amirbaradaran.com/ab_futarism_monalisa.php)

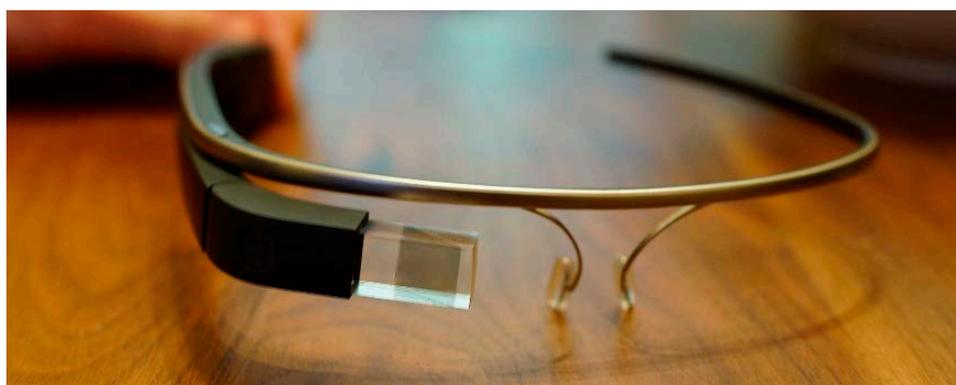


**2012 (I)** / Google Glass (también conocido como Google Project Glass) se presenta por primera vez al público. El dispositivo GoggleGlass es un HMD óptico que se puede controlar con un sensor táctil integrado o por medio de comandos de lenguaje natural. Después de su anuncio público, Google Glass tuvo un gran impacto en investigación.

**Campo:** Científico

Figura 92

Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/25/Google\\_Glass\\_Explorer\\_Edition.jpeg/1920px-Google\\_Glass\\_Explorer\\_Edition.jpeg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/25/Google_Glass_Explorer_Edition.jpeg/1920px-Google_Glass_Explorer_Edition.jpeg)



**2012 (II)** / En agosto de 2012, Palmer Luckey presentó el primer prototipo del casco de realidad virtual *Oculus Rift*. La versión pública se comenzó a comercializar en 2015. En 2016, Sony lanzó el PlayStation VR, mientras que HTC y Valve lanzaron el HTC Vive. Esto inició un nuevo rumbo en el desarrollo de videojuegos de Realidad Virtual.

**Campo:** Videojuegos



Figura 93

Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ae/Oculus\\_Rift\\_-\\_Developer\\_Version\\_-\\_Front.jpg/1280px-Oculus\\_Rift\\_-\\_Developer\\_Version\\_-\\_Front.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ae/Oculus_Rift_-_Developer_Version_-_Front.jpg/1280px-Oculus_Rift_-_Developer_Version_-_Front.jpg)

2013 (I) / Sale el VirtuixOmni<sup>19</sup>, que es un simulador omni direccional para juegos de realidad virtual. Utiliza una plataforma para simular la locomoción, es decir, el movimiento al caminar. Para su funcionamiento requiere zapatos especiales o cubiertas para zapatos y una superficie que reduce la fricción. Funciona con dispositivos de realidad virtual permitiéndole a los jugadores caminar o correr dentro del juego.

**Campo:** Videojuegos



Figura 94

Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Virtuix\\_Omni\\_Skyrim\\_%28cropped%29.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Virtuix_Omni_Skyrim_%28cropped%29.jpg)

2013 (II) / Ian Hutchinson crea Between Physical and Digital: AugmentedRealitySculpture. Interrelaciona objetos reales con otros generados por computadora mediante un dispositivo de realidad aumentada.

**Campo:** Artístico

Figura 95

Fuente: <http://www.ian-hutch.net/work.html>

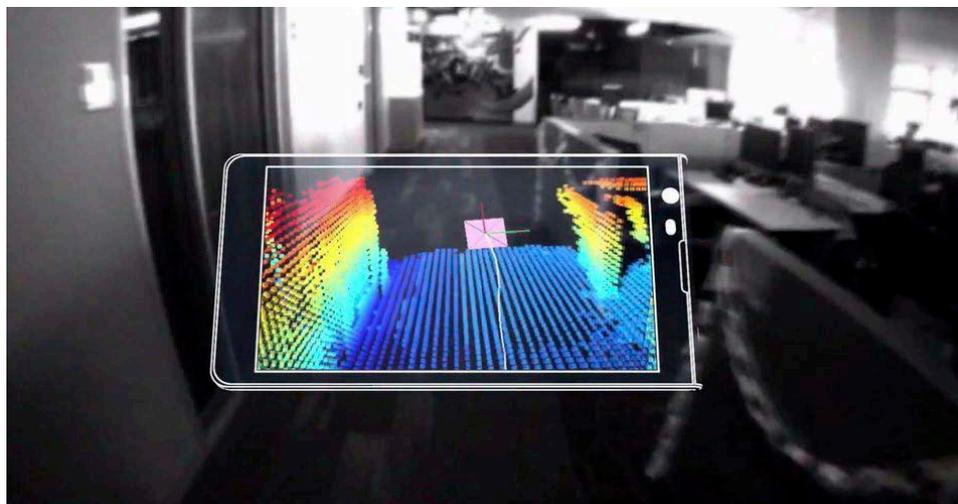


2014 (I) / En febrero, Google anuncia el Proyecto Tango, que es una tecnología de realidad aumentada basada en un smartphone Android equipado con un sensor 3D tipo Kinect. El dispositivo consta de sensores inerciales, sensor de profundidad, software integrado para seguimiento de movimiento, aprendizaje del entorno y percepción de profundidad.

**Campo:** Científico

Figura 96

Fuente: <https://tr3.cbsiatic.com/hub/i/r/2016/01/08/d86c6b40-edc3-4001-a83c-bcc0e-dfb7877/resize/770x/c105bfc1ae3851a9751e2e-d4f694c016/googletango.png>



2014 (II) / Sale la versión 1.0 del Google Cardboard, que es una plataforma de realidad virtual (VR) desarrollada por Google que permite armar la estructura del HMD utilizando cartón plegable y dos lentes. De esta manera se puede armar una estructura económica a la cual solo hay que incorporarle un smartphone, que es el que provee el hardware. Con el smartphone se pueden utilizar las aplicaciones de Android VR marcando una diferencia importante en relación con otros dispositivos, como Oculus Rift, que requieren de una computadora potente y un software específico para su uso.

**Campo:** Científico

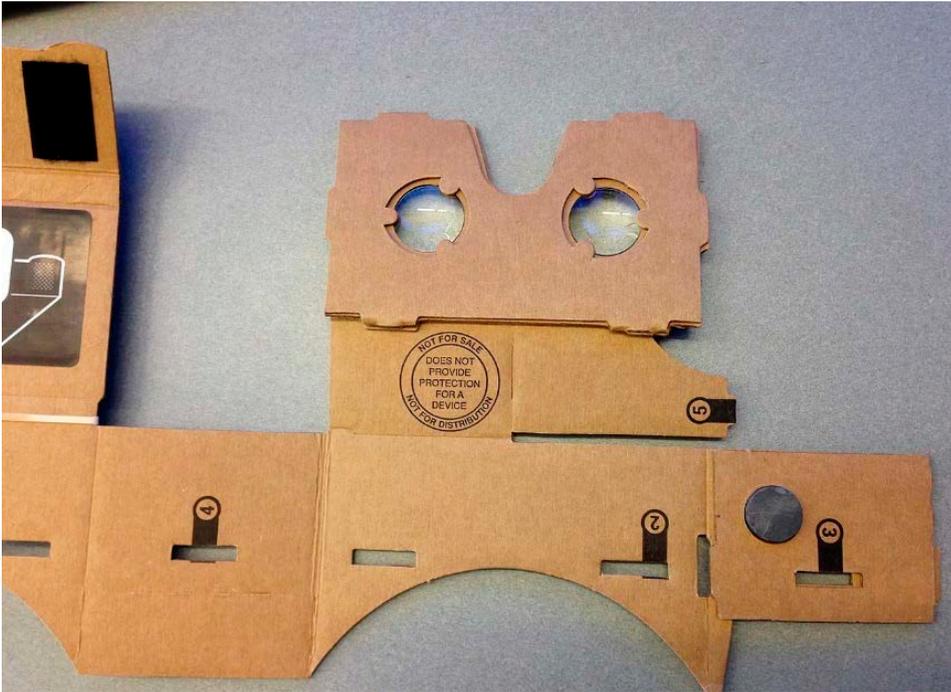


Figura 97

Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7a/Google\\_Cardboard\\_-\\_Fully\\_unfolded%2C\\_continued.JPG/1280px-Google\\_Cardboard\\_-\\_Fully\\_unfolded%2C\\_continued.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7a/Google_Cardboard_-_Fully_unfolded%2C_continued.JPG/1280px-Google_Cardboard_-_Fully_unfolded%2C_continued.JPG)

2015 (I) / Microsoft lanza los *HoloLens*, anteriormente conocidos como Project Baraboo. Es un visor de realidad mixta del tipo casco con display see-through (transparente), posee una cámara de profundidad con 120 grados de visión angular, cámara de video, un arreglo de 4 micrófonos y un sensor de luz ambiental. El HoloLens vendría a continuar la línea de desarrollo iniciado por los dispositivos Kinect y las Google Glass.

**Campo:** Científico - Videojuegos



2015 (II) / Nobumichi Asai et al. crean un proyecto de tracking y mapping de rostro en tiempo real llamado OMOTE<sup>20</sup>.

**Campo:** Científico - Artístico

Figura 99

Fuente: <https://www.nobumichiasai.com/post/138919147877/omote-real-time-face-tracking-projection>

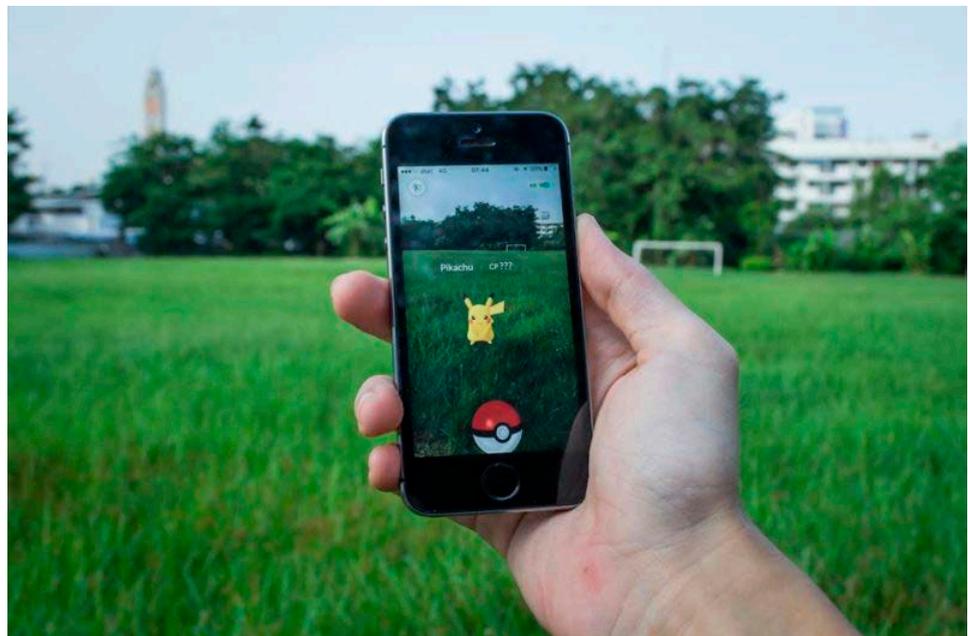


2016 / Niantic saca *Pokémon Go*, un juego de RA para móviles que alcanza un éxito sin precedentes en el género. El videojuego requiere que el jugador recorra las calles de su ciudad para descubrir toda clase de Pokemones, cuyas distintas especies aparecen dependiendo de la zona visitada. Las calles del mundo real aparecen representadas en Pokémon GO en forma de mapa, que muestra el lugar donde se encuentra el jugador y donde podrían haber nuevos Pokemones para capturar.

**Campo:** Videojuegos

Figura 100

Fuente: <https://cdn0.tn-wcdn.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2016/07/unnamed-796x531.jpg>



## Bibliografía

AA.VV. (2013). *Retro Gamer Videogames Hardware Handbook* (Vol. II). Imagine Publishing Ltd.

AA.VV. (2016). *Retro Gamer Videogames Hardware Handbook* (Segunda ed., Vol. I). Imagine Publishing Ltd.

Arth, C., Grasset, R., Gruber, L., Langlotz, T., Mulloni, A., Schmalstieg, D., & Wagner, D. (2015). *The History of Mobile Augmented Reality*. Graz: Institut für Computer Graphik und Wissensvisualisierung, Technische Universität Graz.

Azuma, R. (Agosto de 1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

Bimber, O., & Raskar, R. (2005). *Spatial Augmented Reality. Merging Real and Virtual Worlds*. Wellesley, Massachusetts: A K Peters, Ltd.

Causa, E., & Joselevich Puiggrós, F. (2013). *Interfaces y diseño de interacciones para la práctica artística*. Universidad Virtual de Quilmes.

DeMaria, R., & Wilson, J. L. (2003). *High Score!: The Illustrated History of Electronic Games* (Segunda ed.). McGraw-Hill Osborne Media.

Eddy, B. R. (2012). *Classic Video Games: The Golden Age 1971-1984*. Shire Publications.

González Morcillo, C., Vallejo Fernández, D., Alonso Albusac Jiménez, J., & Castro Sanchez, J. (2013). *Realidad Aumentada. Un Enfoque Práctico con ARToolKit y Blender*. España: Bubok Publishing S.L.

Herman, L. (1994). *Phoenix: The fall & rise of home videogames*. Rolenta Press.

Levy, D. (1995). *¿Qué es lo virtual?* Barcelona: Paidós.

Machado, A. (2005). El Imaginario Numérico. En I. H. García, *Estética, Ciencia y Tecnología. Creaciones Electrónicas y Numéricas* (págs. 47-70). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Manresa Yee, C., Abásolo, M., Más Sansó, R., & Vénere, M. (2011). *Realidad virtual y realidad aumentada. Interfaces avanzadas*. La Plata: Edulp.

Milgram, P., Kishino, F., Takemura, H., & Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. *Proceedings of SPIE*(2351), 282-292.

Page, R. (7 de 10 de 2018). Brief History of Flight Simulator. Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.132.5428&rep=rep1&type=pdf>

Shanken, E. A. (2013). *Inventar el futuro: Arte, Electricidad, Nuevos Medios*. (E. Reyes García, Trad.) Estados Unidos: Fran Ilich (Departamento de Ficción).

Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). *Understanding Virtual Reality*. San Francisco: Morgan Kaufmann.

## Notas

1. Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad\\_virtual](https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_virtual)
2. Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad\\_aumentada](https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_aumentada)
3. Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad\\_mixta](https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_mixta)
4. En el texto original es “Reality-Virtuality Continuum”
5. Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad\\_mixta](https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_mixta)
6. <http://worrydream.com/refs/Sutherland%20-%20The%20Ultimate%20Display.pdf>
7. Traducción propia. Fuente: [http://90.146.8.18/en/archives/center\\_projekt\\_ausgabe.asp?iProjectID=11224](http://90.146.8.18/en/archives/center_projekt_ausgabe.asp?iProjectID=11224)
8. [https://www.youtube.com/watch?v=bMDr\\_CFFgWE](https://www.youtube.com/watch?v=bMDr_CFFgWE)
9. Entrevista a Thomas Furness: <http://voicesofvr.com/245-50-years-of-vr-with-tom-furness-the-super-cockpit-virtual-retinal-display-hit-lab-virtual-world-society/>
10. <https://www.youtube.com/watch?v=6I17Y4MS4aU>
11. <https://vimeo.com/137915674>
12. <https://www.youtube.com/watch?v=JXX7JNFD2X8&t=7s>
13. <https://www.youtube.com/watch?v=paaacEIF6wU>
14. <https://www.youtube.com/watch?v=54O4VP3tCoY>
15. <https://vimeo.com/17229647>
16. <https://www.youtube.com/watch?v=STRMcmj-gHc>
17. <https://www.youtube.com/watch?v=KHWaH78Yt8Y>
18. <http://www.virtusphere.com/>
19. <http://www.virtuix.com/>
20. <https://vimeo.com/103425574>





HACER



# VIDEO MAPPING SOBRE OBJETOS COMPLEJOS EN PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA

**Lic. Juan José María Tirigall**

Proyecto de investigación “Video Mapping Interactivo”.

Director Tarcisio Lucas Pirotta, Codirector Matías Romero Costas.

Área Transdepartamental de Artes Multimediales

Universidad Nacional de las Artes, Buenos Aires (Argentina)

Av. Don Pedro de Mendoza 679, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

[tirigall@gmail.com](mailto:tirigall@gmail.com)

## RESUMEN

La investigación consistirá en la descripción de técnicas esenciales y en la búsqueda de antecedentes de proyectos de video mapping que puedan incluirse dentro de las categorías de “video mapping sobre objetos complejos” en una escala de objetos medianos y pequeños. Esta documentación permitirá clasificar el conjunto de proyectos seleccionados en distintos tipos de categorías que serán discriminadas en relación a dichas técnicas.

*video mapping (mapeo de video)*

*projection mapping (mapeo de proyecciones)*

*projection augmented model (modelo de proyección aumentada)*

*spatial augmented reality (realidad espacial aumentada)*

*shader lamps (lámparas de sombreado)*

## Introducción

Para este trabajo voy a utilizar la categoría video mapping para denominar la técnica común de los distintos proyectos. Sin embargo, también pueden utilizarse para designar procesos similares, con ciertas variaciones, las categorías de projection mapping (mapeo de proyecciones), projection augmented model (modelo de proyección aumentada) o spatial augmented reality (realidad espacial aumentada). Dentro de esta última categoría la técnica de shader lamps (lámparas de sombreado), utilizada para mapear objetos dinámicamente, tendrá una descripción aparte. El video mapping, entendido en estos términos, hace referencia a la utilización de técnicas de proyección de luz que permiten disponer texturas de video sobre objetos tridimensionales.

En algunos tipos de video mapping, esas proyecciones suelen hacerse utilizando determinadas técnicas que permitan, o buscan, simular que la imagen proyectada pertenezca al propio objeto. Esto básicamente se logra manipulando la proyección para que encaje en el objeto y transformando la perspectiva, junto a las luces y sombras generadas, para que pueda generarse dicha la ilusión. En este trabajo voy a hacer referencia principalmente a este tipo de video mapping.

Los usos de estas técnicas entran dentro del espectro de realidades mixtas propuesto por Milgram y Kishino, en estos casos se suele utilizar el término realidad aumentada espacial para referirse al uso del video mapping como elemento dentro de un sistema de realidad aumentada. En estos casos se busca investigar la relación escultórica del objeto mapeado y la proyección acoplada a él, donde lo que interesa es la proyección superpuesta a la forma, una forma escultórica donde la luz proyectada debe acoplarse a la forma preexistente.

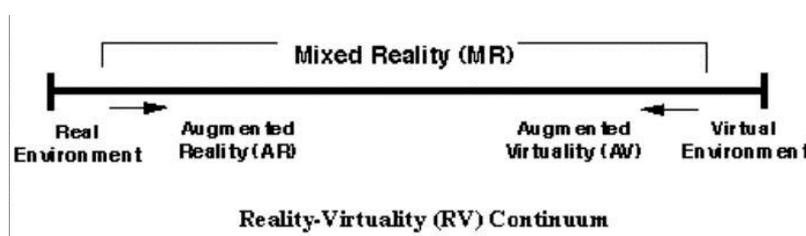
## 2. Realidades Mixtas

La realidad aumentada hace referencia al uso de técnicas con un conjunto de dispositivos que añaden información digital a los elementos físicos existentes. Se la puede entender como un entorno físico aumentado con elementos virtuales que se acoplan perceptivamente a este. Según Milgram, la realidad aumentada es parte del espectro de posibilidades dentro del Reality-Virtuality Continuum, sistema ideado por los autores para describir lo que denominan como entornos de Realidades Mixtas. En lugar de tomar los conceptos de Entorno Virtual y de Entorno Físico como antítesis, se los piensa como opuestos dentro de dicho sistema continuo, el espectro generado por esta oposición es lo que denominan Realidades Mixtas como mencioné anteriormente.

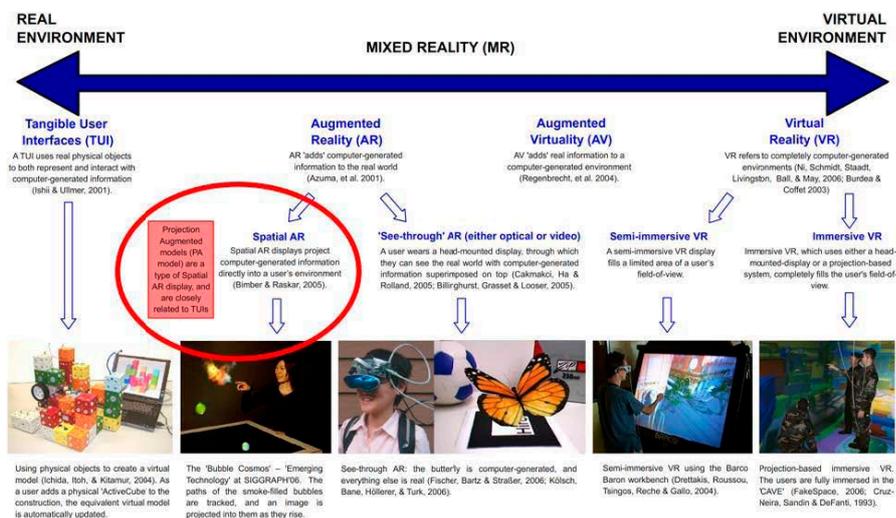
Figura 1

Representación simplificada del RV Continuum.

(Milgram, Kishino, Takemura, & Kishino, 1994, pág. 283)



A la izquierda del cuadro se encuentran solamente los objetos reales (físicos), es cuando se observa el mundo real (físico) en persona o con algún dispositivo mediador como el video. A la derecha están los ambientes donde solamente hay objetos virtuales, simulaciones, sean vistos en pantalla o con sistemas inmersivos como cascos de Realidad Virtual. Entre estos extremos se encuentran las Realidades Mixtas (Mixed Reality), que son el espacio de posibilidades que surge a partir de las vinculaciones entre el entorno real (espacio físico) y los entornos virtuales. Más próximo a los entornos físicos está la categoría de realidad aumentada, a la cual pertenece la subcategoría de realidad aumentada espacial, que es donde se encontrarían ubicados los proyectos que serán analizados. La Fig. 2 muestra una interpretación del esquema anterior con ejemplificaciones de las categorías descriptas. En la misma podemos ver, remarcado en rojo, donde se encontraría ubicada la categoría realidad aumentada espacial dentro del espectro de realidades mixtas.



Los sistemas basados en realidad aumentada espacial proyectan la información digital (por ejemplo, modelos 3D) sobre los objetos físicos, esto tiene como ventaja respecto a otros sistemas de realidad aumentada en que el usuario no tiene que llevar consigo ningún dispositivo, como cascos, lentes o pantallas, para poder interactuar con la experiencia de aumentación.

### 3. Descripción Básica de las Técnicas de Proyección

En este apartado voy a hacer una breve descripción general de las técnicas que comúnmente se utilizan en proyectos de video mapping, sean para escalas pequeñas o para escalas monumentales como el mapping de fachadas arquitectónicas. Varias de estas técnicas son utilizadas en los ejemplos que voy a ir citando en este trabajo, de todas formas, en la descripción de los mismos voy a comentar las cuestiones técnicas particulares en los casos que considere relevante.

Un proyecto de video mapping puede resolverse de formas diversas, sin embargo, el objetivo final es adaptar la proyección a la superficie del objeto a mapear, pudiéndose utilizar distintas técnicas para lograrlo.

### Proceso esencial:

1. Captura de la información del objeto a mapear
2. Creación de las plantillas y/o modelos 3D
3. Proyección y transformación de las imágenes proyectadas
  - (a) Pintado Directo
  - (b) Warping:
    - (I) Quad Warp
    - (II) Mesh Warp

El proceso descrito se adaptará a las necesidades del proyecto, por ejemplo, en ciertos casos solamente será necesario la proyección, como sucede con la técnica de Pintado Directo.

### 3.1. Captura de la información del objeto a mapear

Obtenemos una muestra digital del modelo (objeto), algunas técnicas que se suelen utilizar son:

1. Realización de imágenes vectoriales del modelo: Se hace un dibujo vectorial 2D sobre la superficie que se quiere mapear. Esta imagen es la que se utilizará luego como plantilla 2D para hacer los warplings.
2. Captura fotográfica con corrección óptica: Se toman fotografías desde el mismo punto donde estará ubicado el proyector, utilizando la misma longitud focal y la misma distancia. Luego con un editor de imágenes de mapa de bits se hacen las correcciones ópticas y de perspectiva necesarias. Desde estos archivos se puede hacer la plantilla 2D y utilizarla como referencia para el armado del modelo 3D.
3. Escaneado 3D, por ejemplo, con cámara de profundidad (Kinect). Para digitalizar los objetos también se puede utilizar un escáner 3D o cámaras tipo Kinect. El archivo resultante se utiliza como base para el modelo 3D.

### 3.2 Creación de las plantillas y/o modelos 3D

El modelo 3D y la plantilla 2D son los elementos que servirán de base para la creación de los contenidos que serán mapeados. La plantilla 2D se realiza mediante algún software de dibujo vectorial en base a las fotografías realizadas, luego se utilizará como guía para hacer los warplings. El modelo 3D se crea con un software de modelado 3D tomando como referencia el dibujo 2D y las fotografías. El modelo 3D aportará la información vinculada a las luces, las sombras y los efectos de perspectiva.

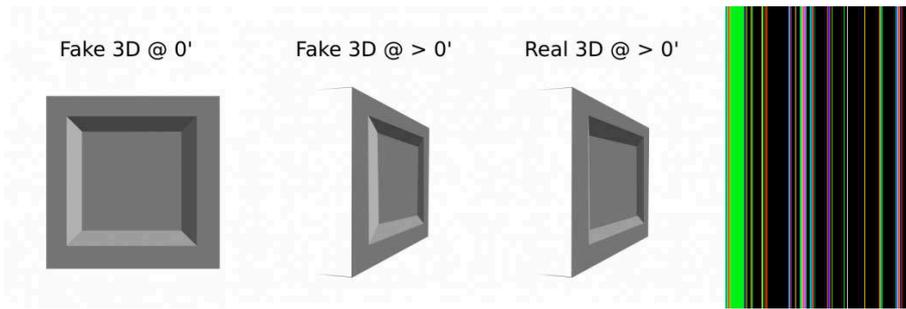


Figura 3

Fotografía del objeto, plantilla 2D y modelo 3D

### 3.3. Proyección y transformación de las imágenes proyectadas

Una de las técnicas de proyección más básicas es el Pintado Directo. Utilizando cualquier software de manipulación de imágenes de mapa de bits se van editando las imágenes o pintando directamente sobre el modelo, viendo las transformaciones directamente sobre él, de alguna manera es utilizar al propio modelo como pantalla. Este método no requiere calibración, pero es imprescindible no mover ni el proyector ni el objeto una vez hecho el mapping. Por otra parte, el efecto 3D, si tuviese, solo se apreciaría desde un solo punto de vista, como puede verse en la Fig. 4 (Ignac, 2009).

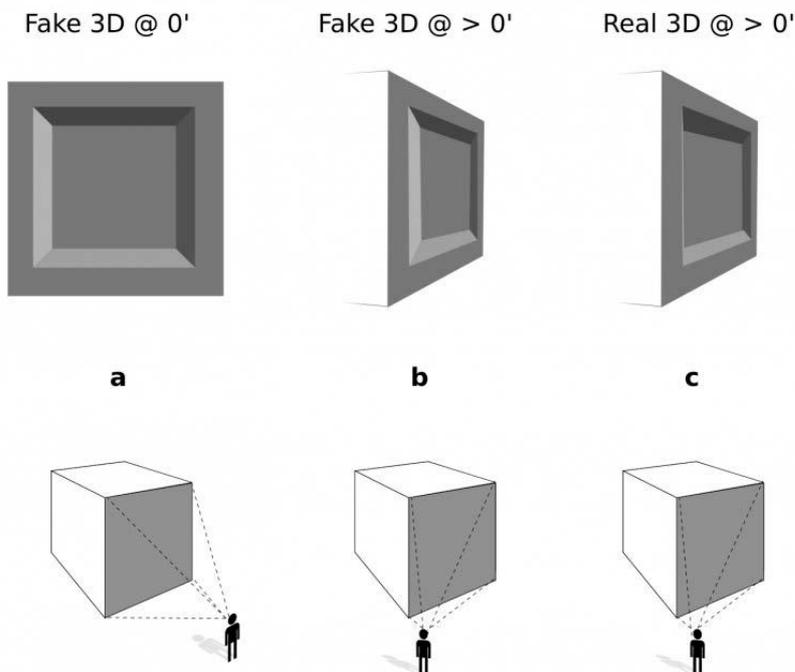


Figura 4

En la siguiente imagen puede verse como las imágenes proyectadas con efectos 3D generados por ordenador solo pueden apreciarse, en su correcta perspectiva, desde un solo punto de vista.

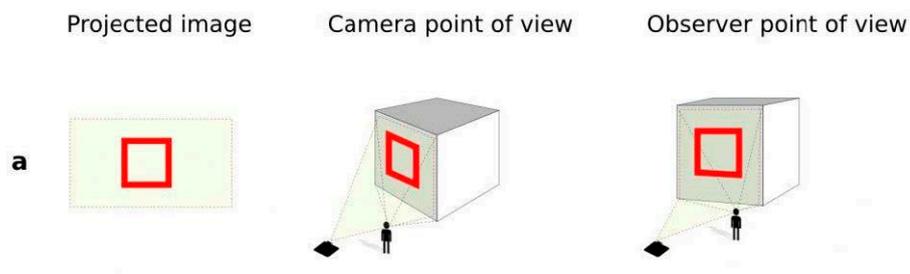
## Warping

Se denomina warping al proceso de transformaciones de las imágenes proyectadas para ajustarlas a las superficies de los modelos físicos. Hay dos métodos de warping, Quad Warp y Mesh Warp.

Estas técnicas permiten por un lado acomodar las proyecciones sobre los objetos mapeados y por el otro hacer las transformaciones pertinentes para compensar las deformaciones de la imagen proyectada cuando la proyección no es perpendicular a la pantalla, como muestran las figuras 4, 5 y 6 (Ignac, 2009).

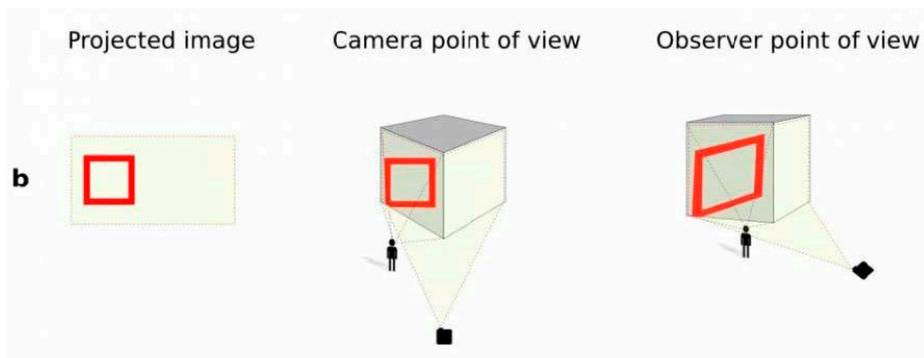
**Figura 5**

En este caso la proyección se realiza de forma perpendicular sobre la pantalla por lo que no se producen deformaciones.



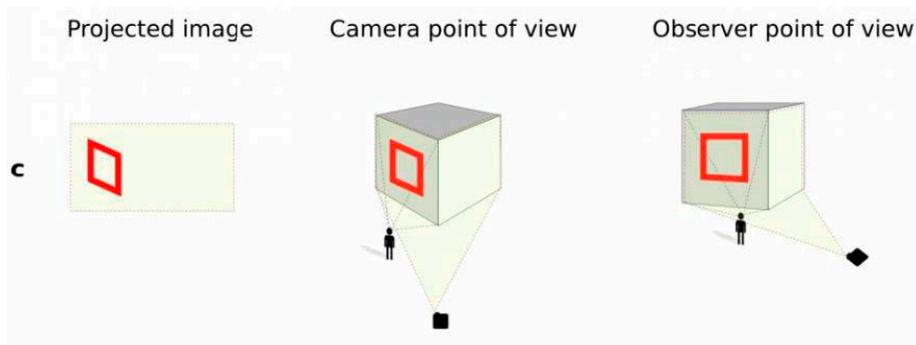
**Figura 6**

En este otro caso el proyector tiene un ángulo no perpendicular respecto a la pantalla observándose una deformación trapezoidal.



**Figura 7**

En este último ejemplo la imagen proyectada es transformada mediante técnicas de warping compensando las deformaciones trapezoidales.



## Quad Warp

Se basa en deformaciones trapezoidales, se manipulan cada uno de los cuatro nodos de los vértices de la imagen para hacerlos coincidir con la superficie del objeto o con las líneas de fuga de la perspectiva.



Figura 8

*Ejemplo de transformación quad warp*

## Mesh Warp

Esta técnica de warping consta de una maya de nodos que pueden ser manipulados para adaptarlos a la superficie a mapear.



Figura 9

*Ejemplo de transformación mesh warp*

## 4. Shader Lamps

Shader Lamps es un concepto creado por el equipo de investigación de Ramesh Raskar (Raskar, Welch, Bandyopadhyay, & Low, 2001): “Describimos un nuevo paradigma para gráficos tridimensionales por computadora, usando proyectores para animar gráficamente objetos físicos en el mundo real. La idea es reemplazar un objeto físico –con su color, textura y propiedades materiales por objeto neutral al cual se le proyectan imágenes, reproduciendo la apariencia original (o alternativa) directamente sobre el objeto. Debido a que el enfoque es efectivamente “realzar” las propiedades visuales del objeto utilizando dicha proyección, es que decidimos llamar al procedimiento *projectors shader lamps* (proyectores de lámparas de sombreado). Abordamos el tema central de la iluminación completa y continua de objetos físicos no triviales utilizando múltiples proyectores y presentando un conjunto de nuevas técnicas que hacen práctico el proceso de iluminación.”<sup>1</sup>

La técnica de *shader lamps* es un caso particular dentro de la realidad espacial aumentada. La técnica consiste en imitar, mediante el uso de video mapping, las propiedades de color, textura y materialidad de un objeto. Para ello se utiliza como modelo para el mapeo un objeto blanco (o pintado de blanco) por las propiedades de reflexión de la luz. La técnica consiste básicamente en “pintar con luz” el objeto. Dependiendo del tipo de texturas que se utilicen el efecto puede o no depender del punto de vista del espectador. Los efectos de sombreado difuso, texturas y corrección de intensidad no dependen de dicho punto de vista, en cambio los reflejos especulares, donde se producen cambios en las propiedades de reflexión del modelo, sí dependen del punto de vista del usuario, por lo que es necesario utilizar técnicas de traqueo para lograr un efecto realista en ese sentido. En la Fig. 6 pueden verse dichos efectos, en la imagen del centro se simula un material plástico color rojo y en la imagen de la derecha un material metálico color verde, ambos proyectados sobre un jarrón de arcilla blanco.

Figura 10

(Izquierda) El objeto utilizado como modelo es un jarrón de arcilla pintado con un color blanco difuso (*mate*). (Centro y derecha) Efectos que dependen del punto de vista del espectador, como ser los reflejos especulares que produciría cada tipo de material. (Raskar, Welch, Bandyopadhyay, & Low, 2001)



### 4.1. Proceso de Realización

Para representar en tiempo real los objetos virtuales mapeados sobre las superficies físicas se necesita tener en cuenta la posición del espectador, los parámetros de proyección de los dispositivos de visualización y la

forma de los objetos reales. El procedimiento, basado en la publicación de Raskar (Raskar & Low, *Interacting with Spatially Augmented Reality*, 2001) puede resumirse de la siguiente manera:

#### Durante el pre-procesamiento:

- Creación de los modelos 3D en base a los objetos físicos.
- Colocar el proyector en la posición elegida.
- Utilizar técnicas para ajustar la posición de la perspectiva proyectada en relación al objeto físico.

#### Durante la ejecución de la aplicación:

- Capturar la posición del usuario.
- Modificar en tiempo real las imágenes proyectadas en relación a la posición del usuario.
- Modificar la intensidad de la iluminación por la superposición de las proyecciones cuando se usa más de un proyector.
- Modificar la luminosidad teniendo en cuenta la incidencia del haz de luz sobre el objeto físico.

Como se ve en el esquema anterior se parte de la construcción del modelo 3D, utilizando alguna de las técnicas ya descritas, como modelado con software 3D o escaneado 3D, en el caso de que las superficies sean transformables podrían utilizarse cámaras de profundidad (Kinect por ejemplo) para la captura 3D en tiempo real. Luego se coloca el proyector en la posición deseada y desde esa posición se hacen las transformaciones, con alguna de las técnicas ya mencionadas, de la imagen proyectada para que se acople con el objeto físico

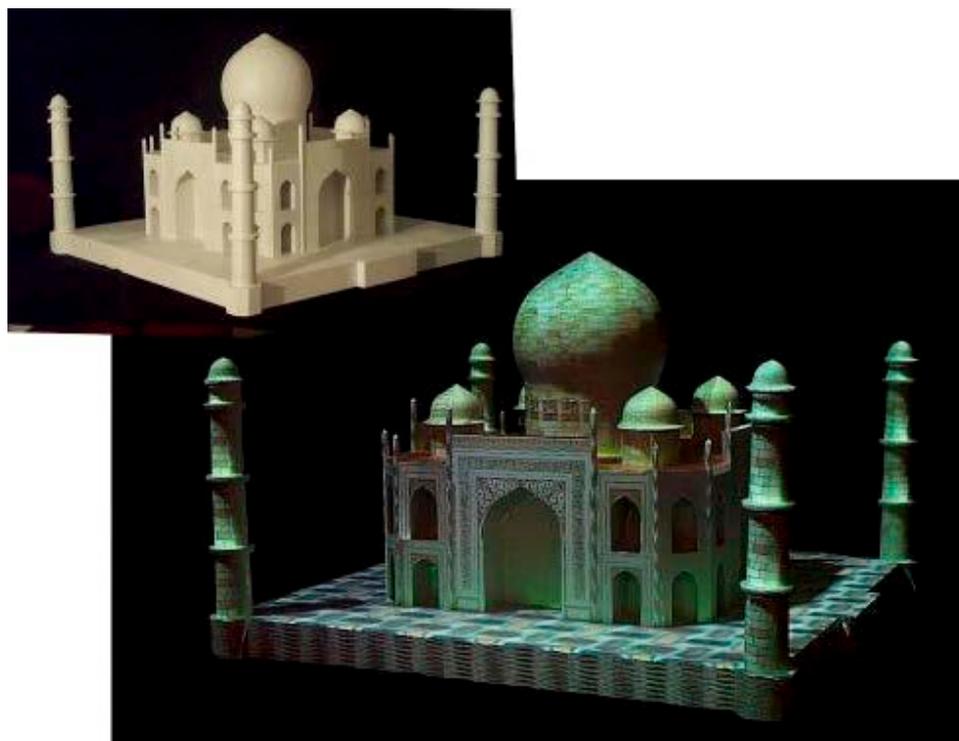
La iluminación completa de un conjunto de objetos suele requerir el uso de varios proyectores. Cuando las proyecciones de varios proyectores se superponen, la luminancia en la región de superposición puede ser mucho mayor que en regiones iluminadas por un solo proyector. Por lo tanto, además de la alineación geométrica entre las imágenes proyectadas, también es necesario lograr la normalización de la intensidad de luz.

Por otra parte, también tiene que corregirse la luminosidad de la imagen renderizada teniendo en cuenta la reflectancia sobre la superficie neutra del objeto, la orientación de la fuente de luz y la distancia al proyector. Las partes de la superficie del objeto que sean normales a la fuente de luz, donde el haz de luz forma un ángulo de 90 respecto al plano de la superficie, se verán más brillantes que las partes que estén iluminadas oblicuamente (con otros ángulos de incidencia de la luz), por lo tanto, tendrán que hacerse los cálculos correspondientes para compensar estas diferencias lumínicas.

En este video (merl, 1998) se muestran los ejemplos de las figuras 6 y 7 en funcionamiento y con una breve explicación de la técnica descripta.

Figura 11

Ejemplo de la utilización de *shader lamps*. La figura superior muestra un modelo de madera a escala reducida del Taj Mahal pintado de blanco mate. En la otra imagen el mismo modelo mapeado con la técnica de *shader lamps*. (Raskar, Welch, Bandyopadhyay, & Low, 2001)



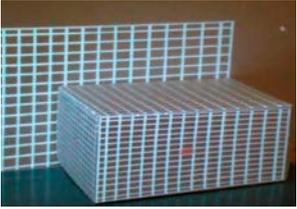
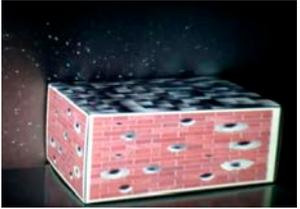
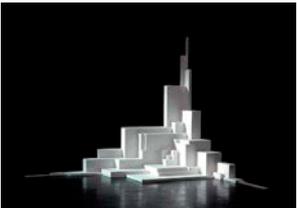
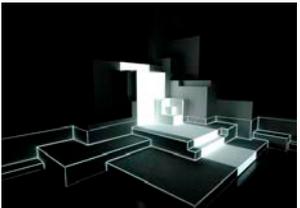
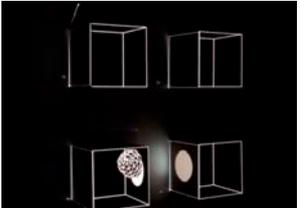
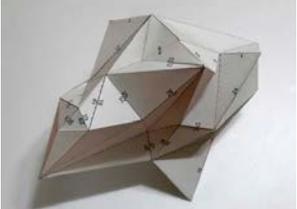
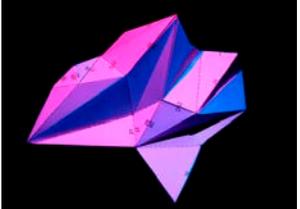
## 5. Categorías

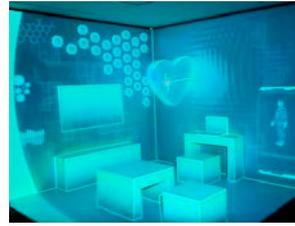
Las categorías propuestas fueron resultado de una búsqueda extensa de ejemplos de video mapping sobre objetos en diferentes medios, bibliografía específica y la web. Una vez obtenidos los ejemplos relevantes, los ordené en base a ciertos elementos que consideré que tenían en común, como resultado de ese ordenamiento propuse ciertas categorías. Luego eliminé los ejemplos redundantes quedándome con aquellos donde se evidencien diferencias destacables dentro de cada categoría. Hay ejemplos que podrían compartir más de una categoría, en esos casos opté por colocarlos en las categorías que consideré más significativas para cada caso.

Esta división está pensada principalmente desde las cuestiones técnicas. Sin embargo, la mayoría de los objetos de estudio también podrían subdividirse en tres categorías básicas en relación al espacio expositivo y a la morfología del objeto mapeado. Estas categorías son, mapping de arquitecturas externas (fachadas, objetos monumentales, por ejemplo), mapping de espacios arquitectónicos internos (salas con objetos sobre las paredes o ubicados en el espacio) y mapping sobre objetos (esculturas, por ejemplo).

### 5.1. Video mapping sobre objetos construidos con polígonos

Proyectos que se basan en el armado de objetos facetados, compuestos por planos que suelen ser triangulares o cuadrangulares.

Objeto sin mapear	Objeto mapeado	Links del ejemplo
		<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ytNzRUfa3hI">https://www.youtube.com/watch?v=ytNzRUfa3hI</a>
		<a href="http://www.pabloalbuena.com/selectedwork/augmented-sculpture-v1/">http://www.pabloalbuena.com/selectedwork/augmented-sculpture-v1/</a> <a href="https://www.youtube.com/watch?v=KHWaH78Yt8Y">https://www.youtube.com/watch?v=KHWaH78Yt8Y</a>
		<a href="https://creators.vice.com/en_us/article/yp5vjy/minimalist-projection-mapping-proves-sometimes-keeping-it-simple-is-the-coolest">https://creators.vice.com/en_us/article/yp5vjy/minimalist-projection-mapping-proves-sometimes-keeping-it-simple-is-the-coolest</a>
		<a href="http://koosistudio2.blogspot.com.ar/">http://koosistudio2.blogspot.com.ar/</a>
		<a href="https://vimeo.com/67572630">https://vimeo.com/67572630</a>
		<a href="https://vimeo.com/18349726">https://vimeo.com/18349726</a>
		<a href="https://vimeo.com/46062376">https://vimeo.com/46062376</a>

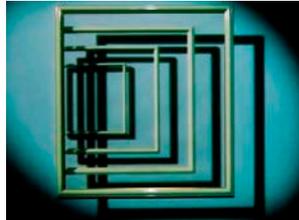
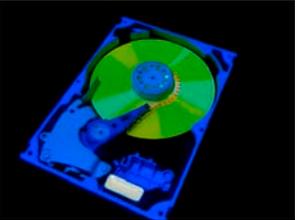


(los objetos de este ambiente son tratados como polígonos)

<https://www.youtube.com/watch?v=3WGZlc5E18g>

## 5.2. Video mapping sobre objetos de formas irregulares

En este tipo de mapping hay proyectos que utilizan modelos 3D previos. Sin embargo, hay otros que directamente trabajan creando siluetas y haciendo máscaras con la forma de la parte del objeto a la que se le desea hacer el mapping.

Objeto sin mapear	Objeto mapeado	Links del ejemplo
		<p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=W7Wlly6IX4c">https://www.youtube.com/watch?v=W7Wlly6IX4c</a></p>
		<p><a href="https://vimeo.com/16724216">https://vimeo.com/16724216</a></p>
		<p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=bltKkngdUMI&amp;index=2&amp;list=PLOC1F914CB225AOC">https://www.youtube.com/watch?v=bltKkngdUMI&amp;index=2&amp;list=PLOC1F914CB225AOC</a></p>
		<p><a href="https://www.fastcodesign.com/1663157/pop-up-books-get-the-magical-movie-treatment-video">https://www.fastcodesign.com/1663157/pop-up-books-get-the-magical-movie-treatment-video</a></p>
		<p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=A-La3NgO9Bw">https://www.youtube.com/watch?v=A-La3NgO9Bw</a></p>



<http://www.core77.com/posts/24970/illuminimal-illumifeet-footwear-projection-mapping-by-craig-winslow-24970>



<https://vimeo.com/19817933>



<https://vimeo.com/131201461>

## 5.4 Video mapping con más de un proyector

En estos trabajos se utilizan varios proyectores para poder cubrir mayor parte del objeto, en algunos casos se logra cubrir con luz la totalidad del modelo.

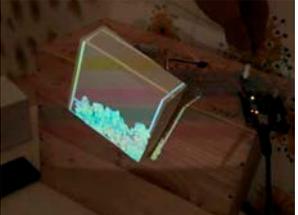
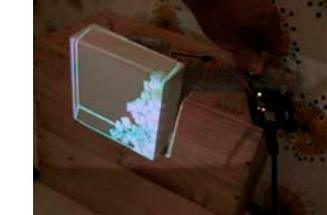
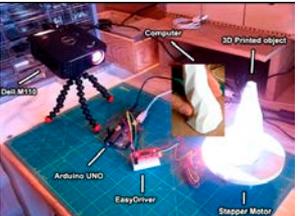
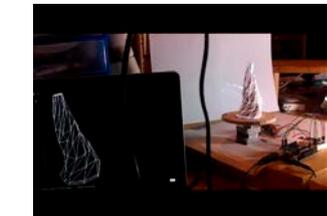
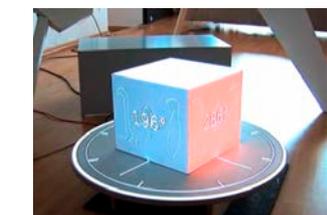
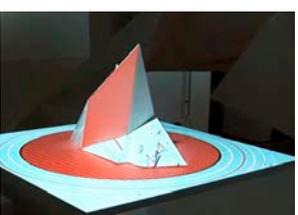
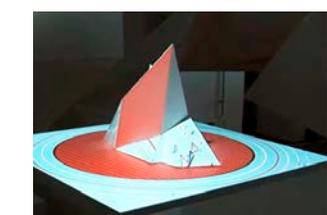
Objeto sin mapear	Objeto mapeado	Links del ejemplo
		<p><a href="https://vimeo.com/52236173">https://vimeo.com/52236173</a></p>
		<p><a href="https://creators.vice.com/en_us/article/3d5aj8/heres-the-worlds-brightest-faberge-egg">https://creators.vice.com/en_us/article/3d5aj8/heres-the-worlds-brightest-faberge-egg</a></p>
		<p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=TP3DvljcpIO">https://www.youtube.com/watch?v=TP3DvljcpIO</a></p>

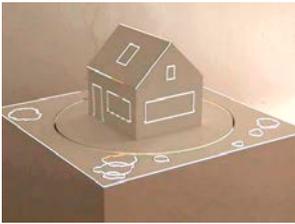


<https://www.youtube.com/watch?v=OZfTKSmPxxA&index=1&list=PLOCIF914CB2225AOC>

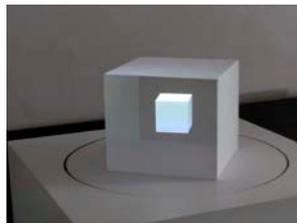
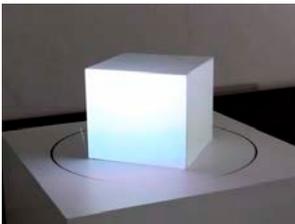
#### 5.4. Video mapping sobre objetos rotativos

Para poder obtener la información del ángulo de rotación del objeto se suelen utilizar sensores por hardware con algún tipo de encoder rotativo y motores paso a paso controlados por algún tipo de microcontrolador (como ser Arduino). Hay casos en que lo que rota es el proyector en lugar del objeto, como puede verse en el último ejemplo de esta lista.

Objeto sin mapear	Objeto mapeado	Links del ejemplo
		<p>(se utilizan librerías de simulación de física)</p> <p><a href="https://vimeo.com/75968664">https://vimeo.com/75968664</a></p>
		<p><a href="https://github.com/YCAMInterlab/ProCamToolkit/wiki/mapamok-with-Arduino-walkthrough">https://github.com/YCAMInterlab/ProCamToolkit/wiki/mapamok-with-Arduino-walkthrough</a></p>
		<p><a href="http://cdm.link/2012/05/mapping-in-motion-projection-meets-stepper-motor-for-rotating-fun-vvvvarduino/">http://cdm.link/2012/05/mapping-in-motion-projection-meets-stepper-motor-for-rotating-fun-vvvvarduino/</a></p>
		<p><a href="https://vimeo.com/45132037">https://vimeo.com/45132037</a></p>



<https://vimeo.com/54145881>



*(se traquea la posición de la cámara para lograr el efecto de la aumentación)*

<https://vimeo.com/52222104>



<https://vimeo.com/116514951>

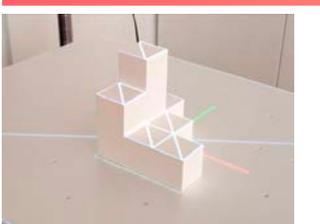
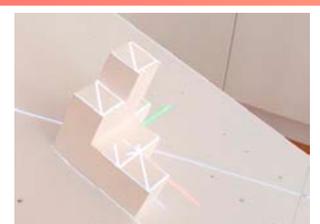
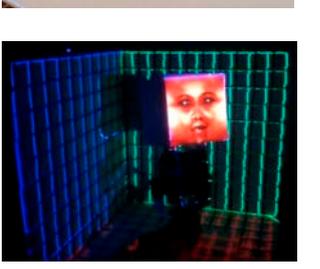


*(ejemplo donde lo que rota es el proyector)*

[https://www.youtube.com/watch?v=bMDr\\_CFFgWE](https://www.youtube.com/watch?v=bMDr_CFFgWE)

### 5.5. Video mapping sobre objetos móviles

A diferencia de los del anterior ítem estos objetos tienen varios grados de movimiento. Es común la utilización de algoritmos de computer vision para traquear el movimiento de los objetos.

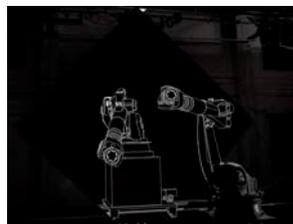
Objeto sin mapear	Objeto mapeado	Links del ejemplo
		<p><a href="https://vimeo.com/77892028">https://vimeo.com/77892028</a></p>
		<p><i>(En este caso las imágenes corresponden al objeto mapeado en distintas posiciones)</i></p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=S4Kg6MDI-no">https://www.youtube.com/watch?v=S4Kg6MDI-no</a></p>



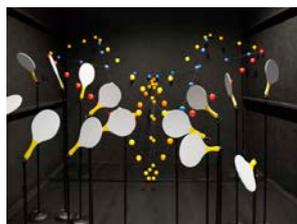
<http://projection-mapping.org/lumipen-the-fastest-projection-mapping-in-the-west/>



<https://www.youtube.com/watch?v=p7ILOGvux7U>



(este trabajo no es en tiempo real, está traqueado desde el punto de vista de la cámara) [https://creators.vice.com/en\\_us/article/vvy4wy/projection-mapping-and-robots-combine-in-bot--dollys-new-film](https://creators.vice.com/en_us/article/vvy4wy/projection-mapping-and-robots-combine-in-bot--dollys-new-film)



(en este caso no hay movimiento real, son una secuencia de objetos que dan la sensación de movimiento desde el mapping) [https://creators.vice.com/en\\_us/article/gvwd93/play-ping-pong-in-bullet-time-thanks-to-projection-mapping](https://creators.vice.com/en_us/article/gvwd93/play-ping-pong-in-bullet-time-thanks-to-projection-mapping)

## 5.6. Video mapping interactivo en tiempo real

En estos ejemplos también se suele hacer uso de computer visión y es común la utilización de cámaras de profundidad, como la Kinect de Microsoft, para obtener la posición de los objetos en el espacio. Es importante la participación del usuario en la experiencia del mapping, siendo característico que en varios casos se haga el mapping sobre él mismo y/o su entorno.

### Objeto sin mapear



### Objeto mapeado



### Links del ejemplo

(imágenes del mapping y de la interacción del usuario)

<http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/WORKS/FRAMES/FrameSet.html>



(el mapping se hace sobre la agua de la pileta, a la izquierda la imagen de la proyección) <http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/WORKS/FRAMES/TOPFRAMES/A-VolveTop.html>



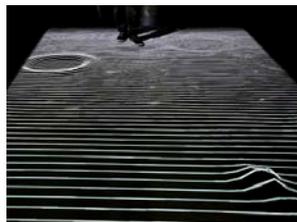
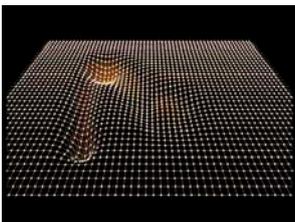
<https://vimeo.com/2892576>



<https://vimeo.com/103425574>



(las imágenes muestran como el mapping se adapta a la forma humana) <https://www.youtube.com/watch?v=-Vq41Bi2yE&feature=related>



(a la izquierda la imagen de la proyección del software)

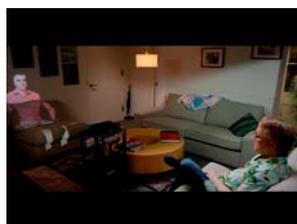
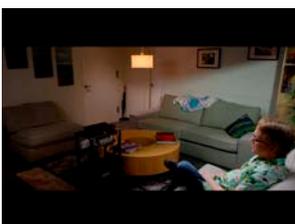
<https://www.am-cb.net/xyzt>



<http://www.estudiobiopus.com.ar/estudio/osedax.html>



<https://www.youtube.com/watch?v=Df7fZAYVAIE>

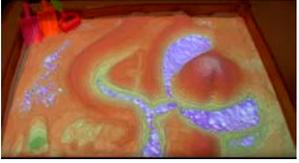
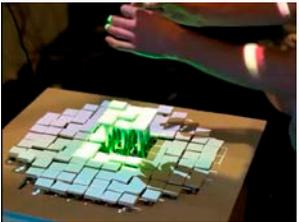
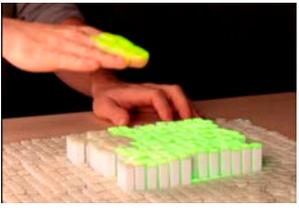
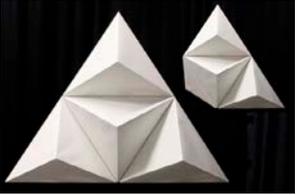
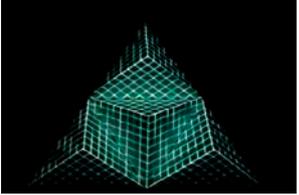


(telepresencia donde cambia en tiempo real el punto de vista del usuario)

<https://www.youtube.com/watch?v=2o6krhxpUGk>

## 5.7. Video mapping sobre superficies transformables

En esta categoría se incluyen los proyectos donde los objetos mapeados sufren algún tipo de cambio en tiempo real, provocando la actualización constante de la estructura del mapping. Nuevamente, las cámaras de profundidad suelen utilizarse para medir las transformaciones.

Objeto sin mapear	Objeto mapeado	Links del ejemplo
		<a href="https://www.youtube.com/watch?v=j9JXtTJ0mzE&amp;t=243s">https://www.youtube.com/watch?v=j9JXtTJ0mzE&amp;t=243s</a>
		<a href="https://vimeo.com/63494095">https://vimeo.com/63494095</a>
		<i>(las dos imágenes son del mapping con variaciones en el objeto)</i>
		<a href="http://tangible.media.mit.edu/project/inform">http://tangible.media.mit.edu/project/inform</a>
		<a href="https://vimeo.com/71291465">https://vimeo.com/71291465</a>

## 6. Conclusión

Si recordamos que la definición de realidad aumentada puede entenderse como *un entorno físico aumentado con elementos virtuales que se acoplan perceptivamente a este* podemos conjeturar que un videomapping (o mapping de proyección) sobre un objeto complejo debe ser necesariamente un sistema de realidad aumentada. Como vimos en el desarrollo de este trabajo, para que un proyecto de videomapping se considere como tal debe poseer cierto proceso técnico perceptual. Si no fuese así sería simplemente una proyección sobre un objeto, sea este objeto complejo o no.

Con respecto a las categorías podemos hacer una organización en tres categorías principales, una donde los objetos son los que tienen movimiento, otra donde lo que está en movimiento son los proyectores y una última donde no hay movimiento ni de los objetos ni de los proyectores. A su vez podríamos subdividir la categoría de objetos en movimiento en movimiento de traslación y/o rotación del objeto por un lado o de transformación del objeto por el otro (como las superficies blandas). Para terminar, podríamos agregar a todas estas subdivisiones una subdivisión más, muy importante, que permita la separación de los proyectos que son o no interactivos.

La intención final de este trabajo es haber propuesto una categorización de sistemas de videomapping sobre objetos de escala media y pequeña que permita a los investigadores y artistas partir de ciertas categorías como elemento disparador de posibilidades en el momento de decidir al incursionar en el desarrollo de proyectos con tecnología de videomapping.

## 7. Referencias Bibliográficas

- 1 Bimber, O., & Raskar, R. (2005). Spatial Augmented Reality. Merging Real and Virtual Worlds. Wellesley, Massachusetts: A K Peters, Ltd.
- 2 Ignac, M. (09 de 12 de 2009). Projection Mapping In 3d. Recuperado el 05 de 11 de 2016, de <http://marcinignac.com/blog/projection-mapping-in-3d/>
- 3 merl. (1998). ShaderLamps: Original Movie 1998. Recuperado el 03 de 11 de 2016, de <https://www.youtube.com/watch?v=pDexuUc7r9c&t=182s>
- 4 Milgram, P., Kishino, F., Takemura, H., & Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. Proceedings of SPIE(2351), 282-292.
- 5 Raskar, R., & Low, K.-I. (11 de 2001). Interacting with Spatially Augmented Reality. (M. E. Laboratories, Ed.) Recuperado el 02 de 11 de 2016, de <http://www.merl.com/publications/docs/TR2001-51.pdf>
- 6 Raskar, R., Welch, G., & Wei-Chao, C. (1999). Table-Top Spatially-Augmented Reality: Bringing Physical Models to Life with Projected Imagery. (U. o. Hill, Ed.) Recuperado el 02 de 11 de 2016, de <http://www.cs.unc.edu/~raskar/Tabletop/>
- 7 Raskar, R., Welch, G., Bandyopadhyay, D., & Low, K.-I. (06 de 2001). Shader Lamps: Animating Real Objects With Image-Based Illumination. (M. E. Laboratories, Ed.) Obtenido de <http://www.merl.com/publications/docs/TR2001-21.pdf>
- 8 Wikipedia. (20 de 11 de 2016). Projection\_augmented\_model. Obtenido de [https://en.wikipedia.org/wiki/Projection\\_augmented\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Projection_augmented_model)
- 9 Wikipedia. (20 de 11 de 2016). Shader lamps. Obtenido de [https://en.wikipedia.org/wiki/Shader\\_lamps](https://en.wikipedia.org/wiki/Shader_lamps)



# ALGUNAS METODOLOGÍAS PARA PROYECTAR ENTORNOS DE REALIDAD AUMENTADA EFECTIVOS

**Christian Silva**

Facultad de Bellas Artes | UNLP

[entorno3@gmail.com](mailto:entorno3@gmail.com)

## RESUMEN

El proceso de diseño de sistemas y aplicaciones interactivas evolucionó de manera notable durante los últimos años. La necesidad de crear productos digitales efectivos (transparentes a nivel funcional, fáciles de usar) motivó la optimización de metodologías y procedimientos existentes (provenientes de ámbitos diversos: ingeniería, diseño, antropología, psicología) y el surgimiento de una serie de nuevas prácticas que ayudaron a optimizar el diseño de experiencia de usuario de dichos productos. En el texto que sigue a continuación nos preguntamos por las metodologías que pueden aportar a mejorar el diseño de proyectos de realidad aumentada.

*realidad aumentada*

*diseño de experiencia*

*evaluaciones heurísticas*

*realidades mixtas*

*diseño de interacción*

## 1 Introducción

*“La novela definió la cultura del siglo XIX, el cine la del siglo XX, y la interfaz definirá la del siglo XXI”  
Lev Manovich*

Vivimos rodeados de interfaces. Internet: la infraestructura física de redes, clientes y servidores; la web: el caballo de Troya de una nueva cultura de buscadores y redes sociales; el abaratamiento de la tecnología (las grandes empresas establecidas en China): servidores, computadoras personales, teléfonos móviles inteligentes y tabletas. Son varios los factores que convergieron para crear una nueva realidad que está cuestionando todos los pilares socioculturales conocidos y todo a través de interfaces que crean y reconstruyen un nuevo mundo.

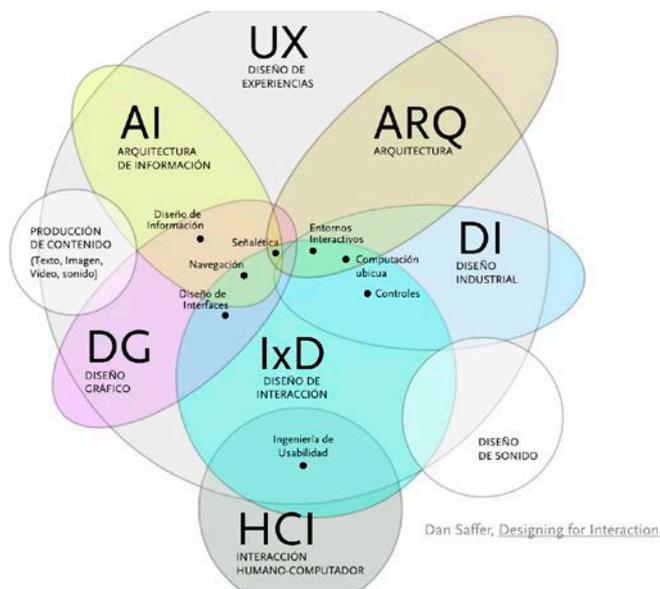
Diseñar interfaces, aplicaciones, sistemas, experiencias para este contexto emergente requiere una serie de nuevas competencias interdisciplinarias:

- Comprender los problemas que se plantean y ofrecer soluciones
- Proyectar soluciones innovadoras a problemas emergentes
- Enfrentar la complejidad de espacios dinámicos y multidimensionales

Para dar respuesta a este escenario es que se fueron optimizando procesos de trabajo conocidas en el ámbito de la ingeniería y las ciencias de la computación; la ergonomía, el diseño visual e industrial. Metodologías que se fueron conjugando con procedimientos científicos provenientes de la antropología y la psicología (específicamente la cognitiva). Se sumaron, además, aportes del ámbito de las ciencias de la administración entre otros.

Surgieron así disciplinas que hoy se suelen articular bajo el paraguas de la Experiencia de usuario: un ámbito profesional amplio que se podría definir como el campo de conocimiento que se ocupa de diseñar las experiencias que tienen las personas cuando usan un producto o servicio digital.

Figura 0



## 2 Sobre el diseño de experiencia

Podemos hablar de dos dimensiones en este ámbito para comprender su alcance:

- A. El campo de experiencia de usuario se refiere tanto a productos del mundo físico como virtual y aquí se abre una posibilidad interesante para pensar la proyectación de entornos con realidad aumentada ya que es un tipo de espacio integra estos mundos de manera orgánica. **La experiencia de usuario trabaja sobre las interfaces** (*“no es un objeto, es un espacio en el cual recae la interacción entre el cuerpo humano, la herramienta y el objeto de acción”* Bonsiepe, 1998). Una interfaz puede ser un sitio web, una aplicación para celulares o un entorno de realidades mixtas (aumentada - virtual).
- B. El concepto de usuario es fundamental para este campo: **siempre se proyecta suponiendo alguien que usa nuestro producto/ servicio digital**. Esta dimensión de la definición es clave para poder articular la anterior. Las experiencias que los usuarios tienen (o deseamos promover) son aquellas que se centran en el uso objetivo del producto/ entorno (no en opiniones).

El diseño de experiencia constituye una campo profesional que integra una serie de disciplinas —que a continuación definiremos y trataremos de integrar con el proceso de diseño de entornos de realidad aumentada— y que aplica un proceso de trabajo denominado **Diseño centrado en el usuario**: proceso iterativo que permite orientar los objetivos del producto que estamos proyectando con las necesidades/ posibilidades de los usuarios.

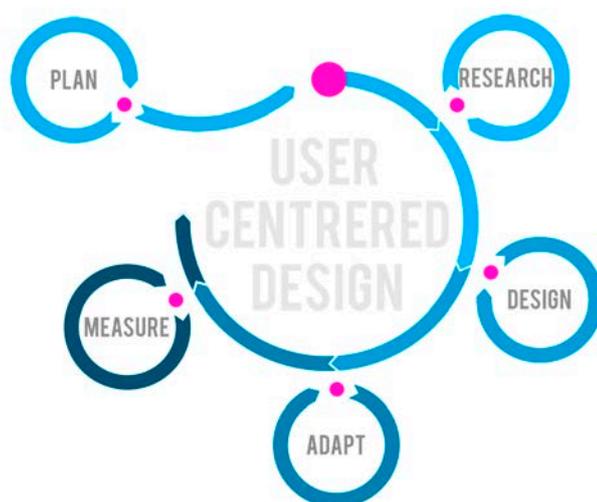


Figura 1

### 3 Diseño de experiencia y realidades mixtas

A esta altura nos podríamos preguntar por la pertinencia de este enfoque en el ámbito del diseño para entornos de realidades mixtas:

*“Las interfaces de los nuevos medios logran establecer espacios virtuales, el primer avance en este tipo de entorno fue la Realidad Virtual, la cual se puede definir como la supresión de la percepción del entorno físico y su reemplazo por un entorno generado por dispositivos de representación. Es decir, se suprime la vista de nuestro entorno mediante el uso de anteojos con pantallas que muestra una nueva realidad, se suprime la audición usando auriculares que nos permiten oír el entorno virtual, etc. La Realidad Virtual en su sentido más puro es aquella en la que se suprimen todos los sentidos y se los reemplaza por representaciones, algo que aún no es técnicamente posible pero de lo que la película Matrix da un buen ejemplo. Si bien durante años el paradigma de la Realidad Virtual gobernó el campo de los entornos virtuales, hace aproximadamente una década empezó a aparecer todo un campo de posibilidades de mixtura entre los entornos físicos y los virtuales.”* Causa/Joselevich, 2013

Siguiendo el continuo de las realidades mixtas (en un extremo la realidad virtual -lo físico desaparece- y en el otro la realidad aumentada -el entorno físico es aumentado con elementos virtuales-) es podemos comenzar a dimensionar la necesidad de implementar metodologías que nos ayuden a optimizar los procesos de:

- Innovación/ experimentación.
- Desarrollo e implementación técnica.

En el ámbito de la realidad aumentada, específicamente, nos encontramos con experiencias basadas en diferentes dispositivos. Siguiendo la clasificación propuesta por Emiliano Causa (Introducción a la Realidad Aumentada y las Realidades Mixtas, 2018) podemos ver que existen diferentes tipos de interfaces:

- RA basada en anteojos: *“Las primeras aplicaciones que se pensaron surgieron a partir de anteojos, en este caso estos se llaman “See Through Display” (“pantallas para ver a través”), ya que con este tipo de dispositivos se puede ver la realidad circundante y la imagen de sus pantallas superpuestas a la realidad, es decir que no obturan la realidad.”*
- RA basada en pantallas: *“Si bien los primeros dispositivos pensados para la Realidad Aumentada fueron los anteojos, la disponibilidad de otro tipo de dispositivos que tuviesen cámaras, pantallas y fueran portables, permitió extender y democratizar este tipo de experiencia. Concretamente, las tablets y teléfonos móviles (con pantallas sensibles al tacto) pusieron al alcance de todos el uso de este tipo de aplicaciones.”*
- RA basada en proyección de video: *“Una alternativa que permite tener una experiencia colectiva de la Realidad Aumentada es la del video-mapping. En esta propuesta, los elementos virtuales dejan de*

*estar mediados por pantallas, sino que se proyectan (con proyectores de video) directamente sobre la escena.”*

- RA geolocalizada: *“La utilización de teléfonos celulares para la Realidad Aumentada trajo la posibilidad de asociar las entidades virtuales no solo con patrones visuales, sino con localizaciones específicas en el planeta. En este caso, el dispositivo que realiza la superposición del elemento virtual a la escena real, utiliza la geolocalización (un GPS) para determinar cómo hacer dicho montaje.”*

Podemos apreciar una **diversidad importante de experiencias a diseñar con las diferentes tecnologías disponibles**. Es muy distinto pensar una interfaz para anteojos, la relación de perspectiva con el entorno y la necesidad de enfocar de los ojos del usuario es muy distinta a una interacción a través de pantallas de dispositivos móviles. Y absolutamente distinto a diseñar un entorno interactivo generado a través de proyecciones. Estos son sólo algunos ejemplos que nos ayudan a ilustrar la necesidad de trabajar con **marcos de trabajo** (conceptos + recursos + metodologías) que nos ayuden a optimizar el proceso proyectual de obras (en el caso del arte), productos y servicios.

Otra manera interesante de ilustrar la importancia de utilizar metodologías que ayuden a optimizar el diseño de este tipo experiencia de usuario la encontramos en el libro de Stephen Anderson de 2011: *“Seductive interaction design”*. El autor dice allí que **estos procesos ayudan a disminuir la fricción que inevitablemente existen entre las ideas/ conceptos que vamos a transformar en productos interactivos**. El autor propone un ideal para potenciar/ aumentar la motivación de los usuario (estrategias psicológicas) reduciendo al máximo la fricción con el sistema (usabilidad). Esta concepción se puede trasladar al diseño de entornos con realidades mixtas ya que ayudan a optimizar experiencias:

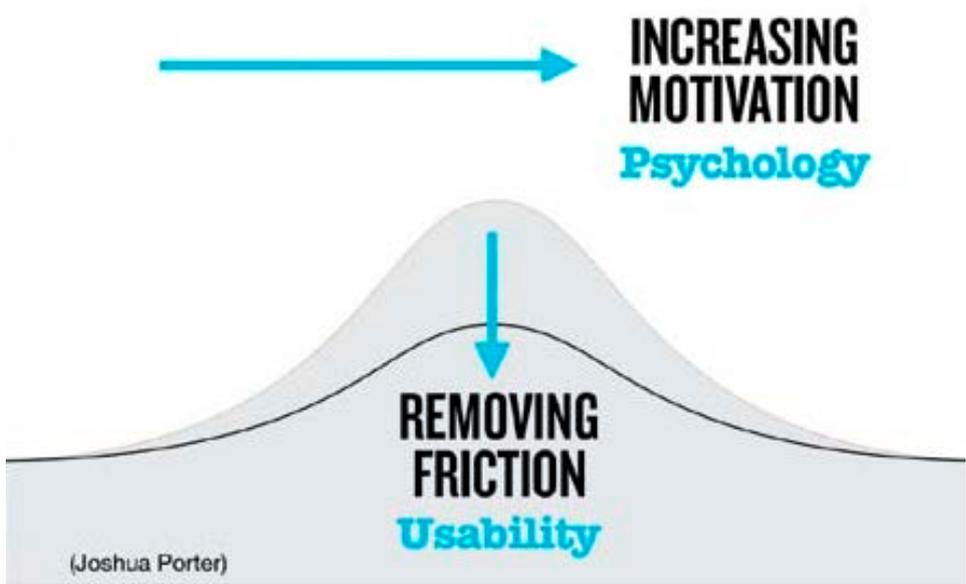


Figura 2

Cualquier videojuego popular nos sirve para ejemplificar esta dinámica: los primeros niveles son intencionalmente simples para que los usuarios puedan aprender la dinámica del juego y puedan familiarizarse con los controles (usabilidad).

La complejidad creciente de la narrativa y de los comportamientos sirve para ir incrementando la motivación de los jugadores que van ganando confianza en el entorno (psicología).

## 4 Las disciplinas fundamentales del diseño de experiencia y su aplicación al ámbito de la realidad aumentada

El proceso de diseño de productos digitales es fluido y dinámico, cada ámbito del conocimiento (científico, tecnológico, proyectual) hace aportes en función de sus necesidades y posibilidades. Recién en los últimos años se fueron consolidando técnicas y metodologías comunes a diferentes enfoques. Podríamos afirmar que existe un conjunto de disciplinas recurrentes que definen y abordan las principales problemáticas que se presentan con estos productos/ servicios/ entornos. Ellas son: Arquitectura de Información, Usabilidad y Diseño de Interacción. A continuación las vamos a definir y vamos a considerar sus particularidades en función de las necesidades que presentan los entornos de realidad aumentada.

### 4.1 Arquitectura de información

Es la disciplina que se encarga de estudiar maneras de organizar, jerarquizar y definir la presentación del contenido textual/visual de una interfaz. Tiene sus raíces en la bibliotecología. La Arquitectura de información se encarga de la organización y estructura del contenido de manera efectiva para que los usuarios la puedan recorrer. Técnicamente hablando las variaciones pueden ser muchas: un simple y sencillo sitio web, un sistema de información complejo, un entorno interactivo multidimensional. Es difícil

Figura 3



definir una aplicación específica para implementar en realidad aumentada dada la variedad y diversidad de interfaces. Pero podemos llegar a hacernos una idea, de sistemas complejos con RA, si pensamos en ficciones como, por ejemplo, *Minority Report* (2002), *Iron Man* (2008), etc.

## 4.2 Usabilidad

Esta disciplina es la responsable de garantizar que las interfaces sean fáciles de usar. Utilizando diferentes técnicas se busca dar respuestas a preguntas como: ¿el usuario puede realizar la interacción que proyectamos? ¿De qué manera realiza la tarea? ¿Cuánto tarde y que hace después? etc. Existen muchas y variadas técnicas para dar respuesta a estas preguntas y poder medir con precisión el desenvolvimiento de una interfaz o sistema (mientras estamos en el proceso de diseño o una vez que lo vamos desarrollando). Las más utilizadas para entornos fáciles de prototipar tienen que ver con pruebas con usuarios, directas o indirectas, individuales o grupales, etc. La técnica que nosotros creemos puede ser más oportuna para el diseño de experiencias para entornos de realidad aumentada son las evaluaciones heurísticas.

### 4.2.1 Análisis heurístico

Es una técnica de análisis minuciosa sobre una interfaz o sistema. Se parte de una serie de principios preestablecidos, concebidos desde la práctica o el estudio sistemático. Las heurísticas que se pueden aplicar a las realidades mixtas son las desarrollados por Jakob Nilsen, Susan Weinschenk y Gerhardt-Powals.

- A. Jakob Nielsen estudio más de doscientos problemas de usabilidad y desarrollo y creó una serie de reglas generales que se pueden aplicar fácilmente al diseño de interfaces.
- B. Susan Weinschenk trabaja en base a una serie de hallazgos sobre el funcionamiento del cerebro, estudia problemáticas de memoria y visualización.
- C. Gerhardt-Powals estudia los procesos cognitivos y la conducta humana para crear su modelo heurístico.

#### 4.2.1.1 Algunas heurísticas para realidad aumentada

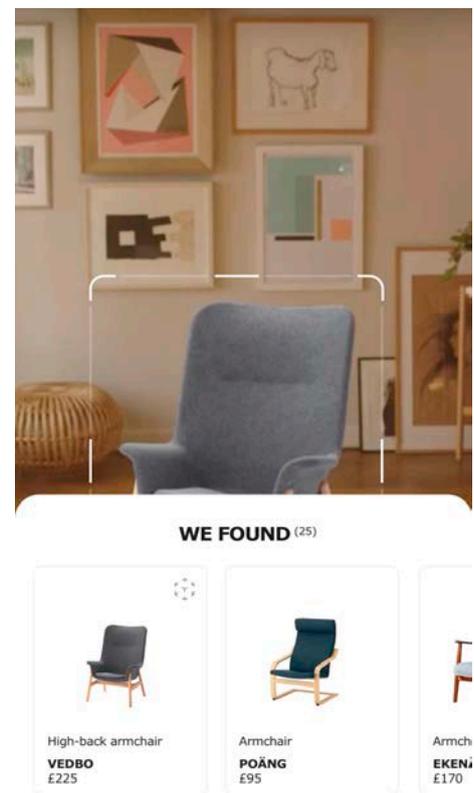
Para aplicar estas evaluaciones a interfaces de realidad aumentada compilamos los conceptos principales de los autores mencionados en una serie de principios:

##### **Principio 1: El usuario tiene que saber lo que está pasando**

En este principio se articulan los siguientes conceptos:

- A. *Visibilidad del estado del sistema de Nielsen*: el sistema tiene que mostrarle al usuario toda la información relacionada con la tarea que está realizando. Si el usuario realiza una acción la interfaz tiene que dar una respuesta o reacción.
- B. *Los usuarios ruegan por información de Weinschenk*: el usuario necesita mantenerse informado de todo lo que está pasando para sentirse seguro con el uso de la interfaz y el sistema.
- C. *Reducción de la incertidumbre de Powals*: debemos mostrar siempre la información sobre la interfaz y sus funcionalidades de manera clara y obvia para reducir la incertidumbre.

Figuras 4 y 5



*Ejemplo: Ikea Place* es una aplicación para dispositivos móviles que incorpora la realidad aumentada para que podamos visualizar cómo quedarían los muebles en contexto antes de comprarlos. En las capturas de interfaz se pueden observar elementos visuales (el círculo de línea blanca en la base del sillón rojo, el marco rectangular blanco del sillón gris) que nos indican que esos son objetos virtuales agregados que podemos manipular sobre la habitación real. Estos elementos gráficos simples son fundamentales para que los usuarios puedan percibir lo que está pasando y lo que ellos pueden hacer de manera intuitiva. Este ejemplo sirve, además, para ilustrar el principio heurístico que presentamos a continuación:

### Principio 2: Inmersión en lo real

En este principio se articulan los siguientes conceptos:

- A. *Correspondencia entre el tema y el mundo real de Nielsen:* toda la información (textual, visual, sonora) que tiene nuestra interfaz debería tener una vinculación con la realidad, por ejemplo el ícono del sobre de correo para sugerir la acción de enviar un correo electrónico.
- B. *Modelos mentales de las personas de Weinschenk:* todas las personas ya tenemos un modelo mentales previo de los objetos en general. Es decir tenemos preconceptos de lo que significa una operación y una interacción. Conocer esto nos puede ayudar a anticipar funcionalidades que queremos que ofrezca nuestra interfaz.
- C. *Presentar nueva información con ayuda de la interpretación de Powals:* la acciones y operaciones que podemos hacer con una interfaz tienen que presentarse de manera ordenada y lógica. En las interfaces gráficas cualquier nueva funcionalidad del sistema se sugiere a través de botones o íconos ya que los usuarios conocen y utilizan estos elementos.

Visualizando esta regla podemos evitar que los usuarios pierdan inmersión ya que se podrían concentrar en las tareas concretas que buscamos que realicen, ya sea porque adaptamos la interfaz al mundo real o porque adaptamos la propuesta a sus modelos mentales.

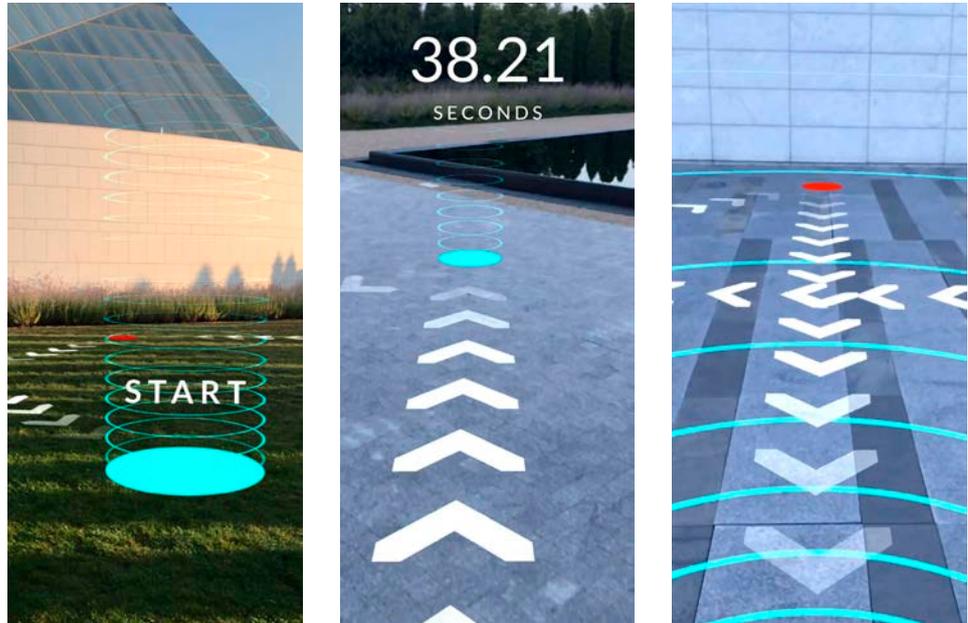
### Principio 3: Estándares

Este principio incluye la heurística de Nielsen sobre Consistencia y estándares: a. Y la de Weinschenk que dice que las personas no quieren pensar de más: b.

- A. *Consistencia y estándares de Nielsen:* las interfaces tienen que tener siempre el mismo estilo visual, interactivo, etc. Las acciones y funciones que se pueden realizar deben ser claras, sintéticas y sistemáticas.
- B. *Las personas no quieren pensar de más de Weinschenk:* las interfaces deberían ser claras e intuitivas para evitar que las personas tengan que pensar sobre las tareas que tienen que realizar. Siempre hay que tratar de reducir el esfuerzo de los usuarios.

Este principio nos puede ayudar a evitar la dispersión del usuario en interfaces abiertas, por eso es importante respetar estructuras informativas jerárquicas y distribuciones claras de elementos en el sistema. En este principio tendríamos que incluir la sistematización de los gestos de interacción con la interfaz.

Figuras 6, 7 y 8



*Ejemplo:* **AR Runner** es una aplicación de realidad aumentada que busca ayudar en el entrenamiento físico delimitando circuitos aeróbicos y estrategias de entrenamiento. Presenta una interfaz simple con elementos visuales sintéticos que no interfieren en la comprensión de las actividades físicas propuestas. Recupera, además, el estilo gráfico de los dispositivos conocidos por los atletas: displays de carreras, cronómetros, etc.

#### Principio 4 : Acciones involuntarias

Este principio se basa en las heurísticas de Nielsen y Weinschenk sobre evitar errores (a y b). Y el concepto de uso de la redundancia de Powals (c).

- A. En el diseño de la interfaz hay que prevenir errores potenciales del sistema antes que arreglarlos luego.
- B. El usuario siempre comete errores, hay que diseñar la interfaz tratando de prevenirlos.
- C. En el diseño de la interfaz tenemos que usar la redundancia para que queden claras las diferentes acciones y operaciones que se pueden realizar con el sistema y, sobre todo, sus consecuencias.

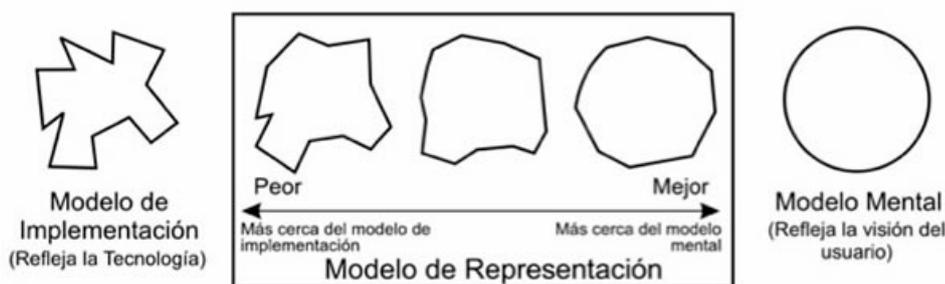
Es clave considerar este principio en el diseño visual/ espacial de la interfaz (recordemos que opera directamente sobre la realidad) y del sistema de gestos. Sería ideal que la representación de las acciones sea intuitiva (como recomiendan los principios anteriores), variada en cuanto a movimiento y diferentes de las acciones cotidianas. Por esto sería importante: no usar gestos en el diseño de la interacción que puedan confundirse con acciones cotidianas.

### 4.3 Diseño de interacción

La última disciplina fundamentales que vamos a mencionar es la más amplia y transversal ya que en este ámbito se aplican la dos disciplinas antes mencionadas. Es la que se encarga de materializar el concepto (idea del proyecto) considerando sus particularidades en función de las necesidades de los usuarios.

El diseñador de interacción es el responsable de implementar la interfaz a nivel conceptual, se encarga de estudiar y prototipar alternativas/ soluciones. Parte de la definición de un modelo de interacción: “conjunto de funcionalidades básicas o primitivas sobre la que se construyen las funcionalidades más complejas. Así, sobre la primitiva “vínculo” se construyen las funcionalidades hipertexto, menú y botón...” (Mordecki, 2012) El desafío para el diseño de experiencia de realidad aumentada será definir, en la primera instancia del proyecto, *las primitivas* para implementar el modelo de interacción del contexto para el que estemos trabajando. Quizá el esquema de Alan Cooper sobre las idea de Donald Norman sirva para ilustrar la necesidad de definirlo:

Figura 9



## 5 Conclusión

Creemos que este recorrido arbitrario por algunas disciplinas y metodologías del proceso de diseño de experiencia de usuario puede ayudara a:

- Ampliar las capacidades de observación y análisis de problemáticas que se presentan con las realidades mixtas.
- Mejorar el proceso proyectual de diseño de soluciones concretas en entornos que incorporan realidad aumentada.

Consideramos que es fundamental incorporar técnicas de producción que ayuden a optimizar procesos de trabajo tanto a nivel de innovación/experimentación como de implementación concreta. De esta manera podemos enfrentar problemas complejos, cada vez más comunes para ecosistemas de medios sofisticados, de manera efectiva y en base a conceptos empíricos: medibles y evaluables.

## 6 Bibliografía

- Anderson, Stephen P (2011) *“Seductive Interaction Design: Creating Playful, Fun, and Effective User Experiences”*, New Riders, ISBN-13: 978-0321725523
- Bonsiepe, Gui (1999) *“Del objeto a la interfase: mutaciones del diseño”*, Infinito, ISBN: 9789879637067
- Carraro, Juan Manuel - Duarte, Yanina (2015) *“Diseño de experiencia de usuario (UX): Cómo diseñar interfaces digitales amigables para las personas y rentables para las compañías”*, Edición Kindle ASIN: B017RPCL3Y
- Causa, Emiliano y Joselevich Puiggrós, Federico, (2013) *“Interfaces y diseño de interacciones para la práctica artística”*, Bernal, Universidad Virtual de Quilmes, ISBN 978-987-1856-89-3
- Causa, Emiliano (2018) *“Introducción a la Realidad Aumentada y las Realidades Mixtas”* Invasión Generativa III
- Cooper, Alan (2014) *“About Face: The Essentials of Interaction Design”*, John Wiley & Sons Inc, ISBN-13: 978-1118766576
- Nielsen, Jakob (1999) *“Designing Web Usability: The Practice of Simplicity”*, Peachpit Press Publications, ISBN-13: 978-1562058104
- Norman, Donald (2013) *“The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition”*, Basic Book ISBN-13: 978-0465050659
- Milgram, Takemura, Utsumi, Kishino (1994) *“Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum”*, [http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram\\_Takemura\\_SPIE1994.pdf](http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram_Takemura_SPIE1994.pdf)
- Saffer, Dan (2010) *“Designing for Interaction: Creating Innovative Applications and Devices”*, New Riders, ISBN-13: 978-0321643391

## 7 Anexo

A continuación y a manera de síntesis publicamos los principios heurísticos originales completos de los autores que mencionamos en el apartado *“Algunas heurísticas para realidad aumentada”* en la bibliografía podrán encontrar los textos bases que contextualizan estos principios heurísticos.

## Jakob Nielsen

1. Visibility of system status: The system should always keep users informed about what is going on, through appropriate feedback within reasonable time.
2. Match between system and the real world: The system should speak the user's language, with words, phrases and concepts familiar to the user, rather than system-oriented terms. Follow real-world conventions, making information appear in a natural and logical order.
3. User control and freedom: Users often choose system functions by mistake and will need a clearly marked "emergency exit" to leave the unwanted state without having to go through an extended dialogue. Support undo and redo.
4. Consistency and standards: Users should not have to wonder whether different words, situations, or actions mean the same thing. Follow platform conventions.
5. Error prevention: Even better than good error messages is a careful design which prevents a problem from occurring in the first place. Either eliminate error-prone conditions or check for them and present users with a confirmation option before they commit to the action.
6. Recognition rather than recall: Minimize the user's memory load by making objects, actions, and options visible. The user should not have to remember information from one part of the dialogue to another. Instructions for use of the system should be visible or easily retrievable whenever appropriate.
7. Flexibility and efficiency of use: Accelerators—unseen by the novice user—may often speed up the interaction for the expert user such that the system can cater to both inexperienced and experienced users. Allow users to tailor frequent actions.
8. Aesthetic and minimalist design: Dialogues should not contain information which is irrelevant or rarely needed. Every extra unit of information in a dialogue competes with the relevant units of information and diminishes their relative visibility.
9. Help users recognize, diagnose, and recover from errors: Error messages should be expressed in plain language (no codes), precisely indicate the problem, and constructively suggest a solution.
10. Help and documentation: Even though it is better if the system can be used without documentation, it may be necessary to provide help and documentation. Any such information should be easy to search, focused on the user's task, list concrete steps to be carried out, and not be too large.

### Gerhardt-Powals cognitive engineering principles

1. Automate unwanted workload: Eliminate mental calculations, estimations, comparisons, and any unnecessary thinking, to free cognitive resources for high-level tasks.
2. Reduce uncertainty: Display data in a manner that is clear and obvious to reduce decision time and error.
3. Fuse data: Bring together lower level data into a higher level summation to reduce cognitive load.
4. Present new information with meaningful aids to interpretation: New information should be presented within familiar frameworks (e.g., schemas, metaphors, everyday terms) so that information is easier to absorb.
5. Use names that are conceptually related to function: Display names and labels should be context-dependent, which will improve recall and recognition.
6. Group data in consistently meaningful ways: Within a screen, data should be logically grouped; across screens, it should be consistently grouped. This will decrease information search time.
7. Limit data-driven tasks: Use color and graphics, for example, to reduce the time spent assimilating raw data.
8. Include in the displays only that information needed by the user at a given time: Exclude extraneous information that is not relevant to current tasks so that the user can focus attention on critical data.
9. Provide multiple coding of data when appropriate: The system should provide data in varying formats and/or levels of detail in order to promote cognitive flexibility and satisfy user preferences.
10. Practice judicious redundancy: Principle 10 was devised by the first two authors to resolve the possible conflict between Principles 6 and 8, that is, in order to be consistent, it is sometimes necessary to include more information than may be needed at a given time.

### Weinschenk and Barker classification

1. User Control: The interface will allow the user to perceive that they are in control and will allow appropriate control.
2. Human Limitations: The interface will not overload the user's cognitive, visual, auditory, tactile, or motor limits.
3. Modal Integrity: The interface will fit individual tasks within whatever modality is being used: auditory, visual, or motor/kinesthetic.
4. Accommodation: The interface will fit the way each user group

works and thinks.

5. Linguistic Clarity: The interface will communicate as efficiently as possible.
6. Aesthetic Integrity: The interface will have an attractive and appropriate design.
7. Simplicity: The interface will present elements simply.
8. Predictability: The interface will behave in a manner such that users can accurately predict what will happen next.
9. Interpretation: The interface will make reasonable guesses about what the user is trying to do.
10. Accuracy: The interface will be free from errors
11. Technical Clarity: The interface will have the highest possible fidelity.
12. Flexibility: The interface will allow the user to adjust the design for custom use.
13. Fulfillment: The interface will provide a satisfying user experience.
14. Cultural Propriety: The interface will match the user's social customs and expectations.
15. Suitable Tempo: The interface will operate at a tempo suitable to the user.
16. Consistency: The interface will be consistent.
17. User Support: The interface will provide additional assistance as needed or requested.
18. Precision: The interface will allow the users to perform a task exactly.
19. Forgiveness: The interface will make actions recoverable.
20. Responsiveness: The interface will inform users about the results of their actions and the interface's status.



# OSEDAX, ESCULTURA INTERACTIVA DE REALIDAD AUMENTADA CON VIDA ARTIFICIAL

**Matías Romero Costas, David Bedoian, Rosa Nolly, Emiliano Causa**  
Facultad de Bellas Artes - Universidad Nacional de la Plata

## La propuesta de la obra

Osedax es una escultura inflable de gran tamaño (12 metros de largo por 3 metros de ancho y 2,5 metros de alto) que representa el esqueleto de un ser marino, el cual, mediante video-mapping, muestra criaturas artificiales que recorren su osamenta. El público puede interactuar con estas criaturas, ya que las mismas pueden captar formas claras y “subirse/adherirse” (trasladarse mediante la proyección) sobre estas formas. De esta manera, el público puede trasladar criaturas virtuales de una región a otra de la osamenta y generar intercambios entre criaturas provenientes de diferentes lugares, produciendo música en tiempo-real.

Figura 0

obra Osedax

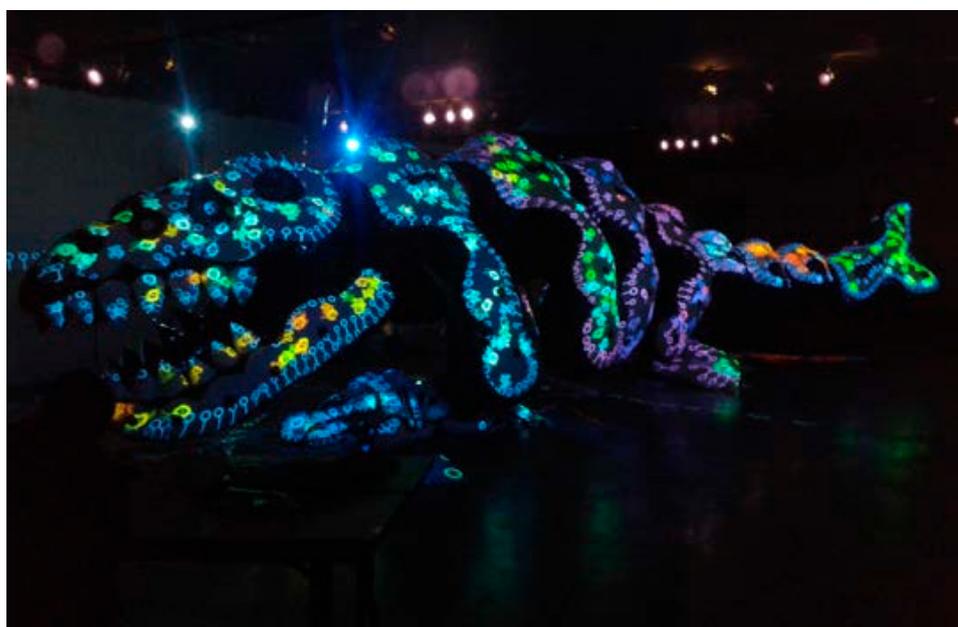


La idea nace a partir del conocimiento de los osedax, unos gusanos marinos que viven de devorar cadáveres de ballenas. Las ballenas al morir dejan sus cuerpos yaciendo en el fondo del lecho marino, muchas veces a profundidades cercanas a los 3000 metros. De estos cadáveres se produce todo un ecosistema en el que habitan estas criaturas, hasta que una vez que terminan con el alimento, arrojan sus esporas (su descendencia) que fluye por el lecho marino hasta encontrar un nuevo cadáver y reiniciar el ciclo.

La idea consiste en recrear la constante transmutación de la vida, que logra transmitirse de un ser a otro, mediante la metabolización y la simbiosis. En esta instalación se busca que el público ponga en funcionamiento el flujo de esta energía/información, generando una relación entre su cuerpo y la instalación, ya que la misma demanda una constante intervención para sostener su actividad. La obra también nos enfrenta a un

Figura 1

obra Osedax



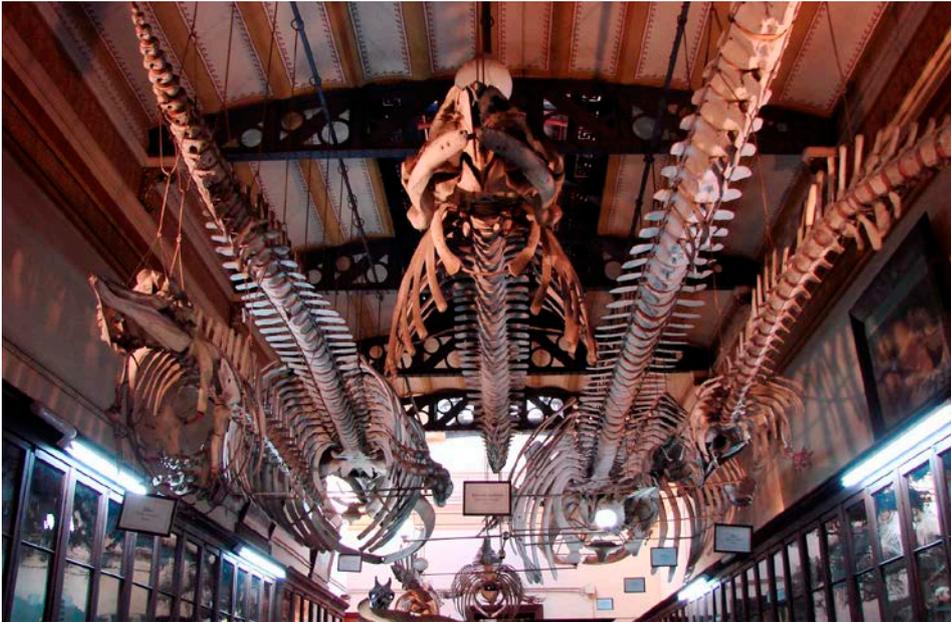


Figura 2

*Esqueletos de ballenas en una sala del Museo de Ciencias Naturales de La Plata*

ser gigante, que sin importar su tamaño, ha desaparecido, mostrando lo efímero de la existencia y a la vez lo milagroso de la vida, que se presenta como un fenómeno de auto-organización que contradice la constante entropía (tendencia al desorden) del universo. La escala cumple aquí la función de mostrar nuestra pequeñez frente a estos fenómenos. Osedax nos invita a pensar en la muerte como un paso más hacia la nueva vida, no como trascendencia de la identidad y el ego, sino como la transformación constante del misterio de la vida.

Una imagen que inspiró la forma de la escultura fue la de los esqueletos de ballena que se exponen en algunas salas del Museo de Ciencias Naturales de La Plata. Emiliano eligió esta imagen en función del impacto que esos esqueletos le habían producido al visitar el museo en su niñez, debido justamente a la escala de estas osamentas.

## Arquitectura de la puesta

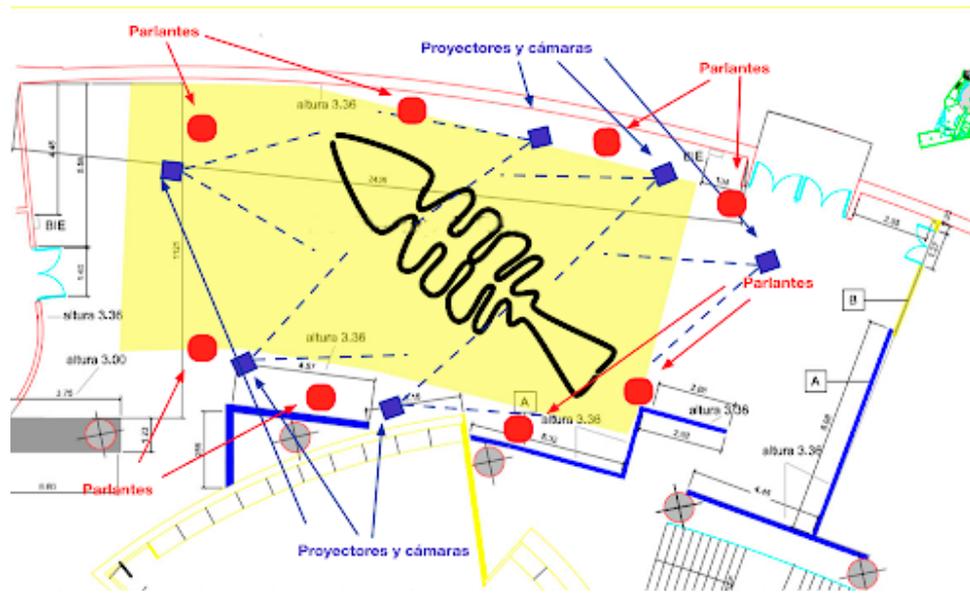
La puesta general de la obra se compone de:

1. una escultura inflable, con la forma de la osamenta;
2. un sistema de 6 proyectores de video que realizan el video-mapping de las visuales sobre la escultura;
3. un sistema de cámaras infrarrojas que sirven para capturar la presencia y movimiento del público en la escena;
4. y un sistema octofónico de sonido.

Todo esto, por supuesto, está orquestado por un sistema de computadoras (que en este caso son 6), que se encargan de captar el movimiento y presencia, generar las visuales (haciendo el mapeo de la escultura) y producir el sonido.

Figura 3

Planta del montaje de la obra

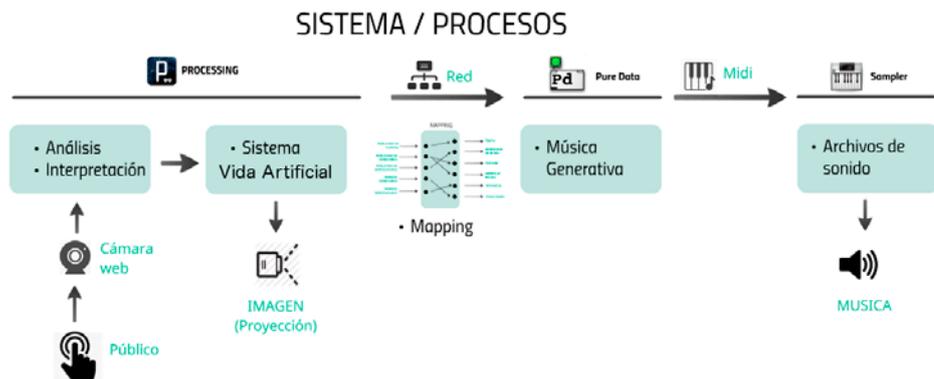


Debajo puede verse un plano de una planta de la instalación, en este caso planteada para una sala del Museo Marítimo Ría de Bilbao.

La que acabamos de describir podría considerarse la arquitectura del hardware de la instalación, pero también podemos hacer un recorrido de la arquitectura de software y procesos, en la que podríamos ver como fluye la información de un módulo a otro para la puesta en escena de los contenidos de la obra. Lo que abajo presentamos como el esquema de módulos.

Figura 4

Arquitectura de software. Esquema de los módulos



El esquema de arriba muestra los elementos y el flujo de datos que conforman estructura constructiva de Osedax, desde la acción del público hasta la representación del contenido (imagen y música).

Es importante señalar que el flujo del gráfico muestra la dirección de los datos a nivel informático pero que el proceso, es su conjunto, no es lineal (con un inicio y un final único) sino que se trata un circuito complejo de realimentación donde la intervención de la gente modifica y re-configura la obra, y a su vez la percepción e interpretación de estos cambios genera nuevas formas de interacción y participación.

A rasgos generales la obra está constituida por 3 módulos principales:

1. El módulo de captación, conformado por el sistema óptico de captura de movimiento y el análisis e interpretación de los datos captados.
2. El de simulación de vida artificial, proyectado sobre la escultura de la ballena.
3. El de música en tiempo real, dependiente de la evolución del ecosistema virtual y difundido a través de un sistema de reproducción de sonido multicanal.

A su vez intervienen 3 aplicaciones:

1. Una desarrollada en el lenguaje de programación Processing, encargada de la captación de presencia y movimiento del público y de la simulación de vida artificial.
2. Otra desarrollada en el lenguaje de programación Pure Data, que define y modifica los parámetros musicales.
3. Una configuración en el sampler Kontakt, que controla la ejecución y el procesamiento del sonido en tiempo real.

Para que se entienda el flujo: la aplicación realizada en Processing se encarga de recibir la imagen de la cámara infrarroja que ve la escena. El sistema que estamos describiendo se replica por seis, ya que son seis cámaras conectadas a seis computadoras que envían imágenes a igual número de proyectores, es decir que hay seis módulos compuestos por cámara->computadora->proyector. Entonces, volviendo a la descripción, la aplicación hecha en Processing analiza la imagen de la cámara y en función de esto determina las superficies por las que pueden transitar las criaturas virtuales, también se encarga de sostener la calibración del video-mapping para que las imágenes coincidan con la escultura (esta aplicación crea la imagen que va a los proyectores de video). Esta aplicación envía información (a través de un protocolo de red) de análisis de la situación a otra realizada en Pure Data, que se encarga de tomar decisiones musicales en función de lo que sucede con las criaturas virtuales. Por último, la aplicación en Pure Data envía (vía el protocolo MIDI) las alturas musicales para ser ejecutadas en una configuración de Kontakt. Este último envía sonido al sistema de audio octofónico.

### Sistema de video-mapping

Osedax es una escultura con un video-mapping dinámico, en tiempo-real. En un video-mapping estático, las proyecciones de video se mapean (es decir, se configura para que las imágenes coincidan con los volúmenes) una vez durante el montaje de la obra e, idealmente, la escultura debería permanecer quieta, sin cambiar su posición. Si la escultura o el proyector

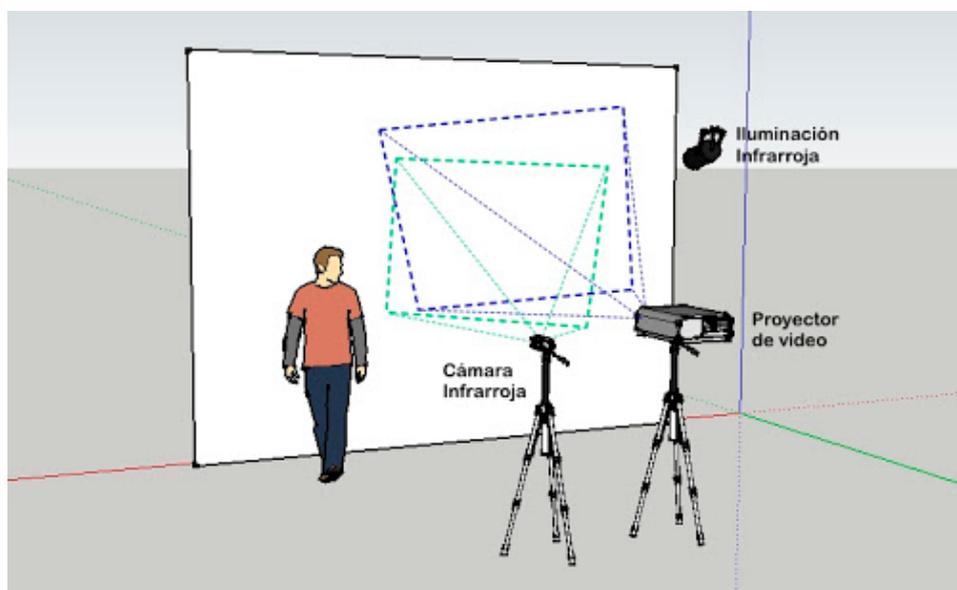
sufren algún movimiento, el mapeo deja de funcionar, la imagen se desfasa del volúmen. Pero, en el caso de Osedax, la escultura sufre siempre movimientos, ya que al ser inflable, está suspendida, y el público se apoya y apoya objetos sobre esta. Por ende, es imposible intentar resolver Osedax con un video-mapping estático. Esto nos obligó a pensar una técnica de mapping dinámico, que fuera corrigiéndose, actualizando su configuración, en tiempo-real.

La forma en que se realiza es mediante dos “trucos”: el primero es que la cámara se calibra para que coincida con el proyector, el segundo es que el mapeo se realiza mediante una captación de formas claras y oscuras (mejor dicho, se discriminan formas claras respecto de un fondo oscuro).

Avancemos con el primer truco. En líneas generales, la mayoría de las técnicas de video-mapping consisten en deformar la imagen de video, realizando una deformación trapezoidal de la misma, hasta que la imagen coincida con los volúmenes sobre los que se proyecta (existen otras técnicas de video-mapping que apuntan a construir una réplica tridimensional del objeto y hacerlos coincidir en la proyección). Pero nosotros decidimos deformar la imagen de entrada (la imagen de la cámara) para que coincida con la de salida. La idea es que proyector y cámara deben tener el mismo punto de vista (el mismo es imposible porque físicamente siempre existe una pequeña distancia entre sus posiciones, pero llega a ser despreciable), esto se logra poniendo ambos juntos.

Figura 5

proyector y cámara sin calibrar



Por ejemplo, en la imagen de arriba, la cámara y el proyector están apuntado a la misma escena, pero sus encuadres no están calibrados, por lo que no hay una correspondencia exacta entre los píxeles de la cámara y los del proyector. Nosotros buscamos que haya una correspondencia entre los píxeles de entrada y de salida, ya que si es así, cualquier fenómeno que capturemos, al proyectar el resultado del fenómeno sobre este, el mapeo se produce automáticamente. Por ejemplo: si se

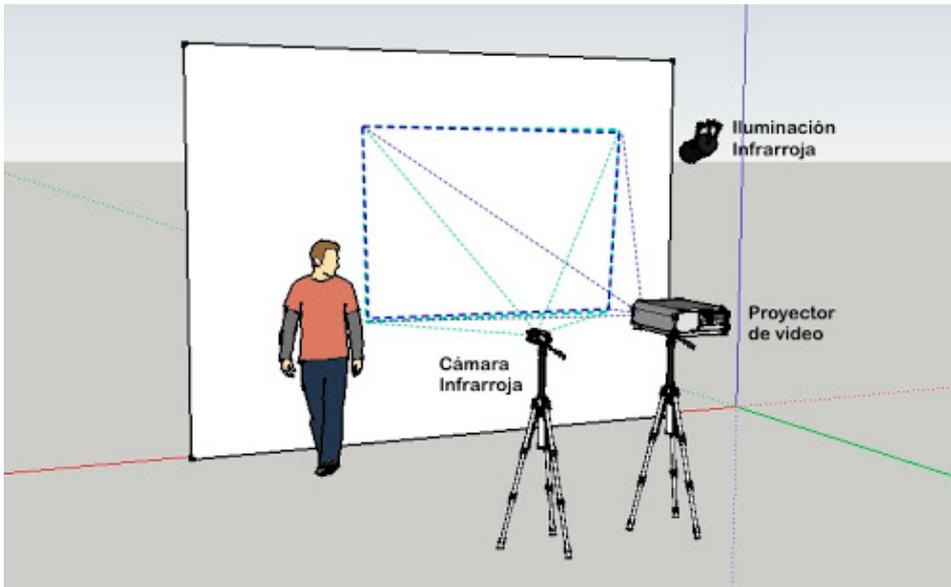


Figura 6

*proyector y cámara calibrados*

detecta que hay presencia del público en determinados píxeles de la cámara, y decido destacar de alguna forma los píxeles correspondientes de la proyección, entonces la proyección de esta imagen destacada se superpondrá con el público detectado. Debajo se muestra en la imagen la coincidencia entre los encuadres.

Si bien, esta calibración entre cámara y proyector se puede realizar físicamente, es decir moviendo los equipos durante el montaje, por varios factores (empezando por la diferencia de apertura entre los respectivos lentes) la mayoría de las veces es imposible hacer esto físicamente. La técnica, en realidad, consiste en hacer esta calibración por software, tomando en la cámara un encuadre mayor (que incluya al del proyector) y deformando trapezoidalmente la imagen de la cámara hasta que coincida con la de la proyección.

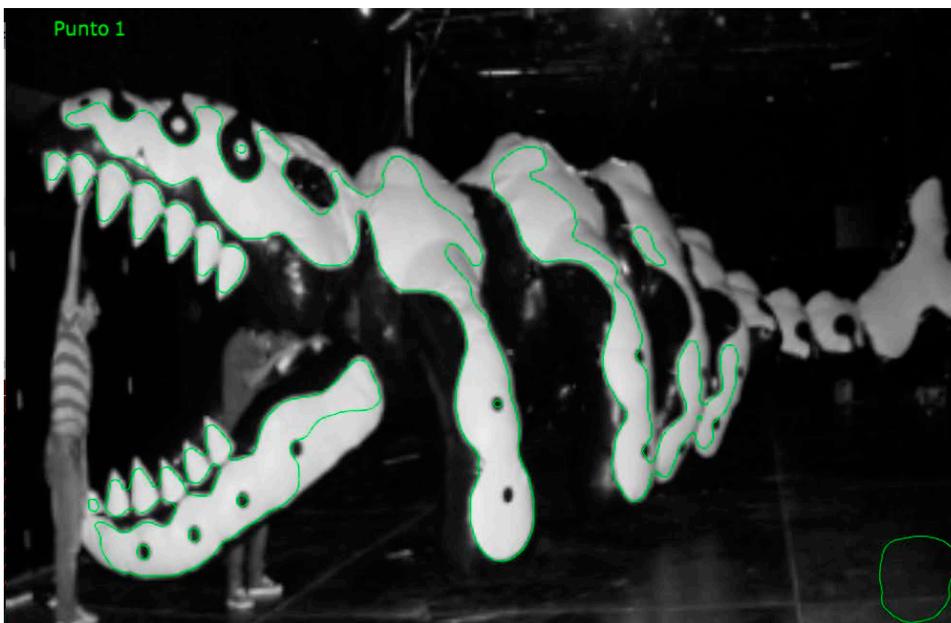
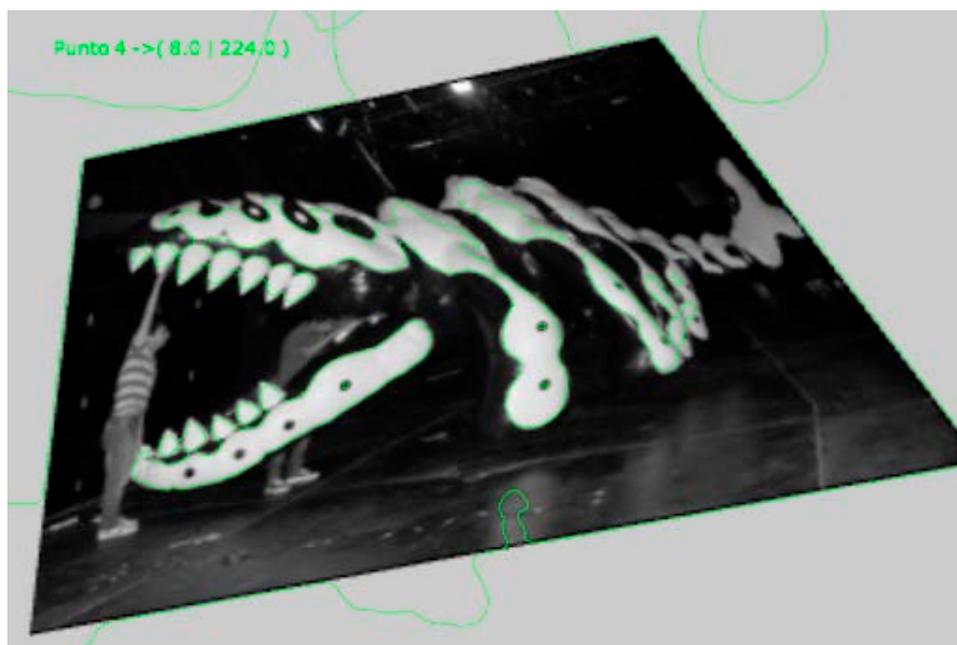


Figura 7

*vista original de la cámara infrarroja (las líneas verdes corresponden a procesos aplicados posteriormente)*

Figura 8

Imagen de la cámara transformada trapezoidalmente



Una vez resuelto este tema, y teniendo una correspondencia entre los encuadres de la cámara y el proyector, pasamos al segundo truco: captar formas claras respecto de un fondo oscuro.

### Captación de presencia y formas

La captación de presencia y formas se realiza utilizando cámaras infrarrojas que están filtradas en el rango visible de la luz. Muchas cámaras de video (nosotros usamos las cámaras de la Play Station 3 de Sony, la PS3 Eye) tienen un sensor que es capaz de captar el rango visible de la luz (del rojo al violeta) y también el rango infrarrojo; generalmente estas cámaras traen un filtro para que al sensor no le llegue luz infrarroja y que de esta forma sólo responda al rango visible de la luz. Nosotros intervenimos estas cámaras, quitándole dicho filtro y lo reemplazamos por otro que no deja pasar el rango visible de la luz, de esta forma la cámara queda netamente infrarroja, no puede ver por encima de las frecuencias del rojo. A su vez, usamos lámparas para iluminar la escena que emiten luz infrarroja, en las mismas frecuencias que ve la cámara, esto se hace usando los mismos filtros (en nuestro caso son acetatos de color rojo sangre y azul ultramar superpuestos). ¿Cuál es el sentido de todo esto? El problema es el siguiente: el sistema de captación de presencia y movimiento es un sistema óptico, es decir que funciona a partir de la interpretación visual de la escena, por otra parte la instalación es un video-mapping, por lo que su forma de representación es fuertemente visual, entonces tenemos en la misma escena un sistema que interpreta el comportamiento visual de la escena y por otra parte algo que genera un comportamiento visual, lo que significa que podemos tener problema de retroalimentación. El sistema de captura puede terminar interpretando los movimientos visuales generados por el video-mapping como movimientos del público, y eso no es lo que queremos. Entonces frente a esta situación es necesario separar los rangos de la luz, haciendo que el sistema de captación no pueda ver las proyecciones de video.

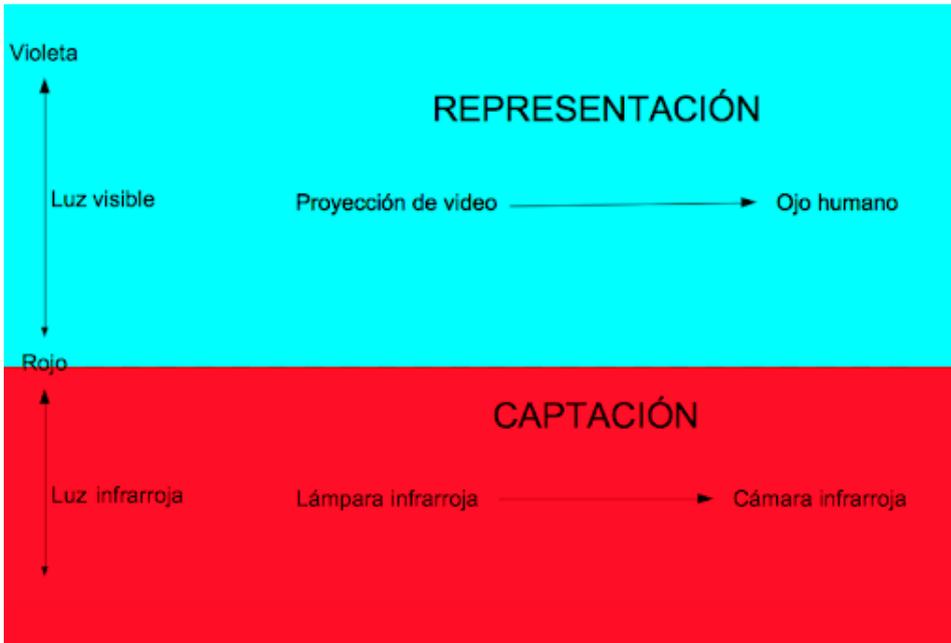


Figura 9

Separación del rango de la luz entre captación y representación

Tal como se puede ver en el gráfico de arriba, el rango visible de la luz se deja para el video-mapping, ya que los proyectores (idealmente) no emiten luz infrarroja, a la vez que este rango es el que ve el ojo del público. Por el otro lado, las cámaras son intervenidas para que sólo vean el rango infrarrojo, y por ende no pueden ver las proyecciones de video, ven la escena como si solo estuviera iluminada por una luz blanca, pero para que la cámara pueda ver es necesario iluminar la escena con luces también infrarrojas. Al ser las luces infrarrojas, no interfieren las proyecciones de video y no interfieren con la iluminación de la escena para el ojo humano. Es decir, la escena parece a oscuras y sólo se ven las proyecciones, visto

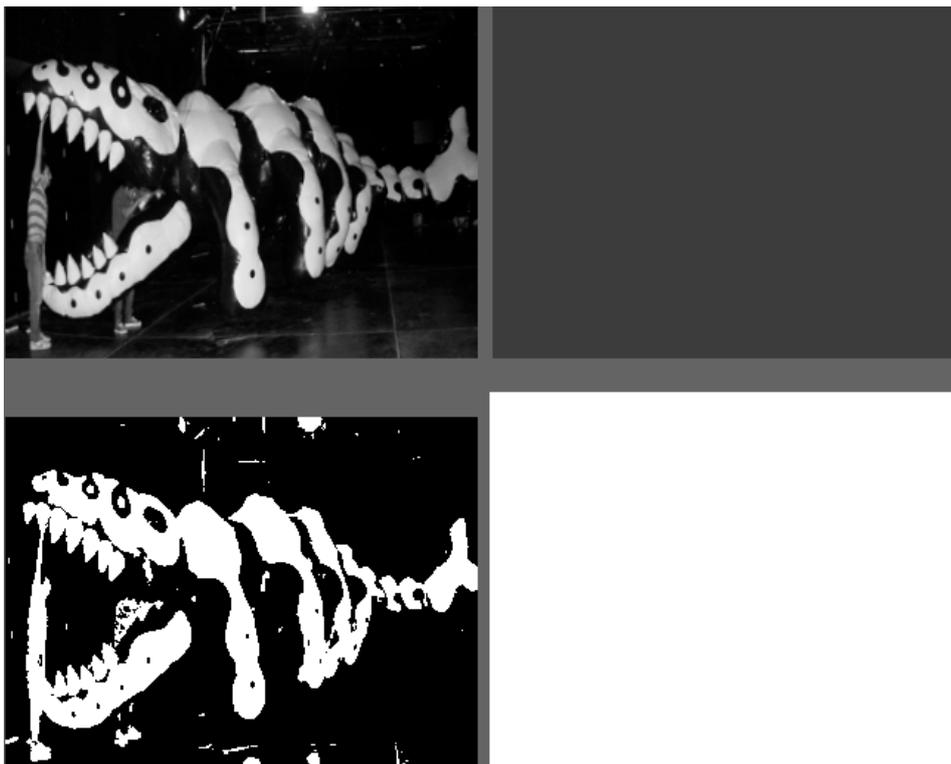


Figura 10

Separación del rango de la luz entre captación y representación

desde un ojo humano, y desde la cámara la escena parece iluminada y sin proyecciones. En los gráficos de abajo puede verse la imagen que capta la cámara (en el cuadro de arriba a la izquierda), nótese que la imagen es en grises ya que en infrarrojos no se captan los colores.

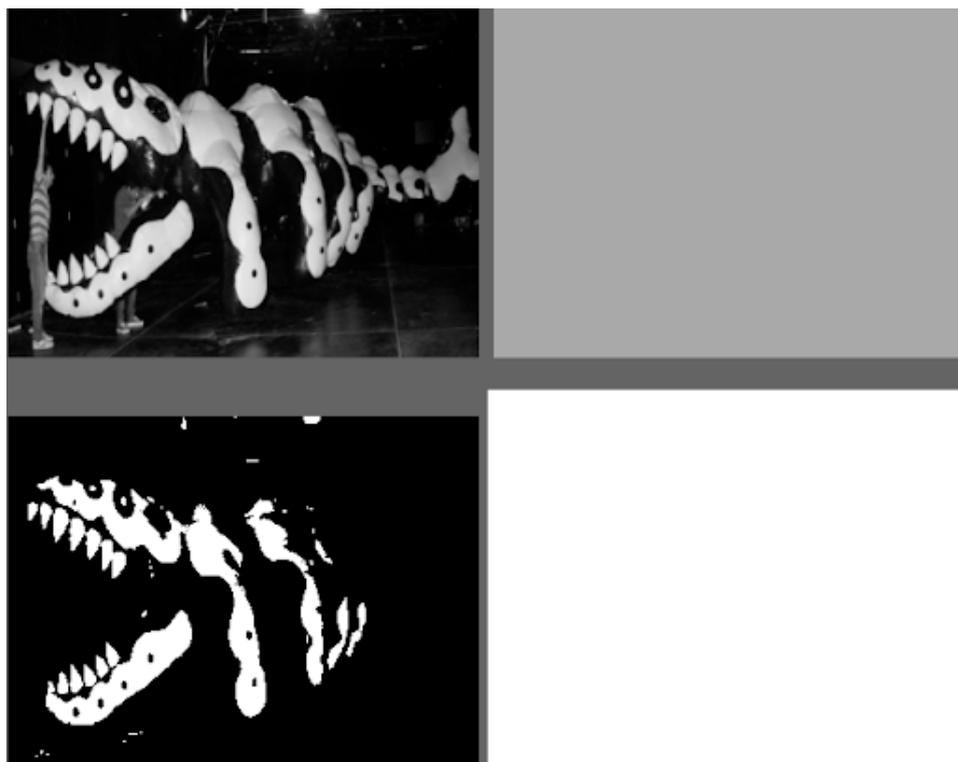
Ahora viene el segundo paso: cómo discriminar formas claras de oscuras. La técnica para hacerlo es haciendo una captura por umbral de brillo, la idea es que recorre la imagen de la cámara, pixel por pixel, y aquellos píxeles cuyos valor de brillo supera un umbral se los colorea de blanco y aquellos que no, de color negro, construyendo una imagen bitonal (sólo blanco o negro) que muestra de forma diferenciada formas claras de oscuras.

En la imagen de arriba puede verse una captura por umbral de brillo, en el cuadro de arriba a la izquierda se encuentra la imagen de entrada (la imagen de la cámara infrarroja), a su lado, a la derecha, puede verse el valor de gris que es usado como umbral y abajo a la izquierda el resultado de la operación.

Uno de los problemas de la captura por umbral de brillo con este tipo de escena, en la que tenemos un gran volumen (la escultura) y que presenta cierta complejidad a la hora de iluminarla, es que los valores claros y oscuros no son homogéneos. Es decir, lo que son valores de zonas claras en una región, pueden ser de zonas oscuras en otras. Por ejemplo, la zona de los dientes del esqueleto (a la izquierda de la escena) están muy iluminados y la zona de la cola (a la derecha) sub-iluminada. Cuando se establece un valor de umbral bajo, como para que los grises de la cola lo superen sucede que entran en la captación muchas cosas que son ruido, como puede verse en la imagen de arriba que es un caso de captura con valor de umbral bajo. En esta se puede ver cómo ingresaron en la captación algunos reflejos, personas y otras cosas de la escena que no nos interesan.

Figura 11

Captura por Umbral de Brillo con valor de umbral alto



Si subimos el valor de umbral para que estos elementos salgan de la captación llegamos a la situación que se ve en la imagen de arriba (Captura por Umbral de Brillo con valor de umbral alto), en la que hemos logrado quitar de la escena los elementos “ruido”, pero en la operación ha quedado fuera de la captura gran parte de la escultura.

Este problema fue un gran desafío técnico en la producción de la obra y la forma que encontramos para resolverlo fue un importante hallazgo que nos permitió resolver muchos trabajos posteriores. Para hacerlo implementamos lo que llamamos “umbral selectivo”, lo que consiste en generar no un valor de umbral, sino todo un “cuadro de umbral”. De esta forma los píxeles de la cámara en vez de compararse con un único valor de umbral se comparan cada una con su correspondiente valor de umbral de “cuadro de umbral”. En la imagen de abajo puede verse en el cuadro de arriba a la derecha el cuadro de umbral que muestra diferentes niveles de grises para atender a las diferentes situaciones que la iluminación presenta. Así, en la zona de la cola los valores de grises son más bajos porque la iluminación es más pobre, mientras que en la zona de los dientes hay zonas aclaradas para quitar a las personas, o arriba hay zonas muy aclaradas para quitar las luces.

Cabe aclarar que en situaciones extremas, llevando el umbral al blanco, este sistema funciona como un enmascaramiento que permite directamente quitar regiones de la captación, lo que en algunas situaciones es muy útil y necesario.

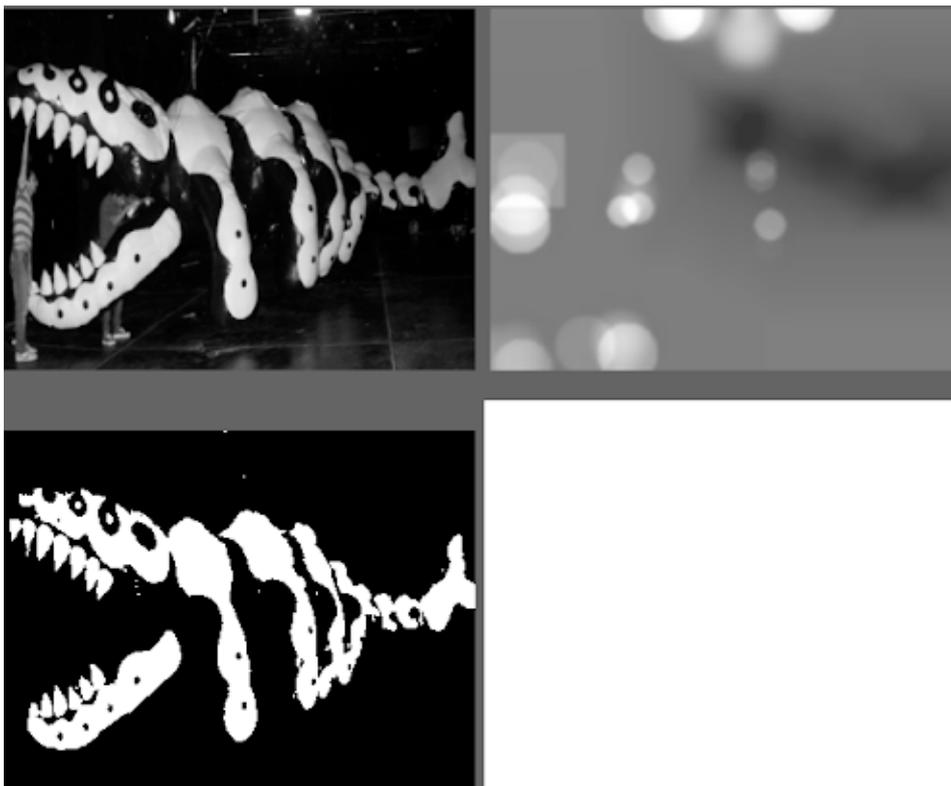


Figura 12

Captura por Umbral de Brillo con valor de umbral alto

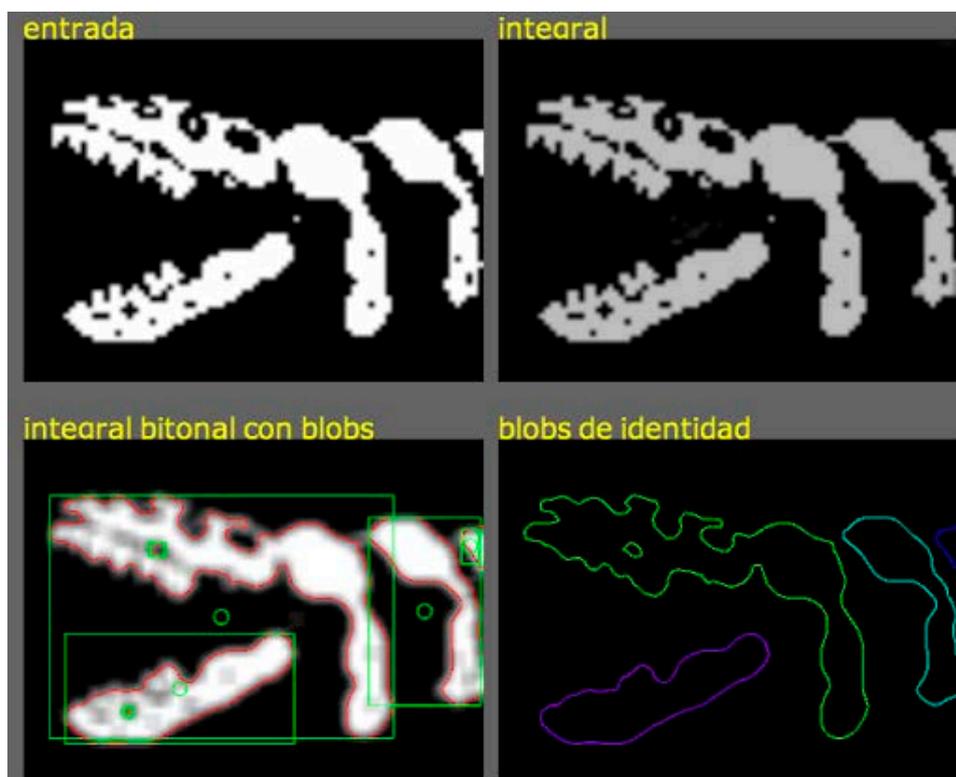
## Generación del sistema de Vida Artificial

Una vez realizados la calibración entre cámara y proyector y el proceso de captación por umbral de brillo obtenemos las formas claras (que en términos técnicos se les llama “Blob”). En este punto sabemos dónde se encuentra la escultura, a la vez que tenemos una correspondencia entre las coordenadas que tenemos de estas formas y su proyección en el espacio, es decir están mapeadas. El paso siguiente es la generación del sistema de vida artificial.

El comportamiento de la obra consiste en generar pequeñas criaturas virtuales dentro de las zonas captadas del esqueleto, hacer que estas criaturas se desplacen dentro de los límites de este y que puedan trasladarse por sobre nuevas formas claras que aparezcan. Un aspecto importante es que debe establecer los límites de estas formas claras (los Blobs), esto se hace con un proceso de captación de contornos. En la imagen de arriba se puede ver el resultado de la captación de Blobs y sus contornos, donde el resultado final es el cuadro de abajo a la derecha

Figura 13

Detección de Blobs y sus contornos



donde puede verse los contornos con diferentes colores, según el Blob al que pertenezcan (el color representa identidad).

De esta forma las entidades de vida artificial se generan dentro de estos Blobs y a su vez guardan la identidad del Blob en el que nacieron como una forma de saber cuando se cruzan con entidades de otras regiones (extranjeras).

Una dificultad técnica que aparece en este punto es que cualquier forma clara que aparece en la escena podría ser interpretada como parte del esqueleto. Por ejemplo, alguien del público con una camisa blanca sería interpretado por el sistema de captura de presencia y formas como un hueso más del esque-

leto. Por eso decidimos hacer que el sistema pudiera reconocer las formas “permanentes” de las “transitorias”, las permanentes son las que está todo el tiempo en la escena (el esqueleto de la ballena), las transitorias son las que tienen una presencia efímera en el espacio (el público con ropas claras, por ejemplo). Para esto aplicamos una operación de “integración”, en el que la imagen se superpone por pequeñas capas de mucha transparencia y que solo logra tener consistencia después de mucho tiempo; un proceso similar al de usar un tiempo de exposición muy largo (minutos) en una cámara fotográfica, en la que sólo impacta en el film lo que permanece mucho tiempo, mientras que lo efímero no llega a estar el suficiente tiempo como para imprimirse.

Abajo podemos ver la imagen que recibe la cámara de la escena cuando la escultura no tiene público presente.



Figura 14

Image de la cámara de la escultura sola (sin público presente)

Ahora, en la siguiente imagen se ve la misma escena pero con público presente. En esta situación habría tres formas permanentes, las correspondientes a las formas claras de la escultura (en este caso las dos cos-



Figura 15

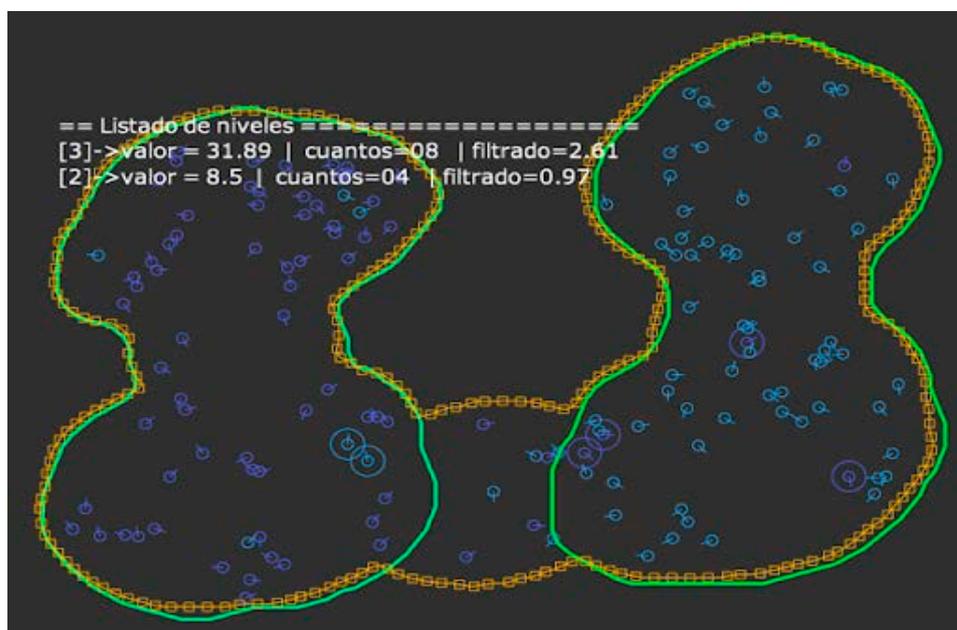
Imagen de la cámara de la escultura con presencia de público

tillas que están en primer plano en la imagen anterior, y la vértebra que se ve en la esquina superior izquierda). Por otra parte, la niña del público y el muñeco que incorpora a la escena son las formas transitorias.

En la imagen de abajo se puede ver la interpretación de una situación similar: hay dos formas permanentes (que están representadas con un contorno continuo de color verde) y estas formas se unen con un nuevo contorno (de trazo discontinuo con pequeños cuadrados) que surge como unión entre ambas y una forma transitoria. Los pequeños círculos representan agentes virtuales (criaturas) que transitan dicha región, y aquellos que están encerrados por un segundo círculo mayor, son los “extranjeros” (es decir, aquellos que nacieron en otra región y usaron el puente para transitar de uno a otra).

Figura 16

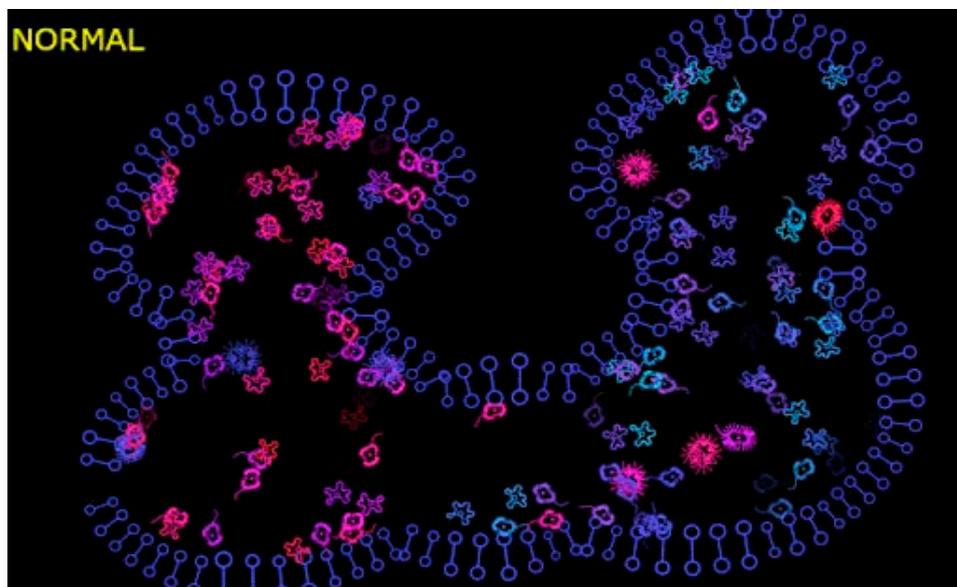
Análisis del sistema con dos formas permanentes y una transitoria de puente



La escena anterior se representa finalmente de la forma que puede observarse en la imagen de abajo, Es decir, toda la forma de la unión

Figura 17

Imagen de la representación del sistema de la situación anterior



entre Blobs permanentes y transitorios se encierra con un contorno trabajado de “eslabones” (hechos con dos círculos y una línea c/u) y en su interior los agentes virtuales representados como organismos unicelulares al estilo de amebas y paramecios.

A continuación podemos ver dos imágenes que nos muestran la escultura sin las proyecciones de video-mapping y la misma escena pero con las proyecciones de video-mapping, a partir de los procesos recién descritos.



Figura 18

*Escultura montada sin las proyecciones de video-mapping*



Figura 18

*La misma situación de la imagen anterior pero con proyecciones de video-mapping*

## La construcción de la escultura

Obviamente un elemento central en la realización de la obra es la construcción de la escultura inflable. La decisión de utilizar esta tecnología respondió a una serie de necesidades. La primera, construir una escultura de gran tamaño (que terminó siendo de 12 x 3.5 x 2.5 mts aproximadamente) en función de producir el impacto que hemos referido anteriormente. Las esculturas inflables permiten construir estructuras de gran tamaño a un costo realmente muy bajo. La segunda cuestión, es la posibilidad de transportar (y almacenar) dicho volumen de forma muy sencilla, ya que toda la escultura entre en una valija grande (de las de 30 kilos), lo que permite llevarla fácilmente en avión en largos viajes. Este aspecto fue fundamental a la hora de llevar la obra a Bilbao (España), ya que el costo de transportar en avión un volumen de aproximadamente 50 m<sup>3</sup> y 12 mts de largo sería impensado, en cambio al poder reducirlo a menos de medio m<sup>3</sup>, se transforma sólo en exceso de equipaje.

Otra cuestión importante es lo sencillo que es emplazar la escultura en una sala, ya que sólo hay que colgarla de resistentes hilos de tanza (el peso total no debe superar los 20 kilos), comparado con la complicaciones técnicas de emplazar estructura colgantes de varios kilos de peso. De esto se deduce que la estructura no implica, ni puede implicar, ningún peligro para el público, lo que también es un factor importante a tener en cuenta.

No estábamos interesados en que la forma de la estética respondiera a una propuesta realista, lejos de eso, preferimos seguir la estética de alguno de nuestros trabajos anteriores, en la que utilizamos formas circulares para generar otras más complejas mediante empalmes. Por otra parte, debido a la técnica de video-mapping, necesitábamos que la escultura tuviese grandes regiones blancas, una forma realista no provee tanta superficie blanca.

Figura 20

primeros diseños

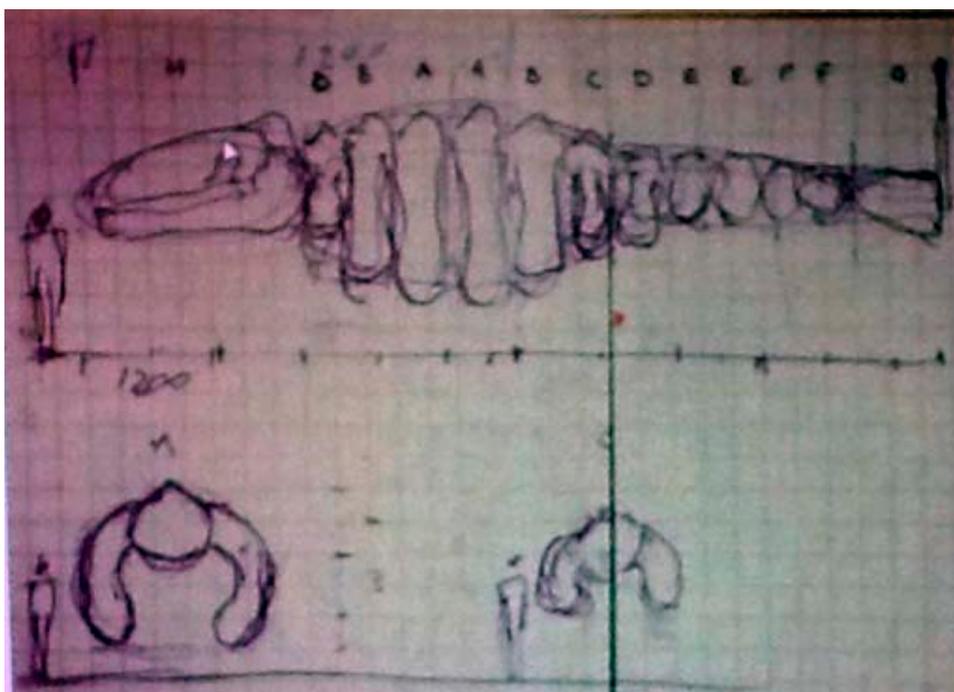




Figura 21

*soldado de piezas de polietileno*

La construcción de la escultura se hizo con polietileno industrial, de gran espesor y resistencia, y como técnica de costura se usó el soldado por calor.

Otra estrategia de la construcción fue pensar la resolución de la forma mediante módulos que se pudiesen repetir a diferentes escalas. De esta manera, por ejemplo, el molde de las costillas fue uno y se repitió cuatro veces, como puede verse en la siguiente imagen:

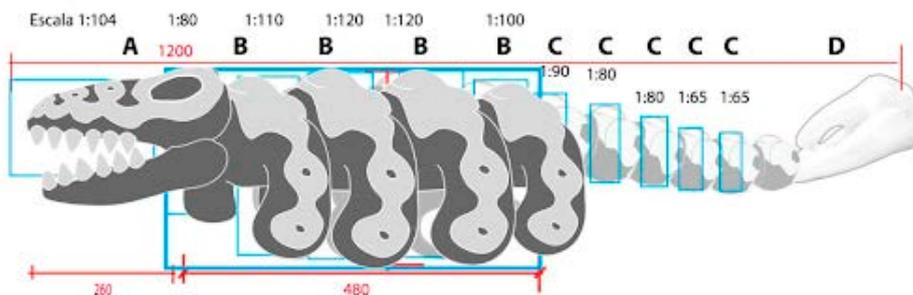


Figura 22

*módulos de construcción*

El diseño de los moldes se obtuvo mediante modelos a escala de los que se realizó el despiece en cortes (bidimensionales). En la imagen de abajo puede verse el prototipo del módulo de la costilla, en un tamaño aproximado a los 20 cm, y un modelo a escala (inflable) de aproximadamente un metro. En esta etapa del proceso tuvimos la fortuna de contar con el asesoramiento de Alejandro Mañanes, artista ampliamente dedicado a la construcción de esculturas inflables en Argentina.

Figura 23

prototipo y modelo a escala



Figura 24

primer modelo del cráneo



## Música y diseño de sonido

Como se explicó anteriormente, la música se modifica en tiempo real en función de la evolución del sistema de vida artificial proyectado sobre la ballena. Esto planteó el problema inicial de establecer el criterio por el cual esta relación tendría lugar. En otras palabras, de qué manera la evolución de un comportamiento emergente (la que surge de la interre-

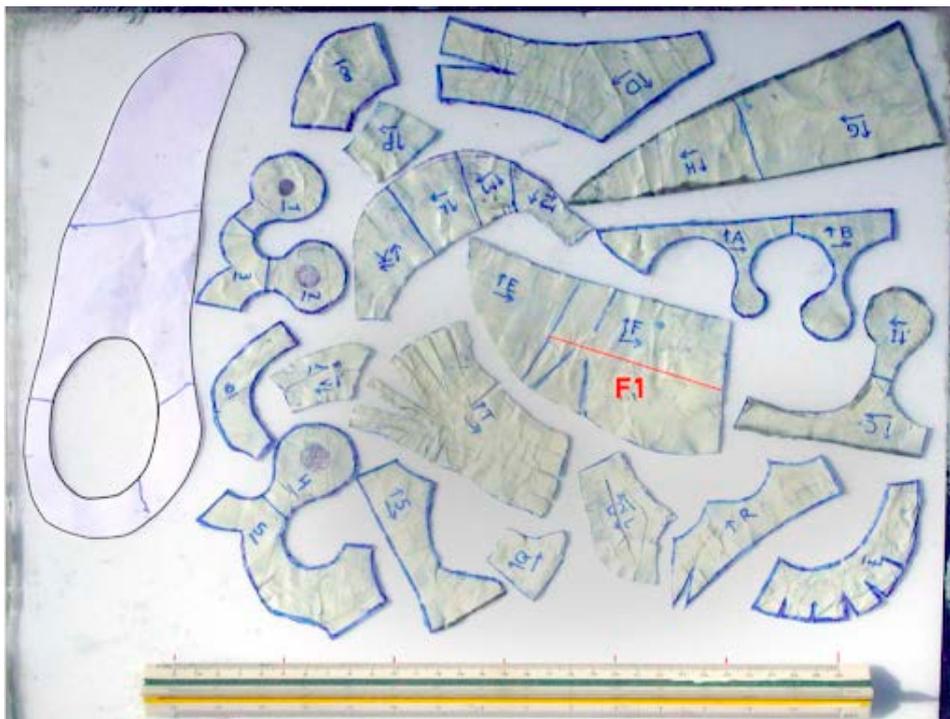


Figura 25

despiece del modelo del cráneo

lación entre cada uno de las criaturas virtuales del ecosistema) definiría la evolución de la música. Al igual que en trabajos anteriores, decidimos adoptar un criterio perceptual y establecer relaciones de tipo global entre las características más pregnantes de cada uno de los lenguajes. Para ponerlo en palabras simples, los cambios notablemente perceptibles en la imagen tienen su respuesta en cambios notables en la música. Las variables analizadas fueron:

1. La densidad de población, tanto global como de cada especie por separado.
2. Nivel de excitación de cada región.

Un aspecto fundamental a destacar es que, *estas variables fueron observadas no solamente desde su estado en cada instante, sino desde su evolución en el tiempo, centrándonos en la cantidad de cambio producido en la variación de las mismas*<sup>1</sup>.

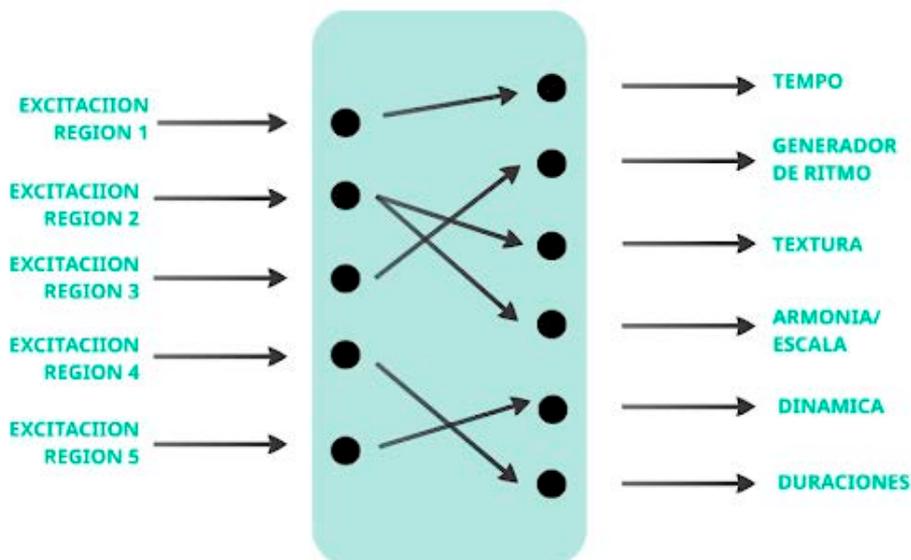
A nivel de diseño se establece un mapeo de datos, desde processing a pura data, en donde una matriz redirecciona los datos de entrada (por ejemplo los niveles de excitación de cada región) y determina qué parámetros musicales, y en qué medida, serán afectados. Así, por ejemplo, un mayor grado de excitación en una región puede definir una aceleración del ritmo, un crecimiento de la dinámica, un cambio de registro, etc.

De esta manera, existe una serie de “estados musicales”, cada uno de los cuales posee una serie de parámetros predefinidos que representan una analogía o complemento sonoro de la actividad visual, con el objetivo de mantener una coherencia sensorial global de la obra.

Esta decisión estratégica en el modo en que se relaciona la imagen y el sonido, propone una posición intermedia entre un control total de los

Figura 26

Matriz de mapeo de datos



parámetros por parte del público que interactúa y una mera expectación de un discurso totalmente definido a priori. La gente sabe que su interacción genera cambios en la obra que son claros y evidentes, pero al mismo tiempo estos cambios tienen una riqueza y complejidad que permiten múltiples lecturas del fenómeno.

### Consideraciones estéticas

La música acusmática (o de soporte fijo multicanal), se nutre de herramientas para abordar expresivamente diversos aspectos del sonido, como por ejemplo el moldeado espectral en el devenir espacio-temporal del sonido. En la tradición de la música acústica interpretada, estos aspectos son estructurales, pero las características expresivas son diferentes. En un contexto de música interpretada o en una performance instrumental, tenemos una tendencia natural a asociar el sonido con un instrumento y con una acción interpretativa. En una situación acusmática la ambigüedad en varios aspectos de un sonido nos posibilitaría trazar otros tipos de asociaciones (por ejemplo un objeto construido por la superposición ordenada de varios objetos sonoros de espectros diferentes, siendo difundido por más de un parlante). Desde un enfoque hacia la hibridación y la expresividad tímbrica, la etapa de diseño de sonido se propuso asociar sonidos de naturalezas diferentes. Esta concepción condujo hacia el diseño de una amplia gama de sonoridades híbridas, partiendo desde bandas de ruido, sonidos instrumentales y sonidos sintetizados, generando objetos con asociaciones a situaciones simbólicas diversas, moldeando sus espectromorfologías<sup>2</sup> en el espacio/tiempo y aglutinándolos en ensambles dinámicos creando un entorno de fondo de mar subjetivo.

La obra Osedax propone una circulación en el fondo del mar, interactuando con seres microscópicos aumentados que viajan sobre un esqueleto de ballena, generando cambios en dicho ecosistema. De la conciencia en la interacción, dependerá un devenir en calma o en saturación (contaminación). La obra se emplaza en un amplio recinto para ser recorrido por el público sin ningún orden o pauta de circulación espaciotemporal salvo

por un punto de entrada/salida.

El planteo sonoro fue concebido desde esta espacio-temporalidad laxa y no lineal, a partir de un paisaje sonoro híbrido analógico-digital, sumergido en este equilibrio de latente alteración. Este organismo fue compuesto a través de la orquestación y vinculación de numerosos objetos sonoros capaces de atravesar diferentes estadíos, hasta evocar el desequilibrio y la contaminación.

Dado este escenario, el diseño de sonido no sólo parte de ser cohesivo con los componentes visuales y las premisas del comportamiento del ecosistema, sino también potenciar la inmersividad y la subjetividad en esta experiencia de realidad aumentada.

## Diseño de sonido

El planteo sonoro está desarrollado según las premisas que implican situaciones extremas entre la calma y la contaminación, es decir, 5 estadíos que puedan focalizarse por zonas según la interacción del público. Como la relación espacio-temporal del sonido es muy diferente a las proyecciones, se creó una paleta híbrida electroacústica compuesta de sonoridades muy contrastantes y complementarias que pudieran coexistir en una situación de máxima actividad. A su vez, Los planos que integran dicha masa sonora debían articularse desde un contrapunto pseudo-aleatorio.

En este marco, el diseño de sonido se desarrolló desde dos ejes en vinculación. El primero, a nivel estético, involucra aspectos sonoros puestos en relieve en pos de la identidad sonora de la obra en vinculación subjetiva con su concepto y con el imaginario visual. El otro, a nivel funcional, implica la articulación entre la acción del público y la respuesta sonora, desplegando una paleta de contenidos dinámicos a una lógica de posibilidades. Ambos ejes se retroalimentan en un entorno sonoro inmersivo materializado por una orquesta experimental de instrumentos virtuales híbridos. Estos son capaces de variar diversos parámetros en tiempo real, ensamblados en grupos de constante movimiento espectral.

Los aspectos estructurales en la concepción del planteo sonoro instrumental son principalmente el espectro y la envolvente dinámica, es decir su espectro-morfología, por sobre otros, como ser el campo de las alturas desde una perspectiva temperada. Esta característica estructural del sonido implicó varios puntos de complejidad a atender durante el desarrollo del diseño sonoro:

1. Identidad en el rango de su banda de frecuencias y dinámicas, enfocando en su espectro-morfología: de espectro homogéneo ó multi-tímbrico, y cómo cada evento se desenvuelve en el tiempo.
2. Esta concepción instrumental basada en la espectro-morfología y en muchos casos con afinaciones no temperadas o sin afinación, requirió una evaluación permanente al vincular el contenido sonoro con el software lógico de sonido, ya que, como se detalla en su apartado, la lógica administra direcciones de eventos cargados en un sampler, variando los parámetros: armonía (alturas organizadas en Pitch Class Sets), ritmo (ritmos y duraciones) y dinámica.

3. Complementariedad, riqueza tímbrica y balance en la superposición. Para tal fin se pautó una cantidad total de 16 instrumentos, agrupados de a 4, estableciendo 4 “Ensamblés” estéreo.
4. El entorno sonoro, a nivel funcional, debe propiciar la percepción de 5 estados diferenciables, entre la quietud o estabilidad (estado 1) y la contaminación (estado 5).

### Plataforma de herramientas en etapas de sonido

1. Herramientas de procesamiento y edición sonora
  - Sonidos acústicos, generación por síntesis
2. Mapeo en Sampler (Kontakt)
  - Sampleo. Construcción multilayer (ver Mapping Editor)
3. Sampler (Kontakt)
  - Procesos y controles nativos para el tiempo real
  - (Convolución, delay, filtros, modificación de ADSR )
4. Patch Pure Data
  - Asignación de nº de nota y densidad temporal, volúmenes, control de ADSR

### Diagrama de etapas

La orquesta se divide en 4 ensambles de 4 instrumentos, sonando todos simultáneamente, cada ensamble en un procesador.

Computadora 1 | PD > Kontakt Ensamble 1 > salida estéreo 1

Computadora 2 | PD > Kontakt Ensamble 2 > salida estéreo 2

Computadora 3 | PD > Kontakt Ensamble 3 > salida estéreo 3

Computadora 4 | PD > Kontakt Ensamble 4 > salida estéreo 4

### Sonido/Música y espacio

El tamaño pautado para la sala debe dar lugar a una escultura central de 12 metros de largo, 3 de ancho y 2,5 de alto. En todos los puntos del espacio descrito, hay sonido proveniente de 8 parlantes a una altura aproximada de 2 metros. Estos corresponden a las salidas estéreo de 4 computadoras. En cada computadora corre un ensamble de 4 instrumentos estéreo difundido por un par de parlantes correspondientes. Estos parlantes circundan la osamenta, a una altura y distancia que permite al público alejarse/acercarse del centro y sea visto desde otros planos de distancia sin obstáculos físicos o visuales.

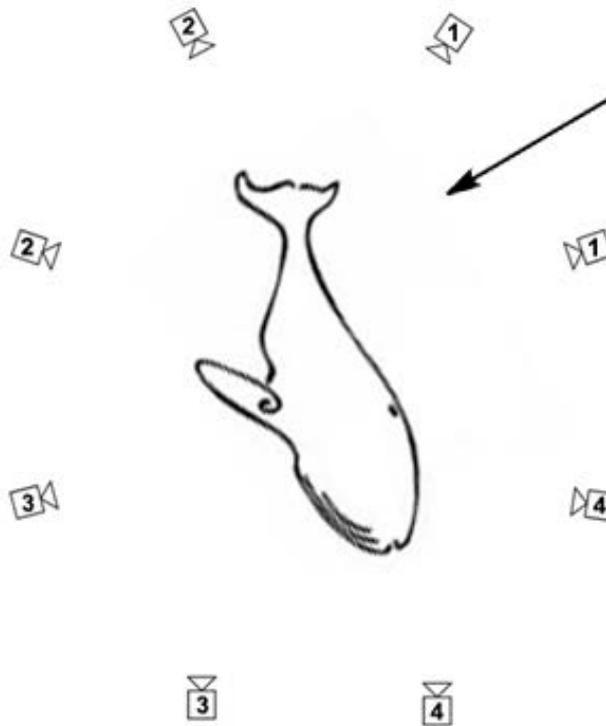


Figura 27

Vista central ballena rodeada de 4 pares de parlantes

### Instrumentos, detalle de diseño individual

La orquesta integra instrumentos virtuales contrastantes, algunos de espectromorfología simple (ataque y resonancia) y en otros más compleja (donde los eventos cambian en espectro e intensidad respondiendo a otras abstracciones o superposiciones sonoras). En la masa sonora coexisten entonces instrumentos que han sido diseñados a base de modelos físicos, otros partiendo de sonidos concretos procesados (instrumentales y no instrumentales) y otros instrumentos de naturaleza digital, compuestos por diferentes tipos de tonos puros, bandas de ruido y errores de lectura audio.

Imagen 28: La espectro-morfología final de cada instrumento resulta luego de una etapa de procesos cargados dentro del mismo sampler y de envolventes de su ADSR variables en el tiempo.

En la captura puede observarse el esquema de algunas etapas del sam-



Figura 27

Detalle de un instrumento en sampler

Figura 29

Detalle de un instrumento en sampler



pler, que involucra el mapeo de samples superponiendo dos capas de sonido a lo largo de casi 4 octavas.

Se aplica una convolución en tiempo real. La sonoridad resultante varía ante cada evento de diferente velocity controlada desde PD.

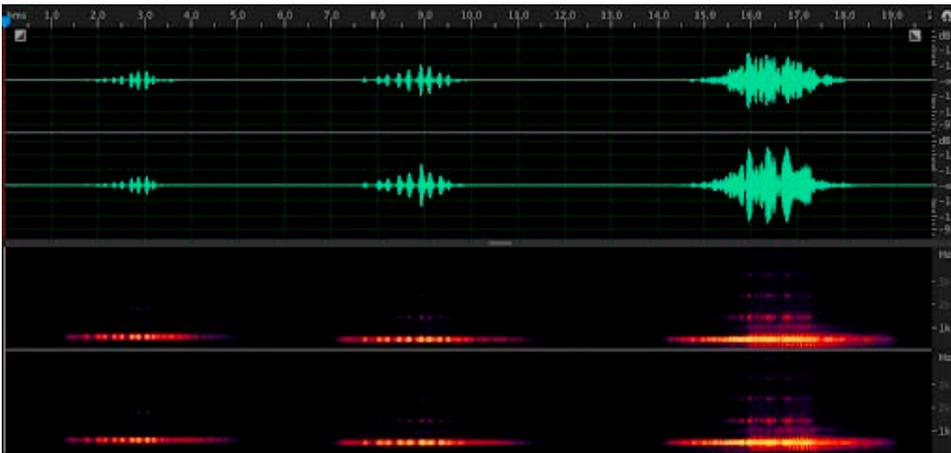


Figura 30

Captura del audio "osedax ensamble 2 estado 1 instrumento 1 campana 3 instancias.wav"

La envolvente ADSR es modificada en tiempo real controlada desde PD.

### Ensamblés

En la siguiente captura se observan 4 momentos sonoros correspondientes a eventos separados (hasta el segundo 13), cada uno corresponde a un instrumento del ensamble 2.

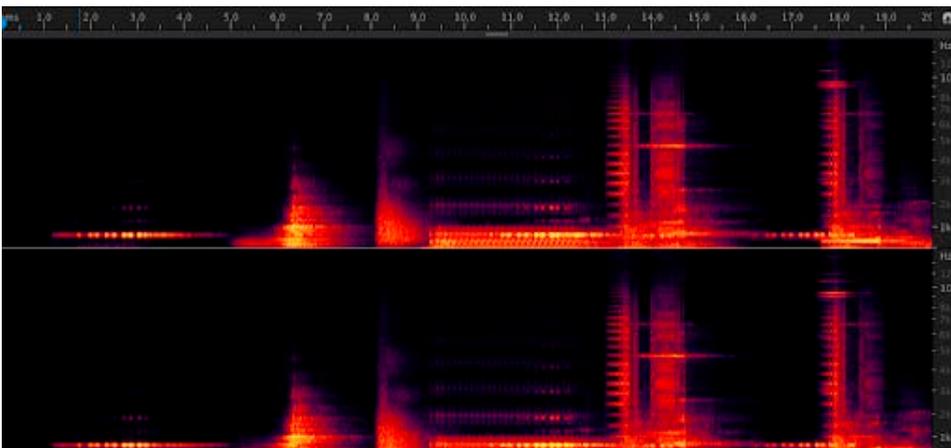


Figura 31

Captura del audio "osedax ensamble 2 estado 1 instrumentos separados.wav"

Se puede apreciar en el gráfico de frecuencia espectral las diferentes espectromorfologías de cada evento. A partir del segundo 13 se dan superposiciones por el cambio de estado (mayor actividad).

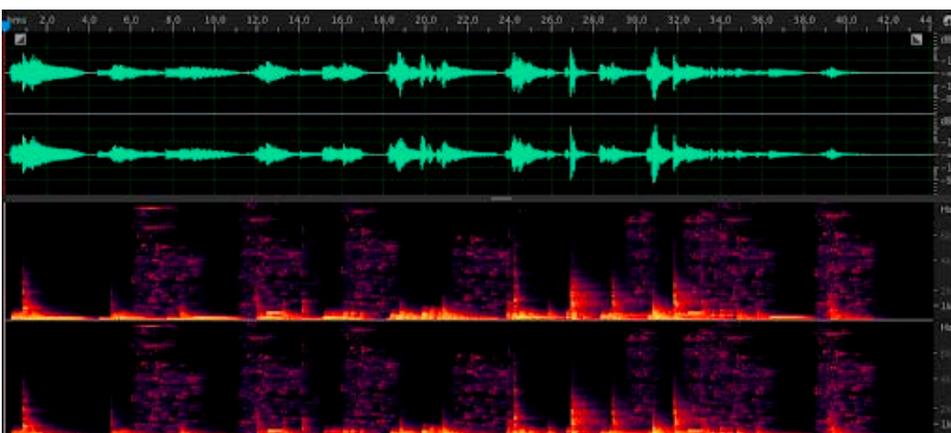
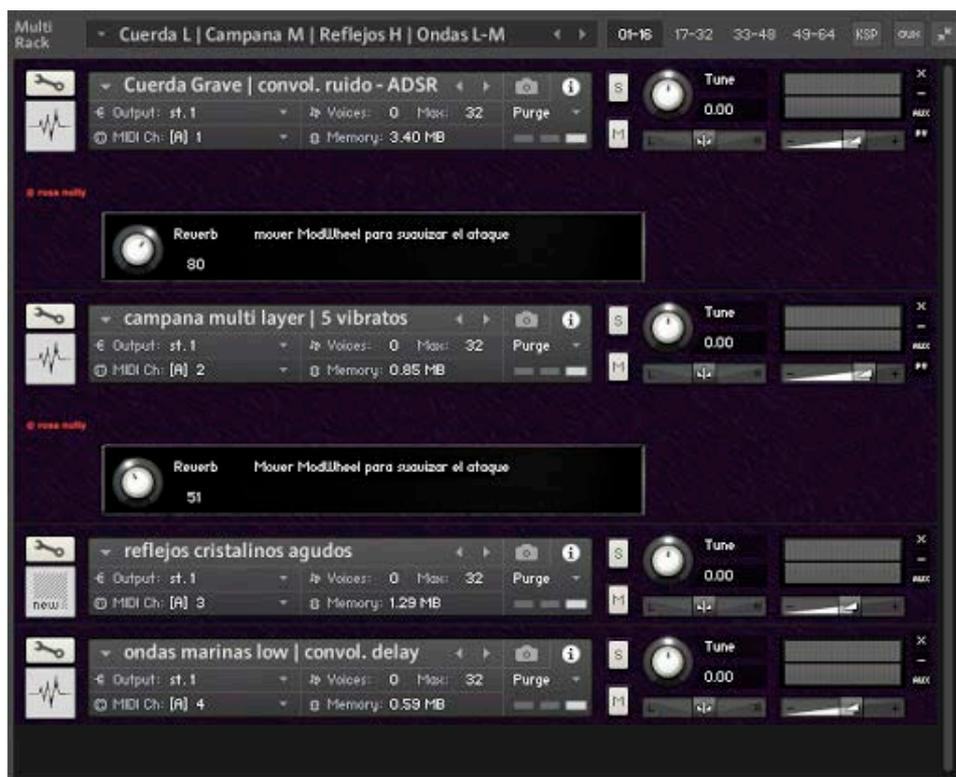


Figura 32

Imagen 32: Captura del audio "osedax ensamble 1 estado 2.wav"

Figura 29

Detalle del ensamble 2. Rack multi-instrumento en sampler



De estas ilustraciones a modo de ejemplo se pueden traducir dos recorres entre las numerosas combinaciones de envolventes y comportamientos espectralmorfológicos que han sido compuestas para posibilidades muy diversas en el devenir temporal de la obra.

## Conclusión

En el presente texto, hemos querido dar cuenta del arduo proceso que implicó la realización de la obra. Para el colectivo Biopus, así como el equipo de personas que participó del mismo, Osedax significó un desafío debido a las problemáticas involucradas como resultado de la escala de la escultura: la cantidad de equipo necesario y su interconexión, la gran superficie a cubrir con procesos de captura óptica, la distribución espacial de las proyecciones de video y el sonido. Debido a la escala y complejidad, la obra constituye un sistema de muchas aplicaciones informáticas, procesos y equipos, interactuando para producir la ilusión de una integridad, la ilusión del esqueleto como un único todo perceptivo. Esa ilusión no fue fácil de construir y la gran cantidad de problemáticas abordadas en este texto dan cuenta de que el fenómeno es más parecido al monstruo de Frankenstein (construidos de pedazos dispersos luego unidos mediante la costura), que al de un único objeto/ algoritmo en sí. Por esto, el proceso fue una búsqueda constante por encontrar la correcta articulación armónica de los recursos multimediales que permitiera llegar a esa ilusión. Esperamos que esta bitácora de producción sirva y propicie que otros artistas aborden desafíos similares y superadores de esto que para nosotros fue una aventura.

## Créditos de la obra:

Idea y Dirección General: BIOPUS (Emiliano Causa y Matías Romero Costas)

Programación de Software: Emiliano Causa y Matías Romero Costas

Diseño y dirección escenográfica: David Bedoian

Producción Escenográfica: Matías Jauregui Lorda, Juan Diego Fernández, Antonio Martínez Vigil

Diseño de Sonido: Rosa Nolly

Música: Matías Romero Costas y Rosa Nolly

Asistencia en Montaje: Proyecto 032 (Sebastián Nill y Lisandro Peralta)

## Notas

1. Causa, Emiliano y Romero Costas, Matías, *Vinculación entre imagen y sonido en los sistemas interactivos y de vida artificial*. Online en: [www.biopus.com.ar](http://www.biopus.com.ar)
2. La espectro-morfología es un concepto acuñado por el compositor Denis Smalley como una herramienta para describir y analizar la experiencia auditiva. Las dos partes del término aluden a la interacción entre el contenido espectral del sonido (espectro) y a las maneras en que éste cambia o es moldeado, adoptando una forma en el tiempo (morfología). Este enfoque está basado, en parte, en el Tratado de los Objetos Musicales de Pierre Schaeffer (1966). Ref. "*Spectromorphology: explaining sound-shapes*" Denis Smalley, Department of Music, City University, Northampton Square, London EC1V 0HB, UK. (1997)
3. ADSR: en inglés Attack, Decay, Sustain, Release. Es una envolvente de un parámetro, en este caso en particular aplica a la silueta dinámica del sonido, cómo cambia su intensidad en el tiempo.
4. Los audios pueden ser solicitados al email [rosanolly@gmail.com](mailto:rosanolly@gmail.com) ó descargarse en la dirección web [https://drive.google.com/drive/folders/1TXeshzq\\_l-ttp14X7m65tqjo3LkjdU9g?ogsrc=32](https://drive.google.com/drive/folders/1TXeshzq_l-ttp14X7m65tqjo3LkjdU9g?ogsrc=32)



# IMÁGENES VIVAS E INTELIGENTES

**Daniel Loaiza, Emiliano Causa, Gerardo Sanchez Olguin**  
Facultad de Bellas Artes - Universidad Nacional de la Plata

## RESUMEN

Este trabajo aborda la aplicación de algoritmos genéticos en la creación de imágenes originales a partir del análisis y combinación de datos obtenidos de un set de imágenes inicial.

Se explicarán los conceptos de cromosoma y gen, genotipo y fenotipo, selección, crossover, y mutación. Se explicará cómo implementar estas ideas atendiendo al objetivo de crear una imagen original a partir de la descomposición en datos de imágenes existentes. Se discutirán los procesos y criterios que se usaron en este caso para descomponer a la imagen en datos manteniendo la noción perceptiva y comunicativa de la misma.

En el proceso de selección se pondrá especial atención a la selección asistida por un usuario en lugar de un algoritmo que automatice el proceso de selección.

El código completo del programa desarrollado se encuentra disponible para su descarga y uso desde <https://github.com/d7aniel/Algoritmos-Geneticos>.<sup>1</sup>

1. Para quienes descarguen el código notarán que existen algunas diferencias en cuanto a la cantidad de variables y organización del código en general, se intentará resolver cualquier tipo de duda al respecto en github.

algoritmos genéticos,

pixel como dato

selección interactiva

## Algoritmo genético

Algoritmos generalmente usados para resolver problemas donde la cantidad de posibles respuestas es virtualmente infinita y encontrar la respuesta correcta mediante fuerza bruta (revisar todas las respuestas posibles) tomaría demasiado tiempo. Por ejemplo si queremos adivinar un número, la cantidad posible de respuestas es infinita ¿es cero, es diez, es cien?. Un algoritmo genético permite aproximarse al número correcto cambiando la respuesta y viendo como cada nueva respuesta se adapta a las condiciones. Por ejemplo si decimos cuarenta y nuestra respuesta está lejos y decimos cinco y nuestra respuesta está cerca sabemos que el número que queremos es menor a cuarenta(Shiffman, 2010).

El algoritmo genético funciona codificando información que representa a la respuesta posible, por ejemplo si queremos adivinar una frase, nuestro paquete de información podría ser una lista de palabras. Este paquete de información es llamado gen y va a ser heredado por una nueva criatura. Una criatura puede tener varios genes, al conjunto de genes vamos a llamar cromosoma. Un organismo puede tener uno o más cromosomas, con el objetivo de organizar la herencia de información maneras distintas.

La nueva criatura va a heredar la mitad de un paquete de información de una criatura y la mitad de otra mezclandolas con el objetivo de conseguir un gen superador, que se acerque más a la respuesta correcta, a este proceso llamamos **crossover**. Las dos criaturas que actúan como padres son escogidas en función de qué tan cercano es su gen al gen que corresponde a la respuesta correcta, este proceso es llamado **selección**. Por ejemplo si queremos adivinar la frase “Escribió un paper” y tenemos dos criaturas una con la lista “Escribo, Casa, Paper” y otro con la lista “Tengo un cachorro” la primera criatura tiene más posibilidades de ser escogida por que posee mayor cantidad de elementos en común con la frase a la que queremos llegar. Se llama aptitud a la variable que mide qué tan cerca se encuentra el elemento seleccionado al resultado que se quiere (Mitchell 1996).

Para expandir conceptos y conocimiento en relación a los algoritmos genéticos y su uso en el arte sugerimos como lectura el capítulo nueve de de el libro “Nature of code” de Daniel Shiffman y el artículo “Los Algoritmos Genéticos y su Aplicación al Arte Generativo” de Emiliano Causa.

### El Software

En la figura 1 se observa la interfaz del software, el mismo permite calificar una set de 30 imágenes correspondientes a imágenes de pinturas de dominio público, obtenidas del repositorio de acceso público y gratuito de [NGA images](#), de la “National Gallery of Art, Washington”. Tras haber calificado las imágenes con cualquier criterio que el usuario haya usado, un algoritmo genético procede a mezclar las imágenes generando un nuevo set de treinta imágenes que son hijas de las imágenes previas, por lo cual han mezclado sus rasgos y empiezan a predominar los rasgos que el usuario encuentre más apropiados según el criterio que haya decidido tomar al momento de calificar las imágenes.

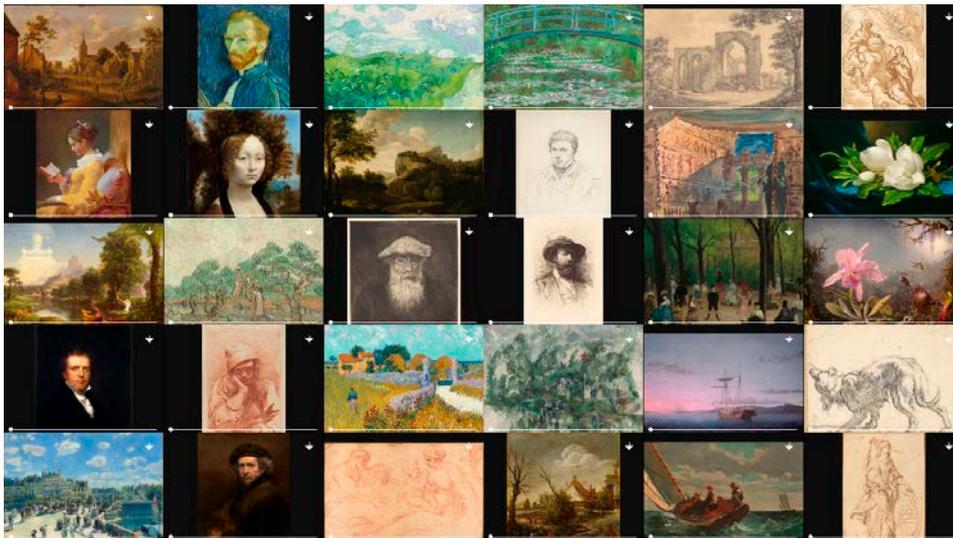


Figura 1

Interfaz inicial del software

## Rasgos - Datos

Al querer fusionar dos imágenes para generar una imagen nueva, inmediatamente nos vemos frente a la problemática de qué tomar de una imagen y qué tomar de otra, es decir cuáles son los rasgos que vamos a extraer de una imagen y cuales son los rasgos que vamos a extraer de otra. La respuesta en función del objetivo del proceso, en este caso el objetivo es una creación estética, por lo tanto el criterio que deberíamos atender al separar una imagen en rasgos consiste en extraer los rasgos que sean más significativos en términos perceptivos y discursivos. Con esto queremos decir dos cosas primero que el rasgo tiene que aportar sentido a la obra en cuestión y segundo que al variar ligeramente ese parámetro el comportamiento de la imagen puede cambiar totalmente.

Para entender mejor esto vamos a atender dos ejemplo uno correcto y uno incorrecto de a qué nos referimos en este artículo con rasgos perceptivos y discursivos.

El valor rojo, verde y azul de los pixels de una imagen, por ejemplo, son valores que no constituyen rasgos perceptivos-discursivos para la imagen. Si alteramos por ejemplo un píxel de la imagen sin importar la ubicación de este es muy poco probable que la lectura que podamos hacer de la imagen se vea afectada. No podríamos decir que ese valor aporta sentido, es constitutivo de la imagen, es un rasgo que no cambia la percepción humana de la imagen drásticamente.

Por otra parte veamos el ejemplo de la paleta de color de una imagen, este es un rasgo que incorpora sentido a la imagen, dos fotografías con la misma estructura de imagen sujeto y escena, generan lecturas totalmente distintos si alteramos la iluminación, y por ende el color.

Atendiendo a estas características en los rasgos extraídos vamos a centrarnos en características que cumplan funciones discursivas, esto a sabiendas de que lo que aporta el valor discursivo son las decisiones compositivas del artista con respecto al *espacio ficticio* que desarrolla dentro de la imagen (Belinche, Ciafardo 2015), por esa razón escogemos tres

rasgos que son siempre decisiones importante en el proceso compositivo: paleta de color, clave tonal y formas o estructuras en la imagen.

Teniendo en mente los rasgos que necesitamos nos enfrentamos a una nueva problemática, sabemos que estas características existen en la imagen, pero ahora necesitamos extraerlas, procesar la imagen y convertirla en datos.

**Nota para programación:** *Se va a utilizar la palabra lista como sinónimo de arreglo con el objetivo de hacer la lectura más amigable a diferentes tipos de público.*

**Paleta de color:** Para extraer la paleta de color de una imagen vamos a definir una organización del color en la imagen y crear mapas de cómo posicionar los colores según una gama de importancia determinada por la frecuencia de uso de los colores.

Hay que aclarar a qué nos referimos con “color”, cada uno de los pixeles de una imagen digital puede ser descompuesto en tres valores, uno para rojo otro para verde y uno para azul, pero podemos usar estos tres valores para determinar el color en valores de tonalidad y saturación, para nosotros la paleta de color va a estar compuesta justamente de las listas de las tonalidad y saturaciones según su uso en la imagen.

Primero tenemos que crear para cada imagen dos listas ordenadas según que cantidad de cada tonalidad y saturación se usa, para crear estas listas en primer lugar se asigna un nombre, en nuestro caso van a ser **hue** (tonalidad) y **sat** (saturación), luego vamos a crear dos arreglos que van a contener el histograma de tonalidad y saturación de la imagen. Los histogramas representan la distribución de frecuencia de cada una de las 255 posibilidades de tonalidad y color que tiene la imagen, pero no está ordenado, así que debemos ordenar los valores sin perder a que color corresponde cada cantidad.

Existe la posibilidad de que estas listas tengan valores repetidos y esto va a ocasionar problemas cuando queramos determinar el orden de uso de los colores. Por lo tanto tenemos que eliminar los duplicados pero sin eliminar los elementos y sin cambiar el orden que van a tener en un futuro estos elementos, la siguiente función recibe una lista y devuelve esa lista sin repeticiones y sin haber eliminado elementos:

```
float[] sinRepeticiones(float[] l) {
    ArrayList<Integer> rev = new ArrayList<Integer>();
    for (int i=0; i<l.length; i++) {
        if (l[i] == max(l)) {
            rev.add(i);
            break;
        }
    }
    int hack = 10000000;
    while (rev.size()>0 && hack >0) {
        for (int j=0; j<l.length; j++) {
```

```

        if (l[j] == l[rev.get(0)] && j != rev.get(0)) {
            l[j]--;
            rev.add(j);
        }
    }
    if (l[rev.get(0)]>0 && l[rev.get(0)]!=min(l) && rev.size()==1) {
        float masCercano = 1000000000;
        int indiceMasCercano = -1;
        for (int j=0; j<l.length; j++) {
            if (l[rev.get(0)]-l[j]<masCercano && l[rev.get(0)]>l[j]) {
                masCercano = l[rev.get(0)]-l[j];
                indiceMasCercano = j;
            }
        }
        rev.add(indiceMasCercano);
    }
    rev.remove(0);
    if (l[rev.get(0)]==0) {
        rev.clear();
    }
    hack--;
}
return l;
}

```

Posteriormente crearemos una versión ordenada de la lista a esta versión ordenada se le deben quitar los ceros. La siguiente función recibe un arreglo y devuelve el mismo elimina los ceros del arreglo:

```

float[] sinCeros(float[] arreglo) {
    int largo = 0;
    for (int i=0; i<arreglo.length; i++) {
        if (arreglo[i] != 0)
            largo++;
    }
    float [] arregloNuevo = new float[largo];
    for (int i=0, j=0; i<arreglo.length; i++) {
        if (arreglo[i] != 0) {
            arregloNuevo[j] = arreglo[i];
            j++;
        }
    }
    return arregloNuevo;
}

```

De esta forma tenemos dos listas (una tonalidad y otra saturación) que indican la cantidad de cada elemento y otras dos de dimensiones diferentes, por los ceros eliminados, que indican en qué posición está esa cantidad. Finalmente vamos para crear nuestras listas hue y sat usando las dimensiones de la listas ordenadas y asignamos a la posición uno el valor del color más predominante a la dos la del segundo y así sucesivamente. La siguiente función recibe la lista ordenada y desordenada y devuelve una lista ordenada que indica en qué posición se encuentra cada color según su uso.

```
int[] getArregloDeColoresOrdenado(float[] desordenado, float[] ordenado) {
    int[] arreglo = new int[ordenado.length];
    for (int c = 0; c < ordenado.length; c++) {
        for (int i = 0; i < 256; i++) {
            if (desordenado[i] == ordenado[c]) {
                arreglo[c] = i;
                break;
            }
        }
    }
    return arreglo;
}
```

Para recapitular veremos el código de todo el proceso para crear las listas hue y sat:

```
//-- asignamos nombres
int[] hue;
int[] sat;
void calcularListas(PImage img) {
    //-- creamos histogramas
    float[] histHue = new float[256];
    float[] histSat = new float[256];
    for (int i = 0; i < img.width; i++) {
        for (int j = 0; j < img.height; j++) {
            int hue = int(hue(img.get(i, j)));
            histHue[hue]++;
            int saturation = int(saturation(img.get(i, j)));
            histSat[saturation]++;
        }
    }
    //-- eliminamos las repeticiones sin eliminar los elementos
    histHue = sinRepeticiones(histHue);
    histSat = sinRepeticiones(histSat);
}
```

```

    //-- creamos una version ordenada de las listas
    //-- la funcion sort() devuelve una version ordenada sin alterar la
original
    float[] hueOrdenados = sort(histHue);
    float[] satOrdenados = sort(histSat);
    //-- eliminamos los valores que tienen 0 en las listas ordenadas
    hueOrdenados = sinCeros(hueOrdenados);
    satOrdenados = sinCeros(satOrdenados);
    //-- finalmente asignamos los valores de nuestras listas
    hue = getArregloDeColoresOrdenado(histHue, hueOrdenados);
    sat = getArregloDeColoresOrdenado(histSat, satOrdenados);
}

```

Ahora que tenemos dos listas (tonalidad y saturación) ordenadas para crear los colores que usa la imagen, necesitamos almacenar el lugar en el espacio que le corresponden a dichos colores para lo cual creamos un mapa que contenga la distribución de la tonalidad y otro para la saturación en la imagen, estos mapas deben contener valores normalizados donde el uno es el más utilizado y el 0 es el menos utilizado.

```

float[] mapaTonalidad =new float[ancho*alto];
float[] mapaSaturacion =new float[ancho*alto];
for (int i = 0; i < img.width; i++) {
    for (int j = 0; j < img.height; j++) {
        int indice = j*g.width+i;
        int tono = int(hue(img.get(i, j)));
        int saturacion = int(saturation(img.get(i, j)));
        mapaTonalidad[indice] = masCercado(hue, tono);
        mapaSaturacion[indice] = masCercado(sat, saturacion);
    }
}

```

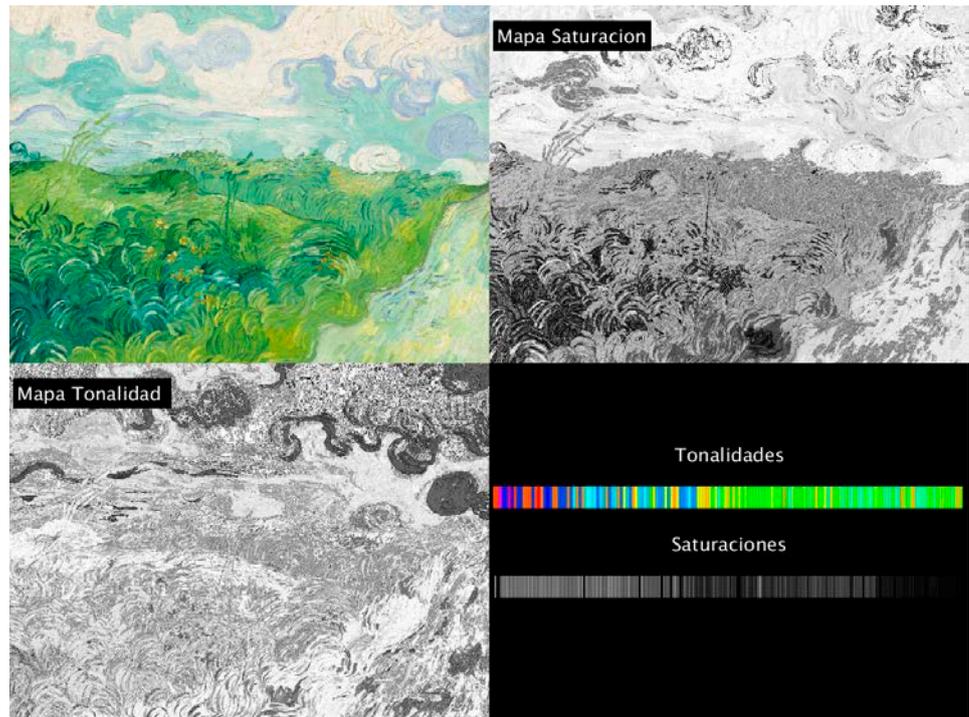
La función **masCercano** compara los valores de la imagen con todos los valores de la lista hasta encontrar el valor más cercano, el índice de ese color será la posición de uso de ese color, esa posición se divide para la cantidad de posiciones y así se obtiene un valor normalizado para el mapa.

De este proceso nuestro cromosoma debe tener cuatro genes, un mapa de distribución de tonalidad, uno para la saturación, una lista de colores posible en orden ascendente desde el menos usado al más usado y uno lista con las mismas características para la saturación. En el siguiente ejemplos la pintura es reconstruida construida combinando la información en sus mapas y la lista de colores disponibles.

**Clave tonal:** Ahora con la clave tonal vamos a proceder de una forma similar, sin embargo hay una importante diferencia, vamos a considerar que en una imagen la clave tonal está dada por la concepción con respecto al funcionamiento de la luz que tenemos como seres humanos por nuestra experiencia diaria, aun cuando en una imagen no existe la idea de

Figura 2

Ilustración los mapas de tonalidad y saturación acompañados de las listas correspondientes



luz o iluminación podemos determinar un caso hipotético de cómo está siendo iluminada la pieza, por esta razón lo que nos importa extraer al referirnos de la clave tonal es la composición de la luz en la imagen. Para lo cual vamos a tomar el píxel más iluminado de la imagen y el menos iluminado, si estos puntos se corresponden a los valores de blanco y negro sabemos que la clave tonal es una clave mayor, caso contrario es una clave menor.

Segundo vamos a determinar un valor promedio de toda la iluminación en la imagen, básicamente haciendo un promedio del brillo de todos los pixels. Si el punto promedio está a la mitad del rango de brillo es una clave media, de lo contrario será alta o baja según hacia dónde se aleje la clave.

Si el valor máximo ronda el 255 (blanco) y el mínimo ronda el 0 (negro), la clave será mayor, de otra forma será menor. Después debemos encontrar un punto promedio de los todos valores de la imagen. si el punto intermedio está alrededor de 127 será una clave media mientras si se aleja hacia el 255 o el 0 se comportara como una clave alta o baja según corresponda. Para obtener los datos necesarios:

```
float brilloMax = -1;
float brilloMin = 100000;
float brilloPromedio = 0;
for (int i = 0; i < img.width; i++) {
    for (int j = 0; j < img.height; j++) {
        float brillo = brightness(img.get(i, j));
        brilloPromedio+=brillo/255.0;
        brilloMax = brilloMax<brillo?brillo:brilloMax;
        brilloMin = brilloMin>brillo?brillo:brilloMin;
```

```

    }
}
brilloPromedio/=(img.width*img.height);
brilloPromedio*=255.0;

```

Finalmente debemos crear un mapa para conservar la posición en el rango de iluminación obtenido para cada pixel de la imagen, sin embargo este mapa va a tomar como punto máximo no el punto máximo de iluminación posible, sino el punto máximo de iluminación que exista en la imagen, de igual forma con el mínimo y el valor intermedio va a ser el promedio, estos como vemos son los valores que obtuvimos previamente.

La clave naturalmente cambia de una imagen a otra por lo tanto hay que normalizar los valores, pero esta vez vamos a hacerlo de -1 a 1, siendo 0 el punto promedio, -1 el mínimo y 1 el máximo. Y estos serán los valores para nuestro mapa de clave tonal.

```

float[] mapaClaveTonal =new float[ancho*alto];
for (int i = 0; i < img.width; i++) {
    for (int j = 0; j < img.height; j++) {
        int indice = j*g.width+i;
        int brillo = int(brightness(img.get(i, j)));
        mapaClaveTonal[indice] = brilloSegunPuntos(brillo);
    }
}

```

La función **brilloSegunPuntos** recibe un valor entre *brilloMin* y *brilloMax* y devuelve ese valor mapeado entre 1 y -1 tomando como punto medio el *brilloPromedio*.

```

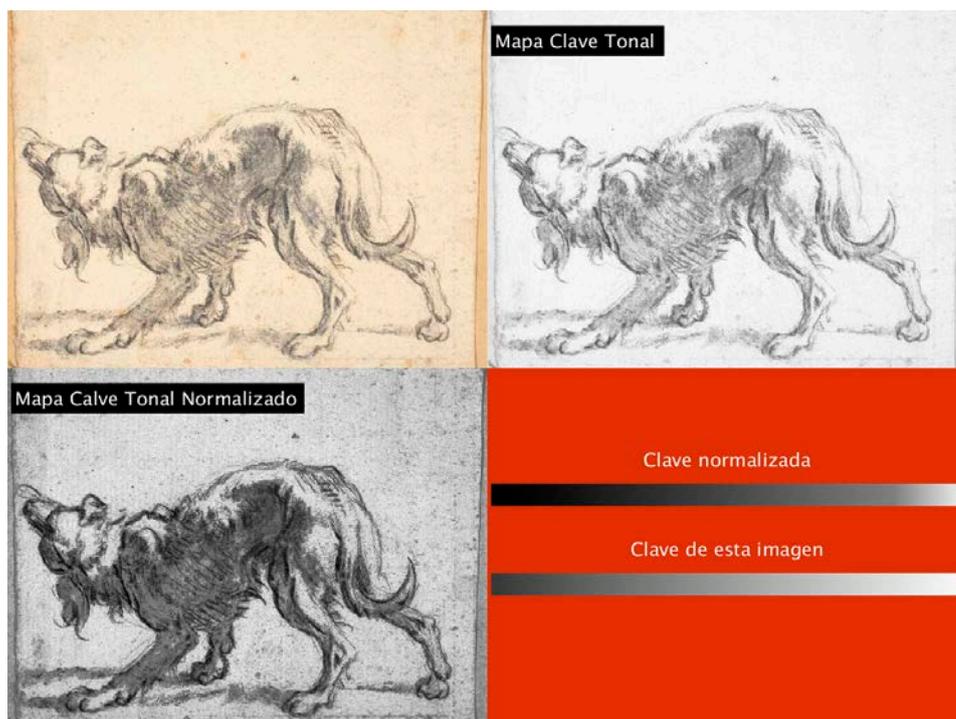
float brilloSegunPuntos(float brillo) {
    float b = 0;
    if(brillo>briPromedio){
        //-- si el brillo es mayor al promedio
0 a 1    //-- devolver un valor entre brilloPromedio y brilloMax mapeado de
        b = map(brillo, brilloPromedio, brilloMax, 0, 1);
    }else if(brillo<briPromedio){
        //-- si el brillo es menor al promedio
0 a -1   //-- devolver un valor entre brilloPromedio y brilloMin mapeado de
        map(brillo, brilloPromedio, brilloMin, 0, -1);
    }
    //-- si brillo es igual al promedio devuelve 0
    return b;
}

```

El mapa de clave tonal al estar normalizado va a adquirir cualquier clave

Figura 3

Ilustración de la clave tonal de la imagen



tonal dependiendo de el máximo, mínimo y promedio de brillo que se le asigne. Pero conservará su distribución en el espacio.

Hemos agregado a nuestro cromosoma dos nuevos genes, un mapa de la distribución de la clave tonal y otro de el rango y punto intermedio del brillo que se emplaza en el mapa.

**Estructuras presentes en la imagen:** Al hablar de las estructuras nos referimos a aquello cuyo perímetro podemos delimitar como un configuración dentro de la más grande totalidad de la imagen. Por ejemplo el dibujo de un gato sobre el paisaje de un jardín, podemos extraer al gato como una configuración. Es fundamental comprender que la estructura no es un objeto trasladado de una realidad a un soporte artístico, sino más bien una abstracción de “algo” a la que se a moldeado para hacerla perceptible y comunicable (Belinche, Ciafardo 2015). Es precisamente el rasgo de ser algo comunicable la razón por la cual la forma resulta atractiva para ser uno de los parámetros a los cuales el algoritmo debería prestar especial atención.

Para extraer las estructuras tenemos primero que delimitar los contornos de estas formas, existen varios algoritmos que permiten hacer esto, la mayoría toma como criterio el brillo de los pixeles para diferenciarlos unos de otros y encontrar bordes. En este caso en concreto vamos a usar el algoritmo de “edge detection” de la librería de procesamiento de imagen OpenCV. El algoritmo devuelve una serie de contornos presentes en la imagen, los cuales usamos para delimitar las estructuras que existen.

```
OpenCV opencv = new OpenCV(this, 640, 480);  
/-- cambiar estos valores cambian el tamaño de las estructuras resultantes  
tamBloque = 150;
```

```

constante = 3;
ArrayList<Contour> contornos;
void filtrar(PImage img) {
    opencv.loadImage(img);
    opencv.gray();
    opencv.contrast(contrast);
    if (tamBloque%2 == 0) tamBloque++;
    if (tamBloque < 3) tamBloque = 3;
    opencv.adaptiveThreshold(tamBloque, constante);
    opencv.invert();
    opencv.dilate();
    opencv.erode();
    opencv.blur(1);
    contornos = opencv.findContours(true, true);
}

```

Tomamos las tres estructuras más predominantes de la imagen y formamos con ellas otras tres imágenes de las mismas dimensiones que la imagen original pero haciendo invisibles a todos los pixels que no corresponden a la estructura dentro del contorno.

```

PImage[] getMascaras() {
    PImage[] mascararas = new PImage[3];
    PGraphics g;
    for (int i=0; i<3; i++) {
        Contour contour = contornos.get(i%contours.size());
        g = createGraphics(opencv.width, opencv.height);
        g.beginDraw();
        g.background(0);
        g.fill(255);
        g.noStroke();
        g.beginShape();
        for (PVector point : contour.getPoints()) {
            g.vertex(point.x, point.y);
        }
        g.endShape();
        for (int j=(i+1); j<3; j++) {
            g.fill(0);
            Contour contourDiff = contours.get(j%contours.size());
            g.beginShape();
            for (PVector point : contourDiff.getPoints()) {
                g.vertex(point.x, point.y);
            }
        }
    }
}

```

```

        g.endShape();
    }
    g.endDraw();
    mascarar[i] = g;
}
return mascarar;
}

```

Como vemos el tipo de dato donde guardamos la información de la transparencia es PImage, que es un tipo exclusivo de processing, para tener un código más fácil de transportar de una plataforma a otra vamos a cambiar el tipo de dato y usar un arreglo de tipo flotante como lo hicimos con los otros mapas.

```

float[] mapaAlphaMascara;
for (int i = 0; i < img.width; i++) {
    for (int j = 0; j < img.height; j++) {
        float alpha = alpha(img.get(i, j));
        mapaAlphaMascara[indice] = alpha;
    }
}

```

Figura 4

Estructuras más predominantes de la imagen



Después a cada una de estas imágenes las vamos a dividir en los mismos seis parámetros que usamos anteriormente para la paleta y la clave tonal. Para tener una mejor organización cada una de estas imágenes va a corresponderse con un cromosoma, de esta forma todo organismo va a contar con un fondo y tres formas que se superponen a ese fondo, todo organizado en cuatro cromosomas.

**La información genética de nuestras imágenes:** Finalmente tras haber extraído toda la información que se ha detallado, las estructuras que detectamos en la imagen van a corresponderse a un cromosoma cada una y la imagen original va a ser otro cromosoma, para un total de cuatro. Cada cromosoma va a tener los siguientes siete genes:

```
lista de tonalidad en orden de uso,
lista de saturaciones en orden de uso,
puntos de mayor, menor y promedio de iluminación (clave tonal)
mapa de la distribución de tonalidad
mapa de la distribución de la saturación
mapa de la distribución de la clave tonal
mapa de la transparencia de pixeles
```

Si bien tenemos toda la información organizada con una nomenclatura que facilita su entendimiento, esta organización complejiza las cosas al momento de mezclar los genes. Razón por la cual vamos a optar por crear para cada cromosoma un paquete que contenga todos los genes, este paquete será del tipo `ArrayList` que permite tener diferentes tipos de datos para cada elemento.

```
ArrayList genes = new ArrayList();
genes.add(hue);
genes.add(sat);
/-- bri es un arreglo de tres posiciones
/-- que tiene el brillo minimo, promedio y máximo.
genes.add(bri);
genes.add(mapaTonalidad);
genes.add(mapaSaturacion);
genes.add(mapaClaveTonal);
genes.add(mapaAlphaMascara);
```

## Genotipo y Fenotipo

La noción de genotipo hace referencia al conjunto de genes que están dentro de cada célula de un organismo, estos genes pueden afectar o no al mismo. Cuando lo hacen van a tomar forma como un rasgo físico o mental de ese organismo, eso es el fenotipo, podemos entonces definir al genotipo como el conjunto de *genes* de un organismo y el fenotipo como el conjunto de *rasgos* de un organismo (Mitchell 1996).

Es importante tener en cuenta estos dos conceptos, ya que permiten repensar nuevos comportamientos en los sistemas. En nuestro ejemplo podemos decir que el fenotipo es la imagen en sí y el genotipo es el cromosoma que creamos, en este programa no tenemos ningún rasgo que dependa de condiciones externas, pero es fundamental entender que el cromosoma y

la imagen no tienen porqué tener el mismo resultado siempre, podría haber un gen que dependiendo de ciertas circunstancias altere o no a la imagen.

Antes de entrar en el proceso del algoritmo genético vamos a repasar un poco la estructura de nuestro genotipo y hablar de la población. Cada una de nuestras imágenes va a ser conceptualizada como un organismo que posee cuatro cromosomas, cada uno con siete genes. Para poder mezclarlos entre sí estos deben ser parte de un grupo, por lo tanto crearemos algo para contener y aplicar funciones específicas a este grupo. Este objeto se llamará población y en esencia va a ser un objeto que tiene un arreglo de Organismos dentro de sí, por facilidad semántica también vamos a llamar a este arreglo población.

## Algoritmo Genético

Finalmente se va a mostrar el algoritmo genético como tal, la versión más simple del mismo está compuesto de tres etapas que vamos a analizar: selección, crossover y mutación.

### Selección

Este proceso de selección consiste en tomar dos organismos que van a ser los padres de una nueva criatura, para seleccionarlos sus cromosomas tienen que haber sido puestos a prueba contra el “mundo” en el que estos organismos viven, entre más apto es el fenotipo de ese o esos cromosomas, mayor probabilidad tiene el mismo para ser escogido para la reproducción (Shiffman 2012).

Rápidamente notaremos que aparece una nueva variable, la aptitud de un cromosoma, usualmente en un algoritmo genético, para evaluar dicha aptitud vamos a hacer que nuestro organismo realice una tarea, intente resolver un problema o algo similar y evaluaremos los resultados que obtuvo, entre más se aproxime al resultado deseado mejor será su aptitud y mayores probabilidades tendrá de reproducirse.

En nuestro caso lo que estamos buscando es una construcción estética original y conceptualizar este objetivo como un problema en programación resulta muy complejo, quizá imposible. Sin embargo existe la posibilidad de que el usuario califique las producciones del algoritmo a partir de su criterio estético y la aptitud de cada organismo se modifique en función de ese criterio, a esto llamaremos selección interactiva (Sims 1991).

La forma de interacción que hemos escogido para el programa es una grilla con las imágenes, bajo cada imagen hay un slider que permite calificar a cada una según el criterio estético de la persona que interactúa. La aptitud de ese organismo es determinada en función de dicha calificación.

Ahora usamos la aptitud de cada organismo para determinar la probabilidad de que el mismo sea escogido el momento de reproducirse. Aquí nos enfrentamos a una problemática clásica, tomar objetos al azar tomando en cuenta diferentes probabilidades para los objetos. Existen

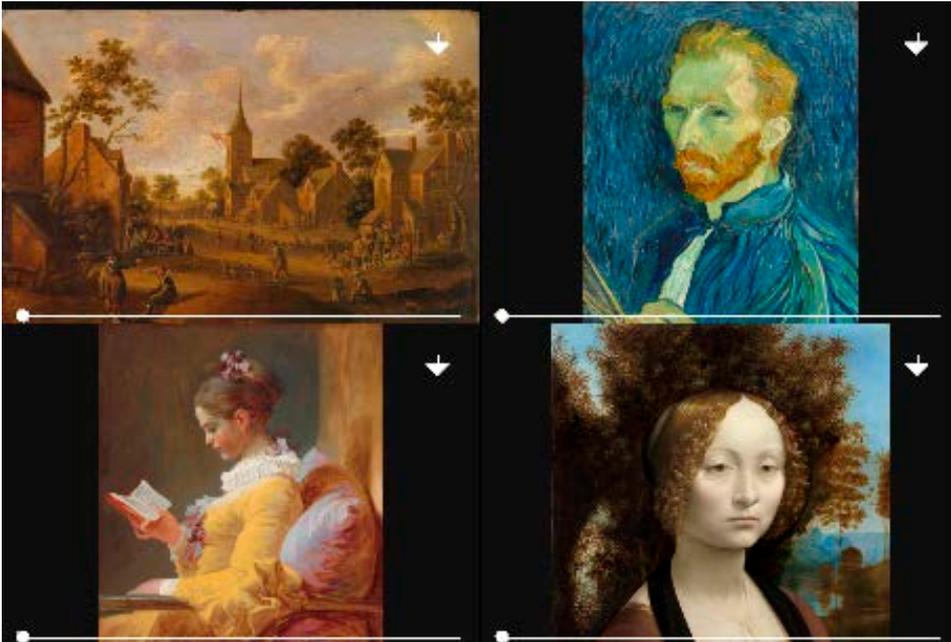


Figura 5

GUI del software

varias formas de enfrentar esta problemática. Sin embargo algunas requieren tener una piscina gigantesca de objetos, otras necesitan calcular la probabilidad de cada objeto de tal modo que sumen un total de cien por ciento. El método que proponemos es tanto sencillo como eficiente, tomamos un índice al azar y preguntamos si la aptitud del organismo al que le pertenece es mayor que una aptitud al azar, evidentemente notamos como entre mayor sea la aptitud mayor probabilidad de que la condición se cumpla.

La siguiente función devuelve un Organismo basado en su aptitud desde un arreglo llamado población.

```
Organismo getEltern() {
    int hack = 0;
    Organismo eltern = null;
    while (true && hack<10000) {
        int indice = floor(random(poblacion.length));
        eltern = poblacion[indice];
        float r = random(aptitudDelMejor);
        if (r<eltern.aptitud) {
            return eltern;
        }
        hack++;
    }
    return eltern;
}
```

## Crossover

Tras haber seleccionado los padres de una criatura viene el proceso de crossover, el cual consiste en tomar genes de los padres y mezclarlos en una nueva criatura. Es importante recalcar que en el proceso de crossover no existe una modificación de los genes, los genes se mezclan exactamente igual a como fueron extraídos, las imágenes resultantes tienen los mismos genes que las originales pero en órdenes y distribuciones distintas. No se inventa información sino que se usa la existente para concebir nuevos resultados.

Para la mezcla de dos criaturas lo que debemos hacer es tomar cada uno de los cromosomas y combinar sus genes tomando al azar algunos genes de una criatura y algunos de la otra, para esto vamos a crear una función que reciba el arraylist con los genes de cada cromosoma y devuelve un arraylist con los genes mezclados.

```
ArrayList mezclar(ArrayList g1, ArrayList g2) {
    ArrayList ng = new ArrayList();
    for (int i=0; i<g1.size(); i++) {
        if (forzado[i] == 0) {
            ng.add(g1.get(i));
        } else {
            ng.add(g2.get(i));
        }
    }
    return ng;
}
```

Tenemos que repetir esto para cada cromosoma, esto se realizará dentro del constructor del organismo, en la siguiente tabla podemos ver la implementación del método para realizar el crossover:

```
//-- seleccionamos dos organismos según su aptitud
Organismo A = getEltern();
Organismo B = getEltern();
//-- creamos una nueva criatura

Organismo criatura = new Organismo(A, B);
```

## Mutación

La mutación permite que cuando el algoritmo haya agotado todas las posibilidades que sus genes le permiten, si aun así no ha encontrado una solución esperada entonces crea nuevos genes que pueden acercarse mejor al resultado deseado.

En nuestra organización, de 30 organismos con 4 cromosomas cada uno y cada cromosoma con 6 genes que se intercambian entre organismos tenemos una cantidad de probabilidades cuyo número escrito tiene 36 cifras. Son muchas probabilidades, si a esto le sumamos que nuestro proceso de selección está hecho por un ser humano, los tiempos de cada época pueden ser varios minutos. Jamás se completan las épocas suficientes para que la mutación sea realmente necesaria.

Dicho esto, nos parece importante al menos dar una explicación sobre cómo se aplica de forma tradicional la mutación a algoritmos genéticos y en qué situaciones y bajo qué criterios sería interesante la aplicación de este proceso.

El más simple de los procesos de mutación consiste en cambiar totalmente al azar algunos bits de un gen (Mitchell 1996). Este proceso se hará con una probabilidad determinada de antemano, la probabilidad de mutación suele ser baja ya que entre más alta es, más ineficiente es el algoritmo, sin embargo en sistemas altamente caóticos, es decir con muchos elementos, encontrar los elementos adecuados requiere de niveles de mutación ligeramente más altos ya que esta es la única forma de incorporar a la piscina de selección los genes que no estaban en juego y así encontrar la mejor solución.

En casos para generar imágenes bajo los parámetros que trabajamos, resultaría interesante variar sobre las listas que determinan la paleta de color y la clave tonal. También se podrían crear formas generativamente. Los mapas de color y clave tonal son dados por la estructura de las pinturas originales y en este desarrollo fue un elemento que se quiso mantener desde un principio, esta es la única razón por la cual no se modifican los mapas para la mutación, sin embargo es una posibilidad y un posible desarrollo futuro.

## Resultados

Finalmente tras este proceso obtenemos la mezcla de organismos, Aquí algunos ejemplos:

En las figuras 6a-d observamos como de las dos imágenes iniciales (las dos en la parte superior de la ilustración) generamos una tercera imagen hecha a partir de la mezcla de los parámetros que hemos cubierto previamente,

Nota: A los lados de la imagen se pueden ver qué genes tomó de cada uno de los cromosomas de las imágenes correspondientes.

Los ejemplo anteriores se obtiene tan solo después de una generación, es decir tiene genes pertenecientes a dos imágenes iniciales, sin embargo podemos continuar mezclando genes incorporando rasgos de varias imágenes base y generando composiciones mucho más complejas que divergen en mayor grado de las imágenes base.

Figura 6a



Figura 6b



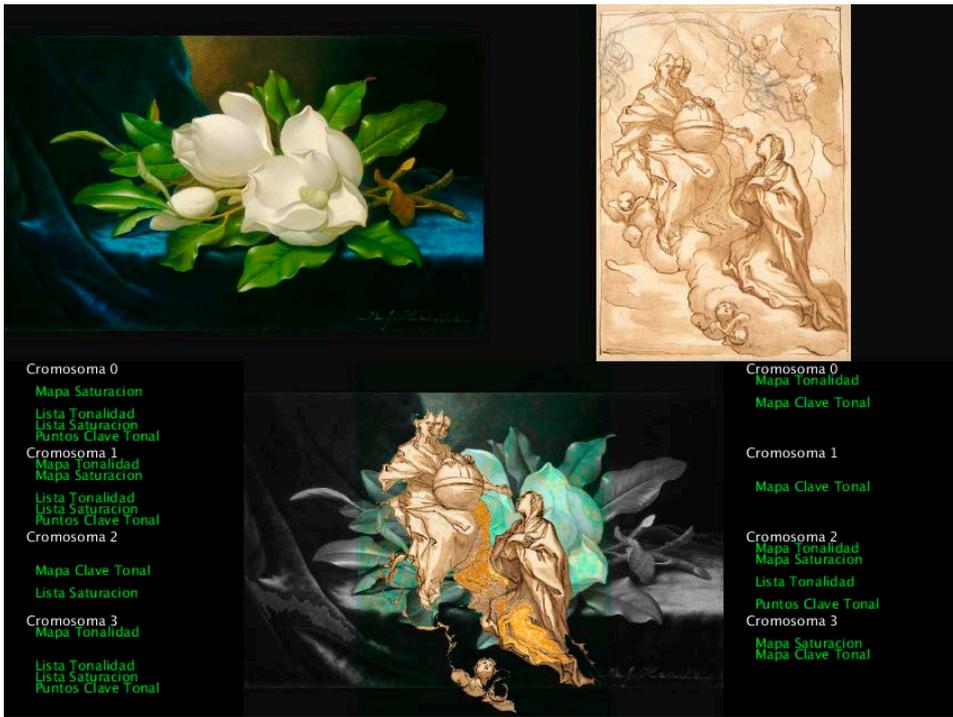


Figura 6c

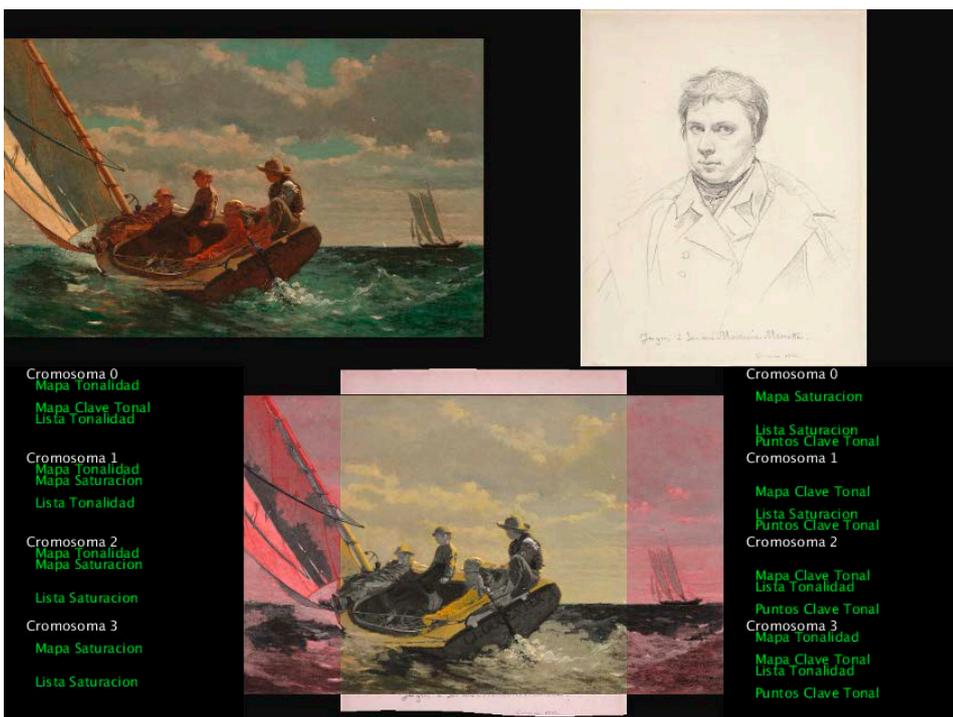


Figura 6d

Figura 7a



Figura 7b

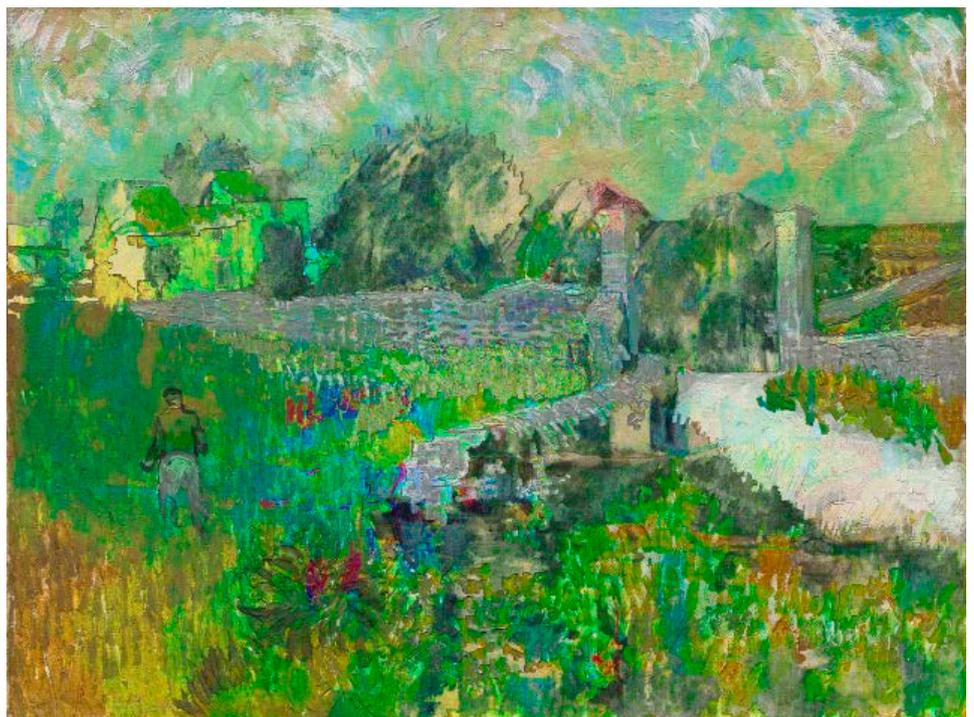




Figura 7c

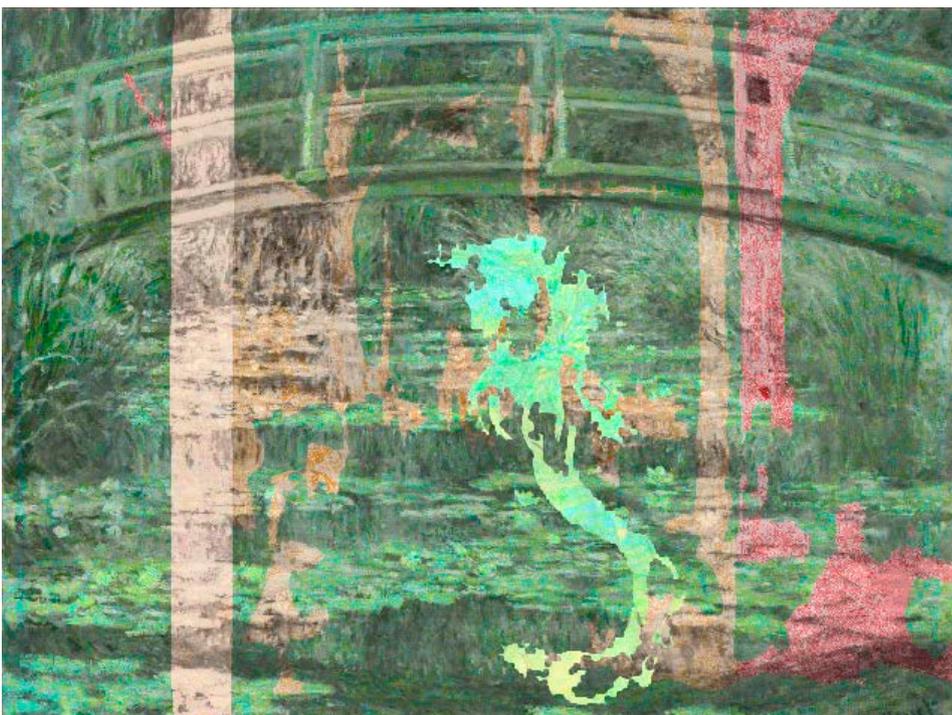
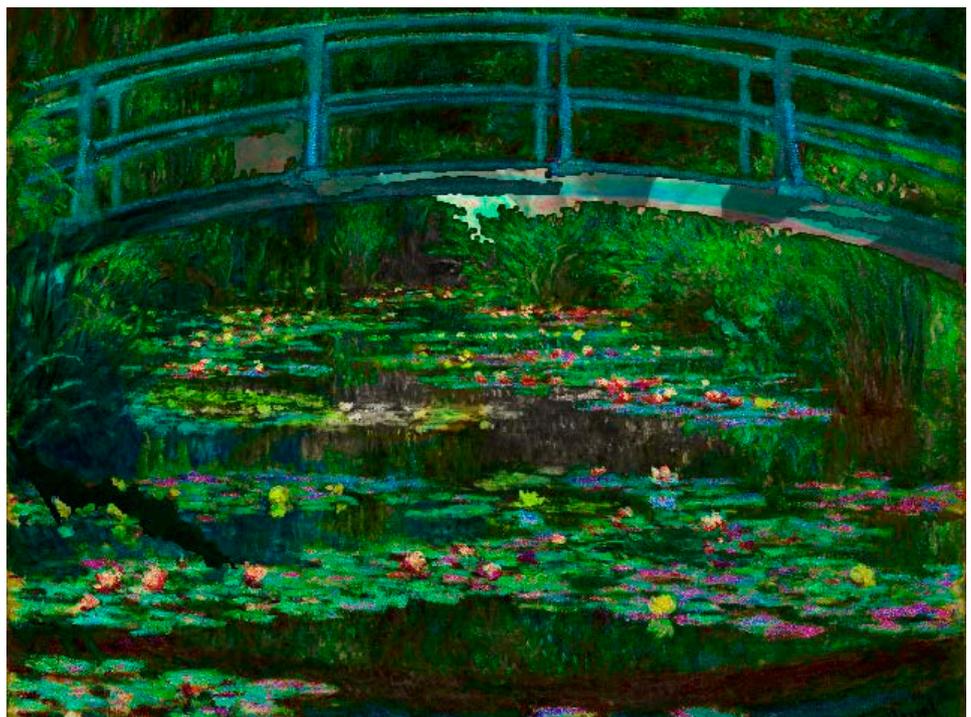


Figura 7d

Figura 7e



Figura 7f



## Conclusiones y cómo seguir

**Sobre los algoritmos genéticos en el arte:** Los algoritmos genéticos son parte de la familia de algoritmos de inteligencia artificial, por lo tanto su potencialidad tanto pedagógica como productiva en el arte y otras áreas es muy grande y a un costo muy bajo, hablando del hardware y conocimiento necesario para iniciarse, los requerimientos para empezar a ensayar ideas propias es mínimo, notablemente inferior a otras técnicas de inteligencia artificial como las redes neuronales.

Cabe destacar que cuando nos referimos al arte nos referimos a todo tipo de manifestaciones artísticas, en este caso particular hemos realizado aplicaciones en imágenes digitales, pero podría realizarse en sonido o en producciones audiovisuales.

**Sobre el uso de los rasgos de una imagen como datos:** tener como objeto inicial de trabajo imágenes implica una problemática totalmente distinta al abordar el trabajo, es casi lo contrario a lo que se espera de un proceso de composición de imagen pues el proceso implica descomponer la “cosa” en los segmentos que van a ser reconstituidos en algo nuevo y es sumamente importante que estos segmentos cumplan funciones perceptivas y comunicativas, de lo contrario lo único que quedaría es el azar. Por esta razón al trabajar con información en arte es muy importante pensar al dato como una materialidad, al final lo que un algoritmo genético comparte son datos.

Sobre este trabajo y su continuación: mi mayor expectativa con este trabajo es que sirva de iniciación en el camino para alguien hacia su primer algoritmo de inteligencia artificial o su primer trabajo descomponiendo una imagen en datos maleables desde la percepción y el gusto. Naturalmente estos dos temas son mucho más amplios que lo que se ha cubierto en este trabajo y son temáticas que espero continuar tratar en el futuro, por ejemplo la problemática de crear un código mucho más eficiente que permita hacer crear el mismo resultado pero por ejemplo en una reproducción de video en tiempo real, las redes neuronales han demostrado en los últimos años un crecimiento inmenso sobre todo en términos de velocidad y eficiencia.

## Bibliografía

- Mitchell, Melanie (1996). *An Introduction to Genetic Algorithms*. Cambridge, MA: MIT Press. [ISBN 9780585030944](#).
- Causa, Emiliano (2011) Los Algoritmos Genéticos y su Aplicación al Arte Generativo.
- Shiffman, Daniel (2012) The nature of code
- <https://natureofcode.com/book/chapter-9-the-evolution-of-code/>
- Mariel Cifardo, Daniel Belinche (2015) El espacio y el arte.
- Sean, Luke (2013) Essentials of Metaheuristics.

- Sims, Karl (1991) “Artificial Evolution for Computer Graphics”, Computer Graphics, Vol.25

## Imágenes

Las imágenes usadas tanto para el desarrollo del programa como para este trabajo fueron todas descargadas del repositorio de acceso público y gratuito de [NGA images](#), de la “National Gallery of Art, Washington”.





# INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS DE MODELADO 3D Y REALIDAD AUMENTADA

**Matias Jauregui Lorda**

Facultad de Bellas Artes - Universidad Nacional de la Plata

[matias.jl@gmail.com](mailto:matias.jl@gmail.com)

## RESUMEN

El presente texto aborda la problemática del modelado en tres dimensiones y la aplicación de estos objetos en una escena de realidad aumentada. Se hará un recorrido por una selección de herramientas de software gratuitas para la creación de objetos 3D, con diferentes focos de uso, y una introducción a la realización de una escena de realidad aumentada.

*Modelado 3D*

*Objeto 3D*

*Realidad Aumentada*

## 1 Introducción

En la actualidad, las realidades mixtas alcanzaron al público masivo: cualquier smartphone promedio puede crear una escena de Realidad Virtual (con el proyecto *Google Cardboard*<sup>1</sup>, por ejemplo) o de Realidad Aumentada (como el videojuego *Pokemon Go*<sup>2</sup>). La apuesta de las grandes empresas a portabilizar tecnologías que permitan estas experiencias dieron vida a muchas herramientas de software para crear contenido y visualizarlo.

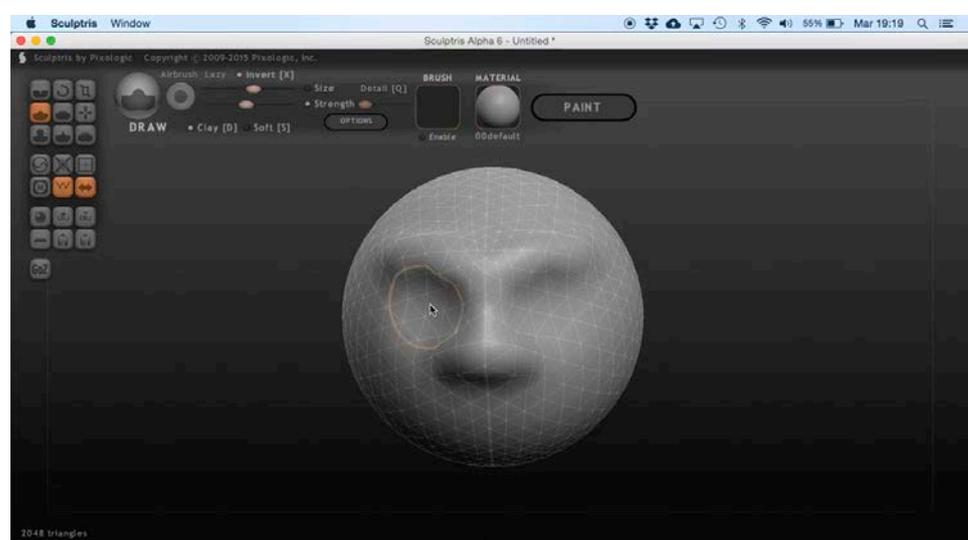
## 2 Herramientas de modelado 3D

*“El modelado 3D es el proceso de desarrollo de una representación matemática de cualquier objeto tridimensional (ya sea inanimado o vivo) a través de un software especializado. Al producto se le llama modelo 3D. Se puede visualizar como una imagen bidimensional mediante un proceso llamado renderizado 3D o utilizar en una simulación por computadora de fenómenos físicos. El modelo también se puede crear físicamente usando dispositivos de impresión 3D.”*<sup>3</sup>

Un objeto 3D se compone de una malla de polígonos que le da volumen y una textura que le aplica materialidad al mismo. Hay cientos de softwares de modelado 3D: el mercado profesional lo lideran *Maxon Cinema 4D* (software propietario), *Blender* (software libre), entre otros. Aquí se hará hincapié en algunas herramientas gratuitas que resultan sencillas para introducirse en la creación de objetos 3D, y que tienen diferentes métodos para encarar el problema del modelado digital.

### 2.1 Sculptris

Sculptris de Pixologic<sup>4</sup>, es un software enfocado a la creación de escultura digital de manera muy intuitiva: su interfaz propone el moldeado a partir de un objeto esfera, como si de arcilla o plastilina se tratase. Sus herramientas apuntan a “esculpir” esa figura base.



Su interfaz y panel de herramientas se manipulan principalmente con el mouse, aunque tiene sus atajos de teclado correspondientes. Algunas de sus funciones principales son:

- Manejo de la cámara:
- Clic en fondo y arrastrar: rota la cámara (punto de vista del modelo).
- Scroll / ruedita: acerca o aleja la cámara (distancia al modelo).
- Herramientas de dibujo (alias “pinceles”):
  - DRAW [D]: permite modelar la esfera generando relieves o cavidades.
  - INFLATE [C]: genera protuberancias en dirección hacia la pantalla.
  - FLATTEN [F]: aplanar la superficie deseada.
  - CREASE [E]: crea hendiduras sobre la zona.
  - SMOOTH [B]: suaviza las modificaciones realizadas por otros pinceles.
  - SYMMETRY: si está activada, reproduce simétricamente las acciones ejercidas por las herramientas de dibujo sobre el modelo.
- Herramientas especiales:
  - ROTATE: rotar.
  - SCALE: escalar.
  - GRAVE: trasladar.
- Parámetros de herramienta seleccionada (comunes a todas las mencionadas):
  - SIZE: es el tamaño del pincel en uso.
  - STRENGTH: es la fuerza con que la herramienta ejerce su función.
  - DETAIL [Q]: es el nivel de detalle de la malla (densidad de polígonos).
  - INVERT [X]: invierte el sentido de la herramienta seleccionada.

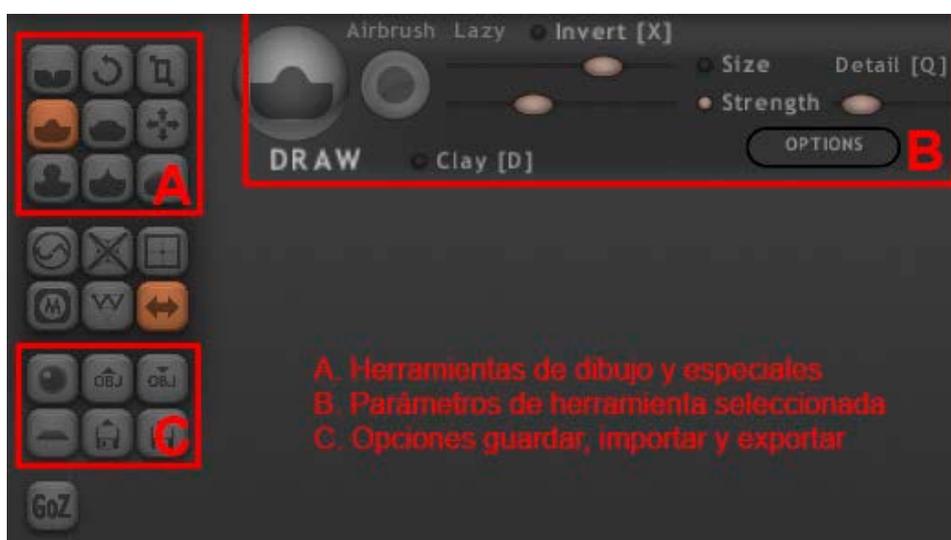
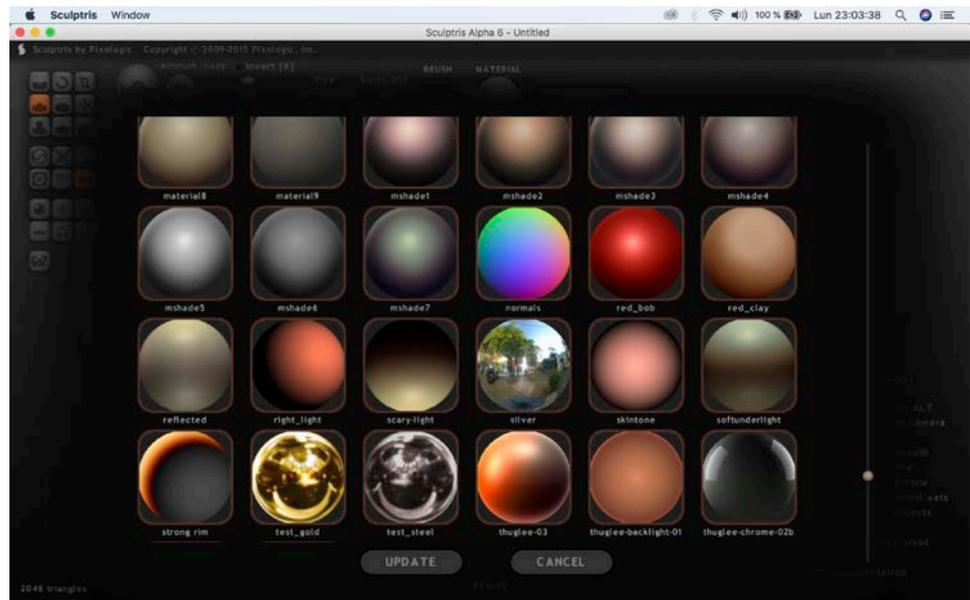


Figura 2

Panel de herramientas principales de Sculptris.

Figura 3

Materiales de Sculptris.



Además, se puede elegir el material de la creación: es la textura del objeto, la cual le dará un acabado más próximo al diseño trabajado.

En el siguiente videotutorial, puede verse el proceso completo del diseño de una cabeza de ciervo en Sculptris: <https://youtu.be/uSuOUcAjWeQ5>

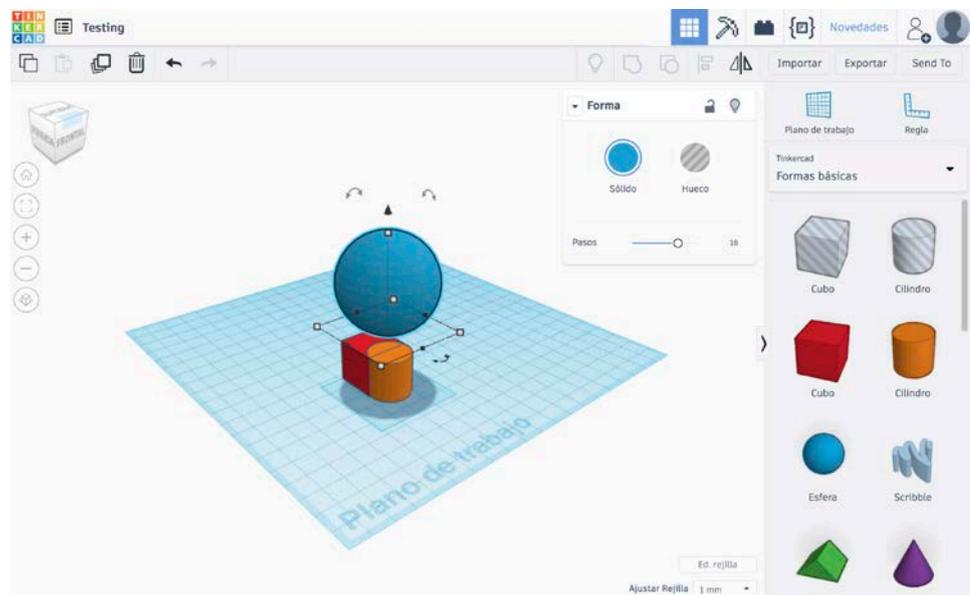
## 2.2 Tinkercad

Tinkercad<sup>6</sup> es conjunto de herramientas online gratuitas de Autodesk, empresa responsable de muchos softwares conocidos en el rubro del renderizado tridimensional como AutoCAD, Maya y 3ds Max. Con una interfaz muy intuitiva funcionando sobre navegador web, permite crear diseños 3D y simular circuitos electrónicos con muy poco conocimiento del tema.

Lo que caracteriza a esta herramienta, a diferencia de Sculptris, es que parte de un plano vacío donde se construye el modelo a partir de formas

Figura 4

Tinkercad con algunas formas básicas.



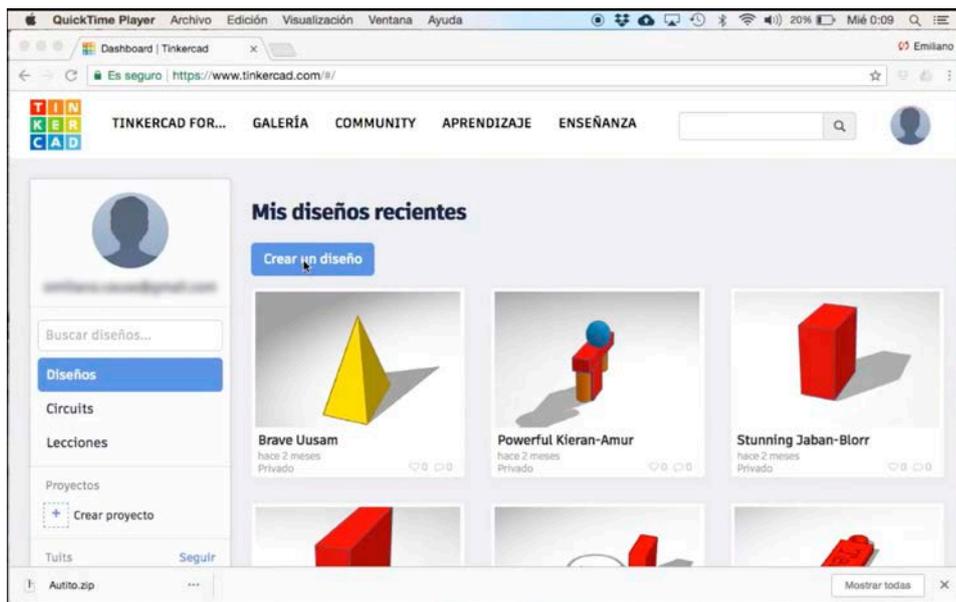


Figura 5

Dashboard de Tinkercad.

básicas: cubo, cilindro, esfera, cono, texto, entre otras, se arrastran al espacio de trabajo donde se combinan para crear formas más complejas.

Para hacer uso de la herramienta hay que registrar una cuenta gratuita de Autodesk. Al loguearse, puede observarse el “dashboard” con los proyectos realizados y un botón para crear un nuevo diseño.

Al crear un nuevo proyecto, se abre un “Plano de Trabajo” en blanco (zona donde se trabaja el diseño). En el panel derecho, se encuentran las formas básicas antes mencionadas, y a la izquierda una serie de botones para manipular la cámara (la misma también puede moverse con el mouse y ruedita, al igual que en Sculptris). El espacio se mide en milímetros y podemos ajustar la grilla a diferentes escalas.

Toda la interfaz de Tinkercad se manipula principalmente con el mouse. Al arrastrar una nueva forma o seleccionar alguna del plano de trabajo, aparecen opciones específicas del cuerpo en cuestión: modificar su

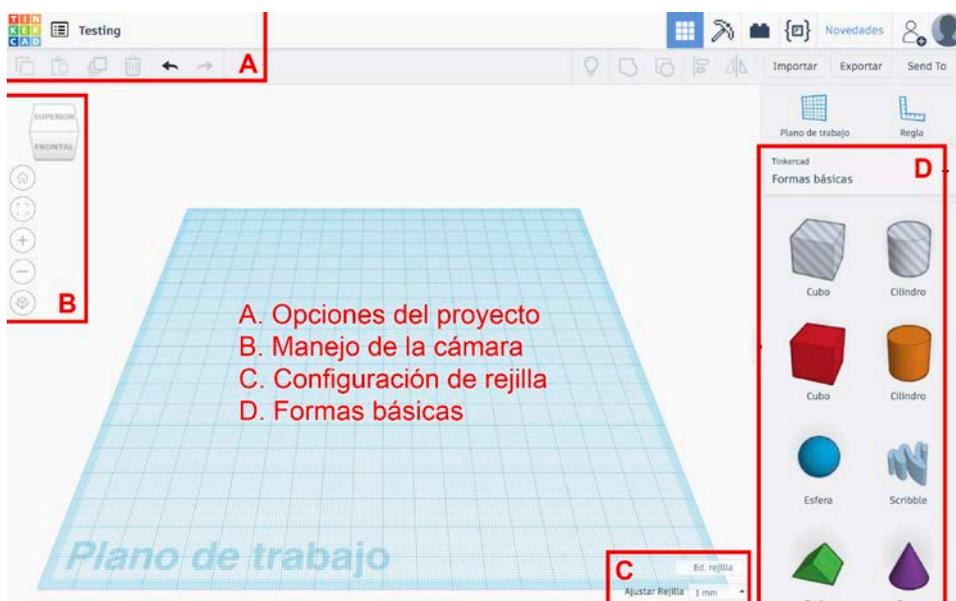
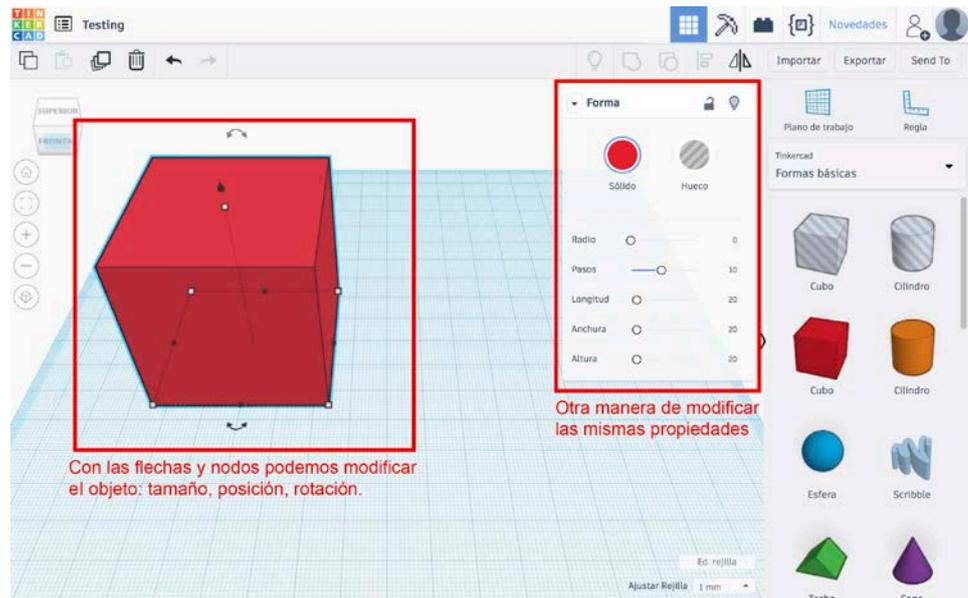


Figura 6

Interfaz detallada de Tinkercad.

Figura 7

Opciones al seleccionar una forma.



posición (en coordenadas XYZ), cambiar su tamaño y definir su función (sólido o hueco, es decir, si la forma es materia o figura de recorte).

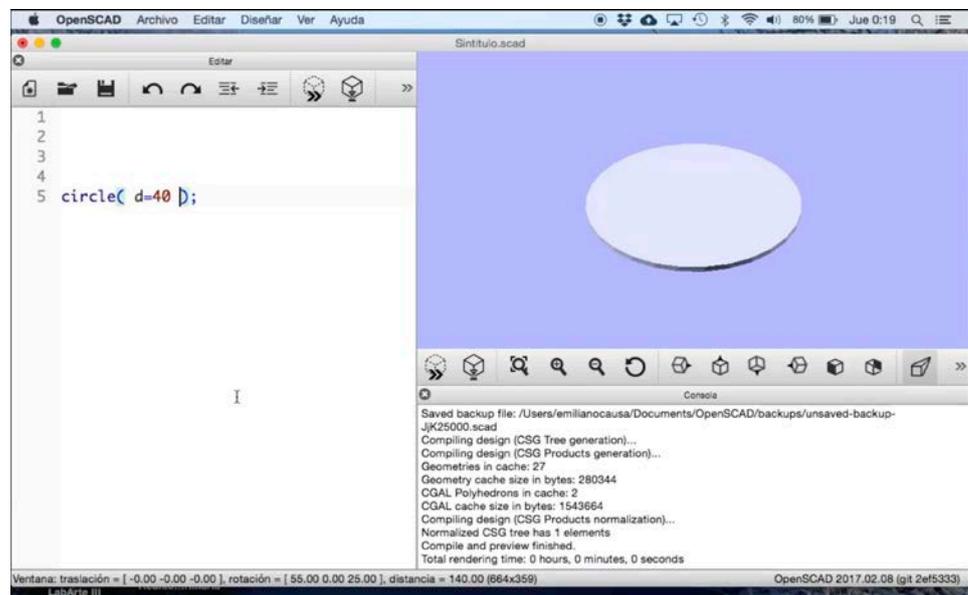
En el siguiente videotutorial, puede seguirse el proceso de creación de un autito sencillo en Tinkercad: <https://youtu.be/wLD-cVI4P-k7>

### 2.3 OpenSCAD

OpenSCAD<sup>8</sup> es una herramienta de software libre multiplataforma que viene a ocupar, en el listado de aplicaciones propuestas, el lugar del diseño 3D a través del código. A diferencia de Sculptris y Tinkercad, se modela mediante programación, lo cual es un poco más complejo pero no por ello menos interesante. La potencia de este tipo de herramientas está en la capacidad de repetir procesos con pequeños cambios, además de tener un control muy fino de los valores numéricos que hacen a la figura final.

Figura 8

Dibujando un círculo en OpenSCAD.



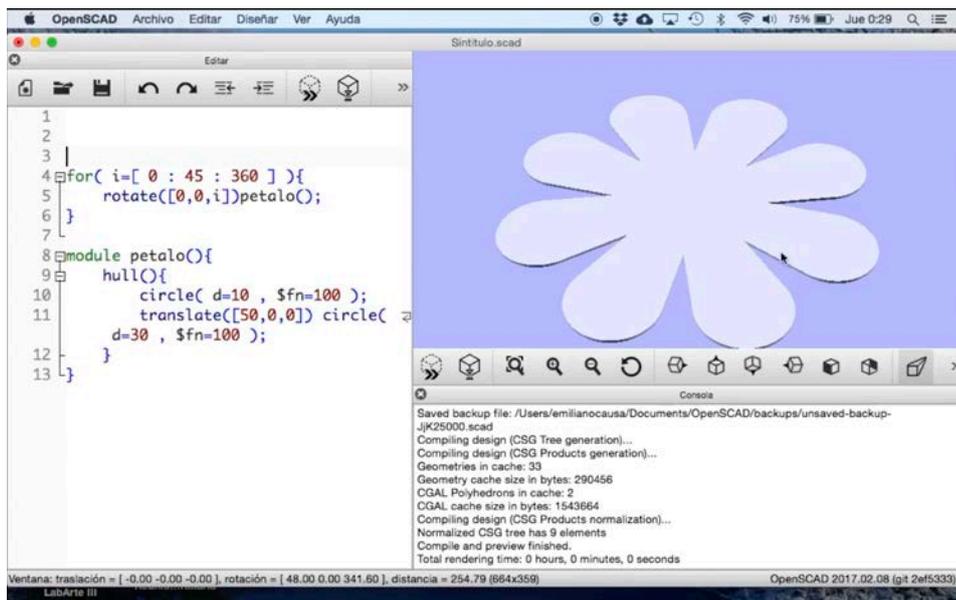


Figura 9

Resultado de un proceso de iteración (ciclo for).

Su interfaz se divide básicamente en dos paneles: a la izquierda, el código en cuestión, y a la derecha, el resultado visual con una consola de control. El flujo de trabajo consiste en ir escribiendo líneas de código y actualizando los cambios con la tecla F5, para visualizarlas en la ventana correspondiente. La cámara también se manipula con el mouse, como en las otras dos herramientas.

En el sitio del proyecto pueden encontrar un listado completo de los comandos posibles: *OpenSCAD CheatSheet*<sup>9</sup>. Entre ellas se encuentran figuras básicas en 2D y 3D, funciones de transformación formal y de operaciones matemáticas. Su sintaxis es bastante sencilla en relación a otros lenguajes, como se observa en la imagen:

En el siguiente videotutorial, puede seguirse el paso a paso de la flor creada en la imagen anterior, con este método matemático del diseño 3D: <https://youtu.be/kuybqJLsHdQ><sup>10</sup>

### 3. Herramienta de producción de escena de realidad aumentada

La Realidad Aumentada propone es sumar información virtual a la representación del espacio físico-real. El caso más claro es con el uso de un dispositivo con cámara y pantalla, como lo es un smartphone: la cámara ve el espacio físico y lo muestra en pantalla, lugar donde se agregan elementos virtuales para generar la aumentación.

Distintos lenguajes de programación, herramientas webs y apps móviles permiten la realización y visualización de escenas aumentadas. La técnica más común es mediante marcadores fiduciales, pero existen otros métodos denominados “markerless” que evitan los patrones bitonales a partir de imágenes, personas o geolocalización.

### 3.1 Aumentaty Author

Author es un software para PC y Mac de la empresa Aumentaty, “*compañía centrada en el desarrollo de Motores, Aplicaciones y Proyectos en Realidad Aumentada*”<sup>11</sup>. Es una herramienta que permite realizar una aumentación a partir de marcadores fiduciales, imágenes bitonales impresas que sirven de referencia física para el posicionamiento del objeto virtual, a través de la captura óptica. El mismo es gratuito y sus creaciones pueden visualizarse en la misma aplicación o con Aumentaty Viewer, herramienta de la misma empresa.

Para generar una escena aumentada en Aumentaty Author, se necesitan dos cosas:

1. El/los objeto/s 3D que se visualizarán mediante la aumentación;
2. El/los marcador/es fiducial/es que servirán para el posicionamiento espacial.
  - Su utilización es realmente sencilla:
    - Primero, se debe imprimir uno o varios marcadores, que serán la referencia en el espacio físico donde se proyectarán las creaciones virtuales (*podemos acceder a un pdf con todos ellos desde el mismo programa*);
    - Segundo, importar al software el objeto 3D deseado (*puede ser uno o varios*);
    - Y tercero, asignar el objeto elegido al marcador fiducial impreso.

La escena creada puede ser exportada a Aumentaty Viewer, aplicación alternativa que además de funcionar sobre computadora lo hace sobre Android<sup>12</sup> y iOS<sup>13</sup>, sistemas operativos de dispositivos móviles (celulares y tablets).

Figura 10

Aumentaty Author con cámara encendida y tres marcadores fiduciales detectados.

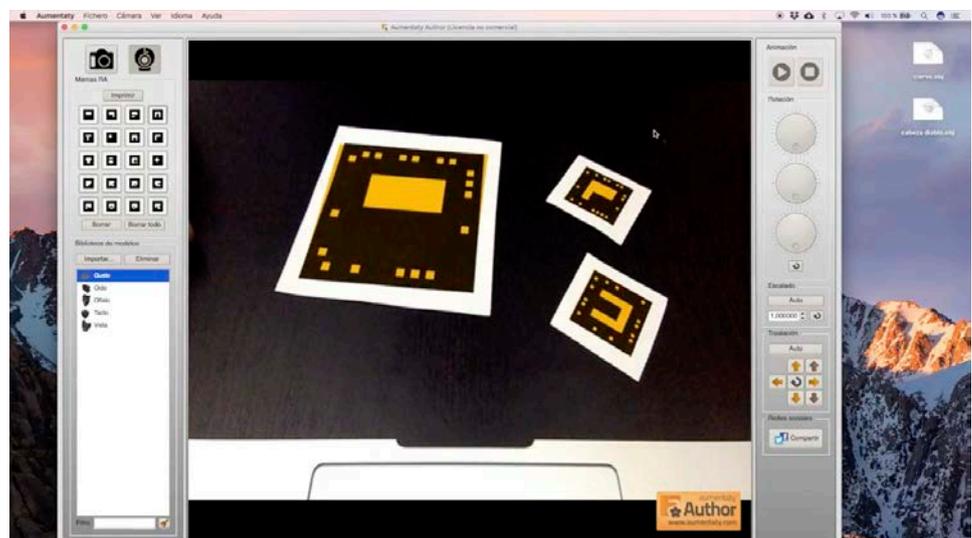




Figura 11

Visualizando dos objetos 3D sobre sus respectivos marcadores fiduciales.

## 4 Conclusión

Las posibilidades de la creación digital son infinitas. Tecnologías como la Realidad Aumentada ponen fuerte foco en el diseño de objetos 3D, la animación, la interacción y la implementación de entornos aumentados. Es un campo de desarrollo en creciente aumento, y las herramientas de producción y proyección son accesibles, con interfaces sencillas, potentes y funcionales.

## 5 Referencias online

- “Modelado 3D”, Laboratorio de Arte - Dirección de Educación Artística, DGCyE 2018  
→ <https://www.youtube.com/playlist?list=PLKWMbe2f2N7VhIxoPgNTnxc40JvI48QgE>
- “Realidad Aumentada”, Laboratorio de Arte - Dirección de Educación Artística, DGCyE 2018  
→ [https://www.youtube.com/playlist?list=PLKWMbe2f2N7Vm\\_uVA-gy62rC4LYPI0Vw-e](https://www.youtube.com/playlist?list=PLKWMbe2f2N7Vm_uVA-gy62rC4LYPI0Vw-e)

## Notas

1. <https://vr.google.com/cardboard/>
2. <https://www.pokemongo.com/>
3. [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado\\_3D](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_3D)
4. <http://pixologic.com/sculpttris/>
5. “Impresión 3D: Proceso de modelado”, Laboratorio de Arte - Dirección de Educación Artística, DGCyE 2018

6. <https://www.tinkercad.com/>
7. “Modelado 3D: Tinkercad”, Laboratorio de Arte - Dirección de Educación Artística, DGCyE 2018
8. <http://www.openscad.org/>
9. <http://www.openscad.org/cheatsheet/index.html>
10. “Modelado 3D: OpenSCAD”, Laboratorio de Arte - Dirección de Educación Artística, DGCyE 2018
11. <http://author.aumentaty.com/>
12. [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Aumentaty.Viewer&hl=es\\_AR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Aumentaty.Viewer&hl=es_AR)
13. <https://itunes.apple.com/us/app/aumentaty-viewer/id794888895?l=es&mt=8>





# LA REALIDAD AUMENTADA APLICADA EN LA UNIVERSIDAD COMO MODELO EDUCATIVO.

**Ana Longobucco, Daniel Loaiza, Krista Yorbrück**  
Facultad de Bellas Artes - Universidad Nacional de la Plata

## I. A modo de Introducción:

Durante los últimos años en Argentina, las nuevas tecnologías incursionan dentro del campo de la educación universitaria como herramientas y recursos para el fortalecimiento de los procesos formativos actuales. Es así como las metodologías de enseñanza y aprendizaje, al igual que la producción de los contenidos son transformados y re-significados en base a las demandas socioculturales de las nuevas generaciones. La inserción de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación superior permite desarrollar estrategias pedagógicas diversas para dichos procesos, al igual que proporciona una interacción espacio-temporal diferente entre los docentes, los alumnos, y entre docentes y alumnos. En consecuencia, desde el 2014 en la Universidad Nacional de La Plata se presentan proyectos y propuestas de incorporación de las TIC en las aulas con el objetivo de enriquecer y fortalecer el tránsito de los estudiantes por las distintas carreras que proporciona dicha institución.

Un caso de estas características (entre otros) se presenta en la Facultad de Ciencias Médicas de la ciudad de La Plata (MED) a través del uso de las aulas virtuales, la producción de órganos con modelado 3D y la reciente incorporación de la realidad aumentada aplicada como modelo de enseñanza de la anatomía humana. Esta última propuesta es desarrollada en conjunto entre el Laboratorio de Investigaciones Morfológicas Aplicadas dirigido por el Prof. Mario Niveiro y el Laboratorio de Investigación y Experimentación Multimedial (Emmelab) dirigido por el Ing. Emiliano Causa, de la carrera Diseño Multimedia de la Facultad de Bellas Artes de la ciudad de La Plata.

Es así como el objetivo de nuestro trabajo transita en presentar un acercamiento al desarrollo de nuevas experiencias perceptivas, sensoriales y funcionales aportadas por la realidad aumentada aplicada como nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje dentro de la educación formal superior. Otro punto a saber, es analizar el impacto que produce la misma en la construcción y circulación de la información en los actores involucrados: los profesores y alumnos. Como ejemplo tomamos una aplicación que realizamos en el Laboratorio de Investigación y Experimentación Multimedial “Emmelab” dependiente de la Facultad de Bellas Artes de la ciudad de La Plata para las materias de primer año de la carrera de Medicina. La aplicación consiste en la visualización e interacción en tiempo real y en tercera dimensión, de piezas de modelos anatómicos de difícil acceso a simple vista.

A pesar de que la experiencia no cumple al cien por ciento con las características propias del concepto de realidad aumentada aplicada, presenta una amplia aproximación, y nos da el margen para continuar realizando trabajos más específicos, propios en la materia.

## II. Antecedentes sobre el uso de la realidad aumentada en el ámbito educativo superior argentino.

La realidad aumentada va incorporándose de a poco en la educación universitaria como propuesta innovadora para mejorar la calidad formativa de los ingresantes y estudiantes avanzados. Algunos objetivos trazados abordan el interés y el compromiso por aprender los contenidos, la forma en cómo los alumnos incorporan los saberes, el trabajo colaborativo, la permanencia en la institución; pero sobre todo, como afirma Eduardo Spinola para la revista digital Argentina Investiga, las vivencias que experimentan sobre la comprensión de conceptos de índole teórico.

Una investigación acerca de la realidad aumentada, la realidad virtual y la interacción tangible para la educación, realizada en el año 2017 por la Facultad de Informática de la ciudad de La Plata en conjunto con la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires entre otros, dice lo siguiente:

El desafío de aprender a incorporar la RA en los contextos educativos, implica la voluntad de centrar el aprendizaje en la participación activa del estudiante, en sus intereses, en situaciones relevantes y directamente relacionadas con su vida real, lo cual supone un cambio en los planteamientos pedagógicos que exigen el diseño de nuevas propuestas metodológicas y el uso de recursos didácticos capaces de facilitar los nuevos procesos (Abásolo et al. 2017. Pág.1313).

A través de la realidad aumentada se logra la percepción e interacción entre entornos virtuales y reales donde las personas desempeñan distintas actividades motrices y sensoriales aportadas por información de índole textual, gráfica, sonora, audiovisual, entre otros. Por ejemplo, en las materias Tecnología Multimedial II y Lenguaje Multimedial III de la carrera Diseño Multimedial de la Facultad de Bellas Artes se aborda esta tecnología con fines pedagógicos a través de la composición de videojuegos interactivos, el abordaje de nuevas narrativas en entornos 360° dentro del campo audiovisual y el video *mapping*.

De esta manera las metodologías de enseñanza-aprendizaje van modificándose con el fin de lograr nuevas ideas, experiencias y proyectos que ahonden en los saberes previos de los alumnos y en sus vivencias más próximas. Es así como estas nuevas formas pedagógico-didácticas producen a su vez un acercamiento más inmediato al sistema laboral e investigativo, dándole la oportunidad tanto a docentes como a estudiantes, de insertarse y ejercer dentro de este campo.

En cuanto al entorno científico, desde el 2017 en la Cátedra C de Anatomía de la Facultad de Ciencias Médicas de la ciudad de La Plata se muestran preparados de algunas de las digitalizaciones de muestras de órganos reales realizados para impresión 3D, como recurso para dictar las clases. Esto permite que los estudiantes puedan ver más allá de lo que un modelo real les brinda.

Como afirma la estudiante Bárbara Lorea ayudante de cátedra e inte-

grante del Laboratorio de Investigaciones Morfológicas Aplicadas en cuanto al desarrollo de modelos 3D de piezas anatómicas en una nota para el diario El Día: “las dimensiones comprensivas y perceptivas de su estudio cambian al poder transportar los conocimientos estudiados teóricamente y “de memoria” a un lugar práctico y fiel, gracias a la incorporación de estos nuevos materiales y tecnologías (Lorea, 2017).

Sin embargo, todavía se necesita hilar más en detalle para al alcanzar una experiencia y una comprensión total de cada región y elemento específico del cuerpo humano; y es por este motivo que nos abocamos a la construcción de nuevos dispositivos que lo permitan y que detallaremos a continuación.

### III. Funcionamiento del sistema

El sistema está compuesto de dos aplicaciones, una móvil y una de escritorio.

La aplicación de escritorio tiene una base de datos con modelos 3D de diferentes sistemas del cuerpo humano (nervioso, ósea, circulatorio, etc.). También posee una interfaz que permite visualizar estos modelos de tal forma en la que se puede focalizar en las partes importantes de dichos sistemas que de otra forma son muy complicadas o incluso imposibles de observar.

La aplicación móvil por su parte permite extender el control de la navegación por el modelo desde el escritorio a un teléfono móvil.

La aplicación móvil tiene tres submenús que posibilitan diferentes acciones que se discutirán a continuación.

La conexión entre las aplicaciones se hace a través de *open sound control* (OSC), un protocolo de comunicación que permite enviar paquetes de mensajes con diferentes tipos de contenidos, en nuestro caso indicaciones sobre el movimiento de rotación, traslación y escalamiento del modelo así como escoger en primera instancia el modelo que se va a visualizar y luego elegir qué partes de ese modelo van a observarse y de qué forma.

La comunicación funciona siempre y cuando los dos dispositivos que ejecutan las aplicaciones estén conectados a la misma red *wifi* y cada uno conozca la IP<sup>1</sup> del otro dispositivo. Con este fin ambas aplicaciones poseen un campo de texto que permite ingresar la IP del dispositivo contrario, así como muestran el número de IP en la parte superior de la pantalla.

Como se explica más arriba, los mensajes que se transmiten entre dispositivos son la rotación, la traslación y la escala. Desde el submenú *Touch*, la aplicación móvil envía información sobre estos parámetros cada vez que el usuario interactúa con un modelo de referencia en la pantalla del celular. En ese proceso las acciones adjudicadas al modelo de referencia, son transmitidas al modelo de la aplicación de escritorio.

Las formas de ejecución de los mensajes se realizan a través del uso de los dedos de la mano. Para la que se produzca y se modifique la rotación, se necesita mover un dedo sobre la pantalla táctil del celular. En caso de querer trasladar el objeto, se deben mover dos dedos hacia la misma di-

rección; y para ampliarlo como achicarlo se requiere alejar o acercar los dedos entre sí, de esta manera se modificará su escala.

Cuando el usuario se dirige al submenú “Modelos”, que permite cambiar los modelos desde el celular, la aplicación móvil envía un mensaje solicitando la lista de los posibles dentro de la escena de la aplicación de escritorio. La aplicación móvil contesta enviando una lista de nombres de los modelos que se pueden elegir. La misma se transforma en una lista de botones en la pantalla del celular y finalmente al seleccionar uno de ella, la aplicación móvil enviará un mensaje para que la aplicación de escritorio seleccione ese modelo.

De la misma forma al ingresar al submenú “Partes” la aplicación móvil solicita una lista, la aplicación de escritorio la envía y en la pantalla del celular aparece la lista en forma de etiquetas con tres botones *toggles*<sup>2</sup> cada uno. La letra M permite mutear o desaparecer esa parte, la letra S permite dejar a ese elemento solo, y la letra T hace que esa parte se vuelva transparente.

## IV. Conclusión

Este trabajo es el comienzo de porvenires que irán modificando las formas tradicionales de enseñanza-aprendizaje que poco a poco van dando lugar a las necesidades y problemas concretos de las nuevas generaciones. El objetivo es mejorar la calidad educativa de los estudiantes, como también generar nuevas estrategias didáctico-pedagógicas para los docentes y colaborar con su desarrollo profesional.

También apuntamos con esto a trascender los límites territoriales sabiendo que con las herramientas y recursos que contamos, las potenciales expectativas pueden llevarse a cabo.

Para finalizar, y en relación a esto, estamos avanzando en ampliar los materiales de trabajo para el área de Ciencias Médicas de la Facultad de Medicina de la ciudad de La Plata, investigando y experimentando en la producción de un manual realizado en Realidad Aumentada con el fin de que los alumnos como los docentes puedan visualizar con mayor definición y desde diferentes puntos de vista los modelos del cuerpo humano estudiados en los manuales convencionales de anatomía.

## Notas

1. Es un número que identifica, de manera lógica y jerárquica, a una Interfaz en red de un dispositivo.
2. Definición de botón en el idioma inglés.

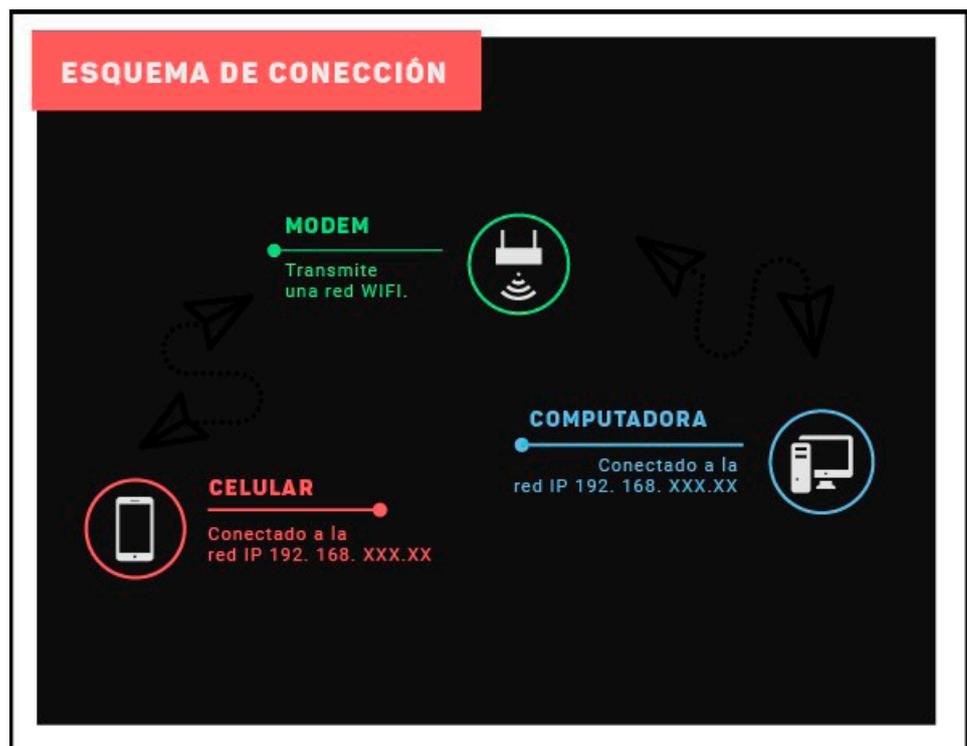
## V. Bibliografía

- Alejandro H. González (2016). Revistas UNLP. *Los jóvenes, las tic, y primer año de la universidad*. Recuperado de <https://revistas.unlp.edu.ar/TrayectoriasUniversitarias/article/view/3023/2773>
- Eduardo Pascal (2015). Argentina Investiga. *Realidad aumentada, un desarrollo educativo para dar clases de manera innovadora*. Recuperado de [http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=realidad\\_aumentada\\_un\\_desarrollo\\_educativo\\_para\\_dar\\_clases\\_de\\_manera\\_innovadora&id=2504](http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=realidad_aumentada_un_desarrollo_educativo_para_dar_clases_de_manera_innovadora&id=2504)
- Carlos Altavista (2017). Diario el día. *La anatomía 3D se afianza en la Ciudad y produce material de consulta en el mundo*. Recuperado de <https://www.eldia.com/nota/2017-10-15-4-35-28-la-anatomia-3d-se-afianza-en-la-ciudad-y-produce-material-de-consulta-en-el-mundo-la-ciudad>
- Maria J. Abásolo (2017). Sedici. *Realidad Aumentada, Realidad Virtual e Interacción Tangible para la Educación*. Recuperado de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62975/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62975/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Betina Bróccoli (2010). Argentina Investiga. *El "Mundo circular" sobre la mesa*. Recuperado de [http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=el\\_mundo\\_circular\\_sobre\\_la\\_mesa&id=1015](http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=el_mundo_circular_sobre_la_mesa&id=1015)
- <http://opensoundcontrol.org/introduction-osc>

## Anexo de imágenes

Figura 1

Esquema de conexión



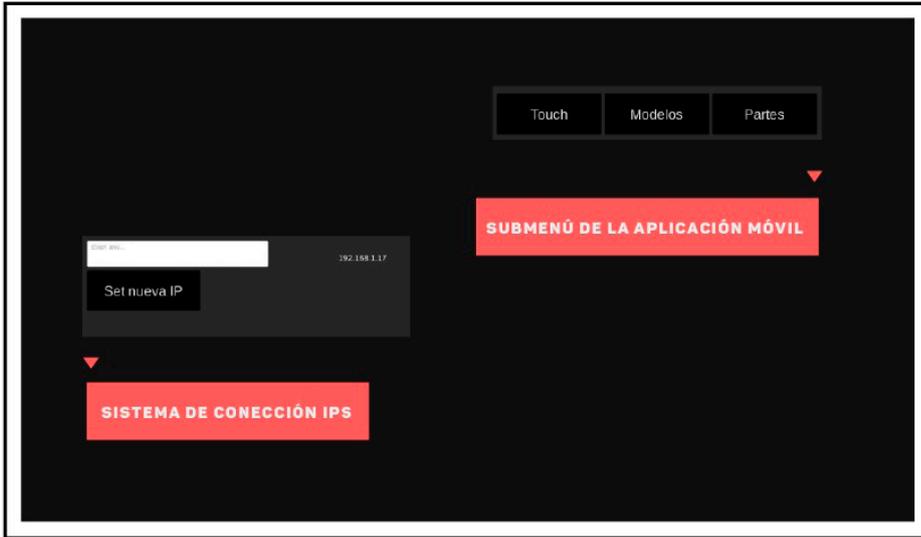


Figura 2

Submenu movil

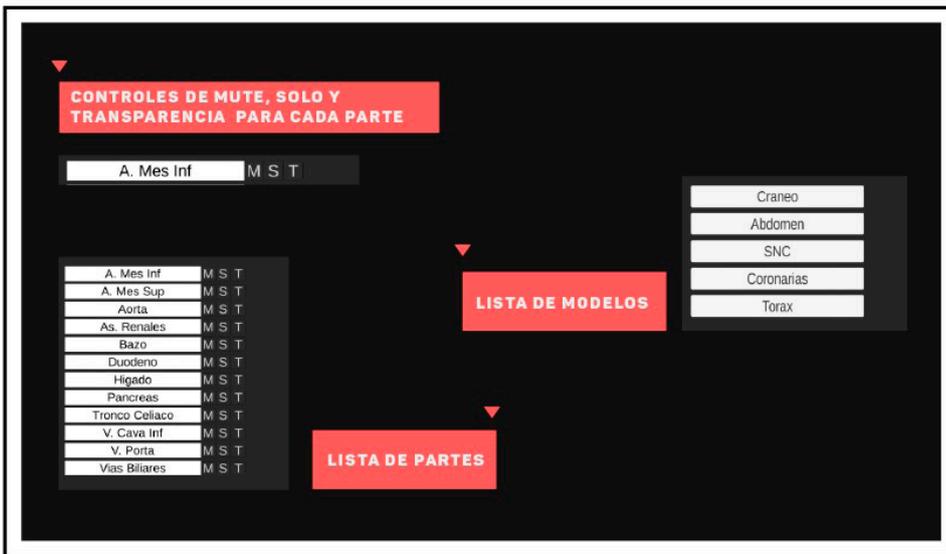


Figura 3

Controles de mute, solo y transparencia



Figura 4

Modelo de referencia





**INVASORES**  
DE LA GENERATIVIDAD

**Invasión Generativa** es una publicación que busca dar a difusión trabajos de investigación sobre el Arte Generativo y su confluencia con otros espacios, como los de la Realidad Aumentada, la Robótica, el Net.Art, la Videodanza, y un largo etc.. Surgió de la necesidad de mostrar los trabajos de investigación de nuestro entorno y para dar respuesta a una demanda de textos en habla hispana que traten estas temáticas. Los trabajos expuestos son productos de investigaciones y laboratorios principalmente de la Universidad Nacional de La Plata, así como de la Universidad Nacional del Arte. También ha contado con varios colaboradores de otros ámbitos tales como la Universidad de Tres de Febrero y otras instituciones, así como de artistas independientes. Lejos de querer obtener una definición exhaustiva de conceptos como los de Generatividad, Realidad Aumentada, etc., buscamos parcelar el amplio territorio de entrelazamientos y articulaciones en los que estos conceptos son apropiados y/o utilizados de diferentes formas. Por este motivo ejercitamos una amplia aceptación de diferentes concepciones, opiniones y experiencias en el abordaje de estos nuevos territorios y como consecuencia, no es raro ver textos y autores que se contradicen entre sí, ya que priorizamos la rápida difusión del material con el fin de establecer un ámbito de discusión en la búsqueda de un lector con espíritu crítico. **Invasión Generativa** es un trabajo hecho con mucho esfuerzo y sin fin de lucro por muchas personas que tienen una gran vocación por la divulgación de estos saberes, por lo que esperamos que este humilde aporte pueda ser de utilidad para la comunidad artística y académica..