

Aplicación de las
técnicas de **visión artificial**
como herramientas de expresión
audiovisual en el campo del
cine interactivo



TESIS DOCTORAL

septiembre de 2013

PRESENTADA POR

David Sanz Kirbis

DIRIGIDA POR

Francisco J. Sanmartín Piquer

Isabel Domènech Ibáñez



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Motivaciones.....	17
1.2 Hipótesis y metodología.....	20
2. CONTEXTUALIZACION.....	25
2.1 EL MEDIO AUDIOVISUAL COMO LENGUAJE.....	27
2.1.1 Marco teórico.....	28
2.1.1.1 Nivel de control.....	30
2.1.1.2 Tecnología.....	36
2.1.1.3 Automatización.....	38
2.1.1.4 Serendipia.....	40
2.1.1.5 Metalenguaje.....	43
2.1.2 Antecedentes artísticos.....	45
2.2 AUTÓMATAS FASCINANTES.....	49
2.2.1 La autoría autorizada.....	49
2.2.2 Fascinación frente a productividad.....	59
2.2.3 Niveles de responsabilidad creativa.....	87
2.3 VISIÓN ARTIFICIAL Y AUDIOVISUALES. CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	117
2.3.1 Breve cronología.....	119
2.3.2 Ámbitos de aplicación.....	124
2.3.3 Desarrollos artísticos.....	126
3. COMPUTER VISION CINEMA.....	131
3.1 MATERIA, DISPOSITIVOS Y ALGORITMOS.....	137
3.2 PROTOTIPOS.....	143
3.2.1 Prototipo 1.....	143
3.2.2 Prototipo 2.....	164
3.3 PRUEBAS DE CAMPO.....	173

3.3.1	Aplicación del Prototipo 1 al cine experimental.....	173
3.3.2	Aplicación del Prototipo 1 a conciertos en directo.....	182
3.4	INSTALACIÓN CVCINEMA.....	185
3.4.1	Subsistemas.....	186
3.4.1.1	Subsistemas de captura de imágenes (C.I.).....	189
3.4.1.2	Subsistemas de visión artificial (C.V.).....	189
3.4.1.3	Subsistemas de visualización de imágenes (V.I.).....	190
3.4.1.4	Subsistemas de visualización de datos (V.D.).....	190
3.4.1.5	Subsistema de análisis de sonido (A.S.).....	190
3.4.1.6	Subsistema de comunicaciones (C.M.).....	191
3.4.2	Software.....	191
3.4.3	Hardware específico.....	193
3.4.3.1	Unidad móvil robotizada (CI_4).....	194
3.4.3.2	Cámara inalámbrica robotizada (CI_2).....	204
3.4.3.3	Cámara PTZ / PS3Eye (CV_3, CI_3, VD_3).....	209
3.4.4	Planificación.....	211
4.	CONCLUSIONES / CONCLUSIONS.....	221
4.1	CONCLUSIONES EN CASTELLANO.....	223
4.1.1	Relaciones entre sonido e imagen.....	223
4.1.1.1	Conciertos en vivo.....	225
4.1.1.2	Exposición CVCinema.....	228
4.1.1.3	Cortometraje “At one's fingertips”.....	232
4.1.2	Creatividad computacional al alcance de la mano.....	234
4.1.3	Futuras líneas de investigación.....	238
4.2	CONCLUSIONS IN ENGLISH.....	243
4.2.1	Relationships between sound and image.....	243
4.2.2	Live concerts.....	245
4.2.3	CVCinema exhibition.....	248
4.2.4	“At one's fingertips” shortfilm.....	251
4.3	Computational creativity at hand.....	253

4.4 Future research lines.....	256
5. RESÚMEN / RESUM / ABSTRACT.....	261
5.1 Resumen.....	263
5.2 Resum.....	265
5.3 Abstract.....	267
6. BIBLIOGRAFÍA.....	269
7. APÉNDICES.....	277
7.1 Fichas de referentes artísticos.....	279
7.2 Programación de la torreta WidowX.....	289
7.3 Dispositivos de la instalación CvCinema.....	297
7.4 Volanderas de la exposición CvCinema.....	304
7.5 Subsistemas de la instalación CvCinema.....	305
7.6 Diagrama de flujo de la Aplicación_1.....	310
7.7 Estados y diagrama de flujo de la unidad móvil robotizada.....	311
7.8 Documentación gráfica de la exposición CvCinema.....	312
7.9 Difusión de resultados.....	320
7.10 Imágenes e ilustraciones de algunos autómatas fascinantes.....	323

AGRADECIMIENTOS

Agradezco su ayuda y aportaciones especialmente a mis directores de tesis.

Asimismo agradezco a los responsables de las siguientes instituciones su colaboración: Centro Multimedia del Centro Nacional de las Artes de México, Fundación Autor, Innovalia/Technarte, Laboratorio de Luz, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Play Producciones, Shining Crane, Studio for Creative Inquiry, Universidad de Málaga, Universidad Morelos (México), Universidad de Murcia, Universitat Politècnica de València, Wayne.

Además quisiera agradecer también su apoyo todas a las personas que de alguna manera han facilitado que esta tesis haya llegado a buen fin, en particular aquellas figuran en la siguiente lista, sin orden alguno en particular: Maria José Martínez de Pisón Ramón, Moises Mañas, Leonel Moura, Golan Levin, Matt Gray, Blanca Montalvo, Raquel Torres, Montse Rebollida, Anja Cucinotta, Mark van den Arend, Mar Hernandez, Jon McCormack, Iona Pergo, Manuel Martínez, Luis Zurano.

Por último, pero no menos importante, agradezco a mis padres, Helga Kirbis y Jesús Sanz Arribas, la educación y

valores que me han transmitido y su invariable apoyo en todas las decisiones que he tomado en mi vida.

1. INTRODUCCIÓN

Este estudio forma parte de la investigación "APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL EN REALIZACIONES AUDIOVISUALES"¹, y supone una aportación a los trabajos que se están realizando en la actualidad sobre nuevas estrategias de lenguaje audiovisual propiciadas por las tecnologías de la imagen. Esta aportación es posible gracias al empleo de sistemas innovadores de hardware y software de visión artificial a la hora de buscar otras aplicaciones artísticas de los recursos cinematográficos tanto en la adquisición (encuadre, movimientos, fuera de campo, etc.) como en el montaje (fundidos, cortes, elipsis, metáforas, etc.).

Las investigaciones que se desarrollan en el área de visión artificial están dando lugar a importantes aplicaciones en el campo del cine y el arte multimedia. Un ejemplo es el software de visión artificial y efectos especiales por el que la empresa "23D", *spin-off* de la Universidad de Oxford, ganó un Emmy en 2002². Otra muestra de la importancia de estas iniciativas es el respaldo específico en áreas de visión

-
- 1 Esta investigación, financiada por la Universitat Politècnica de València, pertenece a la línea de investigación "Tracking Video" del grupo de investigación Laboratorio de Luz (www.laboluz.org) de la Facultad de BB.AA de la UPV, y ha contado con el autor de la presente tesis como investigador contratado dentro del programa nacional de becas FPU del Ministerio Español de Educación, Cultura y Deporte.
 - 2 En dicha universidad el Active Vision Group investiga desde 2009 el uso de sistemas de Visión Artificial Cognitiva para controlar cámaras de manera inteligente.

artificial proporcionado por entidades como el Consorcio Europeo Hermes y la Comisión Europea CORDIS dentro del Séptimo Programa Marco (7PM) de la UE³.

Entre estas investigaciones se encuentran las desarrolladas por artistas tan influyentes en el panorama internacional como Lars Von Trier o Lev Manovich⁴. Éstos estudian cómo las tecnologías de la información pueden usarse para cambiar profundamente la forma en que se genera el discurso audiovisual. Una de las acciones diferenciales es la inclusión de software de automatización en los procesos de decisión que determinan los parámetros de los procesos de adquisición, montaje y proyección del material fílmico.

La investigación de la tesis se plantea sobre la base de la experiencia y conocimientos adquiridos gracias a una formación multidisciplinaria en Ingeniería Informática, Ingeniería Técnica en Diseño Industrial y en el Máster en Artes Visuales y Multimedia⁵, cursados estos últimos en la Universidad Politécnica de Valencia, así como a la amplia

3 Se puede consultar más información acerca de estos programas en la dirección de internet: http://cordis.europa.eu/fp7/ict/cognition/home_en.html (accedido el 24/7/13).

4 Tanto Lars Von Trier como Lev Manovich han explorado los límites del lenguaje fílmico aplicando distintos niveles de automatización en el proceso audiovisual. En el caso del primero, en la película *The boss of it all* (2006) utiliza un sistema que establece automáticamente los parámetros de cámara (más información en: <http://www.golem.es/eljefedetodoesto/automavision.php>, accedido a 5/9/13). El segundo ha desarrollado un documental llamado *Soft Cinema* (2005) cuya narración y composición en pantalla se generan en base a algoritmos informáticos (más información en: <http://www.softcinema.net/>, accedido a 5/9/13).

experiencia personal y profesional en el campo de la informática aplicada. Los conocimientos en el manejo de equipos de visión artificial provienen del trabajo desarrollado con estos sistemas en el proyecto formativo del Programa de Becas de Excelencia de la UPV. Con la concesión de esta beca inicié mi formación como investigador de la UPV trabajando en el proyecto "Visión ampliada: Sistemas de Tracking visual para instalaciones interactivas en el campo del arte digital"⁶.

Este estudio es eminentemente práctico, de manera que se centra en los aspectos técnicos y experimentales del uso de este tipo de tecnologías en el campo audiovisual. En cuanto a la parte teórica, nos limitaremos tan solo a mencionar los referentes artísticos que han servido de guía e inspiración a lo largo de la investigación. Asimismo mencionamos también algunos conceptos clave de los que parte la reflexión que motiva esta investigación, como: nivel de decisión (humana en la realización audiovisual en directo), tecnologías multimedia, automatización, serendipia, metalenguaje, etc.

5 Se puede consultar más información acerca del máster en la dirección de internet: <http://www.artesvisualesymultimedia.com> (accedido a 22/8/13).

6 Este proyecto ha sido beneficiario de las ayudas del Programa Nacional de Investigación Fundamental, del Plan Nacional de I+D+I 2008-2011 (Ref. HAR2008-02169)

1.1 Motivaciones

Una tesis doctoral es un documento ante todo académico de carácter científico, tratándose de un trabajo que conlleva una gran implicación personal, incluso en aquellos casos en los que su consecución sólo sea posible gracias al esfuerzo colectivo, como el de una estructura de investigación. Esta implicación personal se hace más patente en casos como éste, en el que la tesis se presenta en el campo de la Bellas Artes, dentro del Programa de Doctorado *Arte: Producción e Investigación*⁷. Es por ello que, aunque no se trate de un trabajo enmarcado en el contexto de una trayectoria artística personal, me gustaría dedicar unas líneas a compartir con el lector aquellos aspectos personales que han contribuido a hacer de esta tesis lo que es, tanto en fondo como en forma. Al mostrar esta parte personal plasmada en la investigación espero que los contenidos de la misma resulten algo más cercanos, y que su lectura pueda transmitir mejor lo apasionantes que resultan los temas aquí tratados. Con este propósito en mente me permitiré la licencia de dejar de lado la tercera persona y ejercitar de sujeto en mis propias palabras, cosa que normalmente tiendo a evitar, ya sea por mi formación académica o por mi personalidad.

7 Se puede obtener más información de este programa en el siguiente enlace: <http://www.upv.es/entidades/SA/tercerciclo/855047normalc.html> (accedido a 5/9/13)

En primer lugar me gustaría reflexionar brevemente sobre las motivaciones que me han llevado a explorar en conjunto campos como el de la visión artificial y los lenguajes audiovisuales.

Mi interés por la técnica y el funcionamiento de las cosas surgió desde muy temprana edad gracias a las incontables horas que pasaba de niño jugando en el taller de mi padre, uno de tantos aficionados al bricolaje o “manitas”, tal como se decía antes de importar términos anglosajones tan de moda ahora como *maker* o *tinker*⁸. Con las herramientas y materiales del taller de mi padre construía todo tipo de juguetes (generalmente bélicos) con los que batallaba en las historias imaginarias de las que me erigía protagonista. Otro de los elementos clave que han potenciado mis capacidades técnicas es el juego constructivo de piezas Lego, con el cual aprendí a dominar mentalmente los volúmenes y estructuras de todo aquello que quería construir, hasta el punto de imaginar primero el objeto deseado y hacer recuento mental de los elementos necesarios para luego seleccionarlos de entre las piezas mezcladas en una caja y finalmente construirlo. La imaginación nunca me ha faltado, y en la adolescencia se vio potenciada por las novelas y películas de ciencia ficción a las que me aficioné en aquel entonces. Ahí comenzó mi fascinación por los robots que poblaban las

8 En el contexto actual de auge del DIY (siglas en inglés de Hazlo Tu Mismo) *maker* significa literalmente “hacerdor” y *tinker*, se podría traducir como “chapucillas”.

historias de Isaac Asimov y otros escritores, cuya cosmología entraba en dialéctica con la educación religiosa que recibí de parte de mi madre, una devota cristiana protestante.

Esta imaginación visual entrenada con las novelas de ciencia ficción que leía y las películas de grandes clásicos como Hitchcock de las que disfrutaba en la televisión me llevó más adelante a realizar mis primeros cortos caseros, en los que yo era el único actor, y que grababa con una *webcam* y montaba en un viejo PC 486, ya que no disponía de otros medios. Años más tarde retomé la labor al cursar un pequeño taller de guión que desembocó en la participación en un certamen de cortos paralelo al Festival Internacional de Cine de La Palma "Festivalito"⁹, en el año 2002, y con el rodaje de mi primer y último cortometraje con actores. En este rodaje me di cuenta de mi carencia de habilidades en la dirección de personas bajo presión en un rodaje, los cuales no respondían a los mismos parámetros que el resto de "piezas" mecánicas de la producción.

Casi una decena de años más tarde, tras cursar una Ingeniería Técnica en Diseño Industrial y un Máster en Artes Visuales y Multimedia, estos intereses fraguaron en forma de la presente investigación a la hora de plantearme la escritura

9 Tras celebrar con éxito nueve ediciones, el Festivalito se canceló en 2011 por insuficiencia de apoyos financieros e institucionales. Más información en: <http://blog.rtve.es/cinechico/2011/04/r%C3%A9quiem-por-el-festivalito.html> (accedido a 5/9/13)

de una tesis doctoral, con la incursión en la experimentación de la automatización de la creación audiovisual. En mi imaginación los robots de Asimov se encontraron de repente en la misma tesitura que yo años atrás: con una cámara en las manos y la responsabilidad de crear un film, solo que esta vez yo me limitaría a gritar "¡Acción!" y ver la magia funcionar por sí sola.

1.2 Hipótesis y metodología

La hipótesis que aquí se propone es que **las herramientas y técnicas de visión artificial pueden ser utilizadas para generar nuevos lenguajes audiovisuales en el campo del cine interactivo**. La trascendencia de esta afirmación queda patente si se visualizan sus implicaciones potenciales, como, por ejemplo, un plató de cine donde las labores de producción (dirección, manejo de cámara, luces, micrófonos, etc.) y posproducción (selección, montaje, etalonaje, etc.) son llevadas a cabo, en tiempo real, por un sistema informático *inteligente*. Para demostrar esta hipótesis hemos tenido que cubrir los siguientes objetivos en la investigación:

Recopilar y clasificar información acerca de los avances tecnológicos de los medios de expresión audiovisual y sus repercusiones en la transformación de los propios lenguajes

audiovisuales, relacionando los parámetros involucrados en cada avance con las técnicas utilizadas y el contexto artístico y social del momento.

Estudiar la relación ojo humano - ojo máquina que se deduce de la información recopilada en el punto anterior, extrayendo conclusiones que permitan proyectar una aplicación de las herramientas de visión artificial al campo audiovisual con el objetivo de abrir nuevos horizontes en la expresión audiovisual.

Diseñar experimentos en los que se usen las herramientas de visión artificial tanto para generar material audiovisual como para componer dicho material en busca de nuevos discursos. Para ello se partirá de los conocimientos adquiridos mediante el análisis automático de material preexistente. En cada experimento será necesario:

- Recopilar información de sistemas de tracking adaptables a las necesidades de la instalación
- Establecer los pasos a seguir para minimizar estas limitaciones
- Diseñar procedimientos para comprobar sus niveles de eficacia en distintos entornos interiores y exteriores.

Sintetizar los datos obtenidos en los objetivos anteriores para aportar a la comunidad artística/científica/académica los conocimientos adquiridos. Transmitir cómo estas experiencias

pueden ampliar el pensamiento creativo en el panorama del arte contemporáneo. Esta aportación será posible por medio de la redacción y puesta en común de los resultados de los experimentos en foros especializados; y la publicación de un artículo en base a la tesis en una revista especializadas como *Arte y políticas de identidad*¹⁰. Además, la asistencia y participación en congresos internacionales de arte y tecnología como *Technarte*¹¹ permitirá la puesta al día y el intercambio de conocimientos con otros miembros de la comunidad¹².

En cuanto a la metodología empleada se han seguido una serie de pasos consecutivos que han permitido llevar una investigación progresiva sobre la base de un estudio de referentes artísticos. A partir de este estudio se han sintetizado una serie de conceptos clave identificados tanto en las obras artísticas como en los debates críticos a los que se hace referencia. Con estos conceptos como guía se han elaborado una serie de estudios experimentales previos al desarrollo de los prototipos que finalmente componen el sistema completo expuesto al público tras ser finalizado.

10 Se puede consultar más información en la página web de la revista: <http://www.artepoliticasydeidentidad.org/> (accedido a 22/8/13).

11 Se puede consultar más información en la página web del congreso: <http://www.technarte.org> (accedido a 29/8/13).

12 Se puede consultar más información acerca de la difusión de los resultados que se ha realizado en medios generalistas y especializados en el apéndice 7.9 Difusión de resultados (pág. 320).

Tanto de las pruebas de campo de los estudios experimentales como de la exposición del prototipo final se extrajeron una serie de conclusiones a modo de evaluación de los resultados globales del estudio. Finalmente, a partir de estas conclusiones se han perfilado posibles líneas futuras de investigación que supondrían la continuación de esta investigación a lo largo de una serie de vías potencialmente interesantes de cara a la ampliación del conocimiento artístico y al descubrimiento de nuevos potenciales expresivos derivados de la aplicación a los audiovisuales de sistemas automáticos, y en particular de aquellos que emplean herramientas y técnicas de visión artificial.

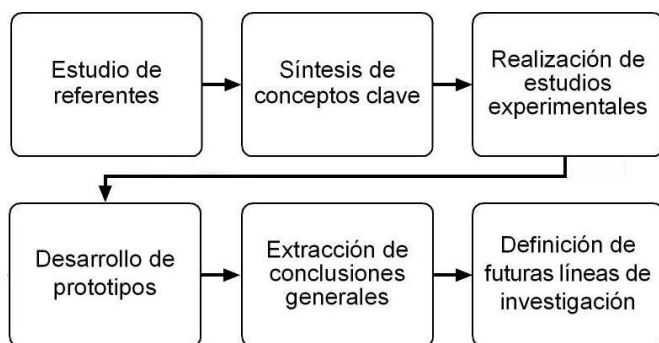


Fig. 1. Esquema de la metodología empleada.

Tras seguir esta metodología, a lo largo de este documento de tesis doctoral se han organizado los apartados para

desarrollar los puntos que cubren los objetivos expuestos anteriormente.

2. CONTEXTUALIZACION

2.1 EL MEDIO AUDIOVISUAL COMO LENGUAJE

El concepto de experimental o experimento ha sido entendido en el campo del cine y audiovisual de maneras diferentes. En ocasiones se ha asociado a avances tecnológicos, de manera que la experimentación audiovisual ha creado un vínculo entre la tecnología y la expresión artística gracias a los trabajos de artistas como José Valdelomar, por citar un ejemplo. Otras veces ha estado más relacionado con nuevos usos de una tecnología consolidada, innovando en la expresión y en el lenguaje audiovisual, como en las películas del movimiento Dogma'95. En cualquier caso han predominado unas aspiraciones artísticas que tienen más en común con aquellas de las artes visuales de principios del S.XX que con las de la industria del cine¹³. Es por ello que se suelen usar términos como *vanguardia* y *videoarte* para denominar este tipo de obras. Generalmente, los filmes experimentales suelen ser proyectos no comerciales, que se alejan de las formas narrativas tradicionales y de la representación realista del mundo usadas en el cine de masas, explorando nuevas vías de experimentación visual y emocional; e incluso rechazan la misma forma de producir,

13 O'PRAY, Michael. *Avant-garde film: forms, themes and passions*, Wallflower Press, 2003

distribuir y exhibir del cine industrial, proponiendo una experiencia cinematográfica distinta a través de nuevas formas de hacer cine.

Dentro del estudio inicial, en la parte de la investigación dedicada a la teoría en el campo del Cine Experimental, hemos seleccionado de entre la bibliografía los que consideramos autores idóneos ya que nos permiten un acercamiento metódico al problema del análisis de obras de este tipo y de los resultados obtenidos en la parte experimental del proyecto. Asimismo, para contextualizar la investigación y verificar la validez de la metodología empleada, hemos estudiado los referentes artísticos que tienen una mayor relación con el proyecto planteado: aquellos en los que destaca el peso de los medios técnicos en la obra; ya sea por la trascendencia de su aporte al panorama artístico, ya sea por el uso novedoso de una técnica previamente existente o por la creación de una nueva que las haya posicionado como hitos del cine experimental.

Cabe mencionar también que nos limitaremos a los referentes que experimentan con la parte visual, dejando de lado aquellos que han trabajado con el sonido. Además, por cuestiones prácticas, reduciremos el campo de estudio a los referentes de la cultura occidental.

2.1.1 Marco teórico

A lo largo de la comparativamente breve historia del cine, se han elaborado estudios que exponen distintos tipos de

acercamiento a una hipotética y aún lejana Teoría Unificada del Cine (entiéndase Cine no como industria cinematográfica o producto de la misma, sino como la experiencia intangible que se produce durante la proyección de un audiovisual). Estos acercamientos se han producido tanto desde el propio mundo del Cine, con los pioneros a la cabeza, como desde multitud de disciplinas que se han visto reflejadas en el fenómeno cinematográfico, como la psicología, la semiología, la sociología, etc. Autores como Kulechov¹⁴, Pudovkin¹⁵, Eisenstein¹⁶, Vertov¹⁷, Aristarco¹⁸, Bazin¹⁹, Kracauer²⁰, Balasz²¹, Barthes²², Stan²³, Metz²⁴, Virilio²⁵ o Deleuze²⁶, por mencionar algunos, han expuesto sus "puntos de vista", más o menos personales según el caso, justificando sus conclusiones con

14 BORDWELL, D. y THOMPSON, K. *Film history, an introduction*, Ed. McGraw-Hill, 2003.

15 BORDWELL, D. y THOMPSON, K. *El arte cinematográfico*, Ed. Paidós, 1995.

16 EISENSTEIN, S., *La forma del cine*, Siglo XXI editores, 2005.

17 PECORI, F., *Cine, forma y método*, Gustavo Gili, 1977.

18 MONTIEL, A., *Teorías del cine: un balance histórico*, Ed. Montesinos, 1992 .

19 BAZIN, A., *¿Qué es el cine?*, Ed. Rialp, 2001.

20 KRACAUER, S., *Teoría del cine*, Ed. Paidós, 1989.

21 Op. Cit., MONTIEL

22 Ibid

23 Ibid

24 Ibid

25 MIRZOEFF, N., *Una introducción a la cultura visual*, Ed. Paidós, 2003.

26 DI CHIO, F., CASSETTI, F., *Cómo analizar un film*, Ed. Paidós, 2009.

herramientas propias o prestadas de sus respectivos campos de estudio.

Para circunscribir la teoría a la naturaleza de esta investigación, de entre los textos estudiados nos hemos centrado en aquellos pasajes que tratan la influencia, a lo largo de la historia, de la tecnología en el Cine y en la evolución de la forma de comunicar y percibir (lenguaje audiovisual) por parte de autores y espectadores. También ha resultado conveniente realizar una síntesis de las metodologías más comunes de análisis cinematográfico para afrontar con más rigor el estudio de los referentes artísticos y más adelante de los resultados prácticos de los experimentos.

Del estudio de referentes teóricos y artísticos hemos sintetizado los conceptos que servirán de apoyo teórico a la hora de guiar los experimentos y evaluar los resultados. Estos conceptos se adecuan al marco de la investigación (cine experimental) y a las características tanto del proceso de producción de imágenes como de las particularidades de las mismas, que son propiciadas por el tipo de tecnologías empleadas (visión artificial).

2.1.1.1 Nivel de control

Uno de los motivos de mayor discusión entre los teóricos del cine ha sido lo que acuñaremos como nivel de control o nivel

de intervención: la cantidad, calidad y trascendencia para el resultado final de las decisiones tomadas por parte del responsable de una obra cinematográfica en las distintas fases de su creación para conseguir unas metas anticipadas, en definitiva, el nivel de control del humano al cargo de la obra sobre el resultado de la misma.

¿Existe el film en la mente del artista en el proyecto de producción antes de ser creado? ¿Sabían los autores el resultado antes de finalizar la obra? ¿En qué medida cambia el resultado cuando se dejan más elementos al azar (entendido como lo opuesto al control)? El debate sobre lo que aquí llamamos *nivel de intervención* ha existido desde que se comenzaron a posicionar los creadores y críticos en los inicios del cine. En mayor o menor medida las valoraciones de unos y otros con respecto al fenómeno cinematográfico ha reservado una parte importante a este asunto. Eisenstein, por ejemplo, era un claro defensor de la intervención y la manipulación de los medios técnicos, como el montaje, tratando de controlar al máximo el material captado para construir un universo nuevo. Vertov, al contrario, era partidario de dejar que la cámara captase la mayor cantidad posible de la esencia vital del mundo, que luego trataba de plasmar mediante un montaje lleno de artificios (interviniendo inevitablemente en el resultado). Más tarde, a mediados del S.XX, con la consolidación de la industria cinematográfica y la aparición del estándar productivo de Hollywood, se trasladó el debate a la medida

en la que la obra debía reflejar la autoría de un individuo creador, en favor o en contra de una mayor determinación del resultado en la configuración de un producto cuyo éxito fuese previsible. Entorno a los pensamientos de la Nouvelle Vague francesa se acuñan términos como la *caméra-stylo*²⁷ (cámara- estilográfica) o el cine de *Auteur*²⁸, que definen un cine en el que todos los aspectos del proceso cinematográfico se ponen en manos del director y este se sitúa en una posición equivalente a la del escritor o el pintor²⁹. Proponen que el valor de la creación reside en plasmar la visión genial del individuo creador, que concentra todo el poder de decisión y es el responsable final de la obra, dejando de lado el valor de las aportaciones del equipo técnico y artístico involucrado en el proceso. De esta manera el nivel de intervención queda en manos del Autor, que decide personalmente cómo, cuándo y en qué medida controlar el proceso cinematográfico para favorecer la consecución de una visión previa o, por el contrario, para “dejarse sorprender” durante el proceso, aprendiendo, y cambiando las pre-visiones de acuerdo con los nuevos descubrimientos. En la misma época los defensores del llamado Neorrealismo

27 ASTRUC, Alexandre. *Naissance d'une nouvelle avant-garde: la caméra-stylo*. Écran Français, n. 144, 1948.

28 TRUFFAUT, François. *Une certaine tendance du cinéma français*. Cahiers du Cinéma, n. 31. Enero 1954.

29 En nuestro caso, experimentamos delegando esta posición en un dispositivo automático, que asume en parte el control.

cinematográfico, como Bazin o Kracauer, para los cuales “el objetivo es hacer un cine sin mediación aparente, que revele el valor de lo real y lo cotidiano”³⁰, valoran la minimización de la intervención sobre la realidad captada, que debe mostrarse por sí misma. El nivel de intervención o control puede referirse a cualquiera de los aspectos y momentos del proceso cinematográfico, que enumeramos a continuación:

- Puesta en escena (preparación / preproducción): todo lo referente al universo reproducido en el film y se materializa en los existentes (personajes y ambientes³¹) que aparecen en escena, y se vertebra en los temas comunicados por la obra.
- Puesta en cámara (grabación / producción): momento en el que se escoge la forma de mostrar el universo del film, y se definen sus características. La iluminación, el encuadre, los movimientos y la duración del material grabado, son algunos de los parámetros que se manejan.
- Puesta en serie (montaje / posproducción): aquí se organiza el material grabado, se establecen las

30 FERNÁNDEZ LABAYEN, M.: *Pensar el cine: un repaso histórico a las teorías cinematográficas*. Portal de la Comunicación. Institut de la Comunicació, Universitat Autònoma de Barcelona, 2008. Recurso en línea: http://www.portalcomunicacion.com/lecciones_det.asp?id=39 (accedido a 8/12/2011).

31 Op. Cit. DI CHIO, p. 29

relaciones entre distintos planos y su orden de proyección, lo que dará lugar a nuevos significados, distintos a los de los planos aislados.

- Puesta en público (proyección / exhibición): el lugar, el ambiente y las condiciones de la proyección, así como la tecnología empleada.

En este estudio, como veremos más adelante, experimentamos con las posibilidades expresivas de la cesión de cierto nivel de control al medio, reduciendo nuestro nivel de intervención. No se trata de establecer, como hicieron algunos de los teóricos mencionados anteriormente, un juicio de valor o adoptar una u otra postura al respecto de la conveniencia de esta cesión, sino más bien de ver qué posibilidades nos brindan los medios técnicos cuando nos abrimos a compartir la responsabilidad creativa con los mismos. Aunque plantear, como hacemos aquí, las posibilidades expresivas del metalenguaje del medio pudiera parecer que nos inclinamos por la postura de, entre otros, Vertov, finalmente reunimos la idiosincrasia del medio con las distintas convenciones heredadas de otros maestros del cine como Eisenstein ya desde los comienzos de este arte. Para ello, de los momentos del proceso cinematográfico mencionados antes, hemos experimentado con la cesión del control en prácticamente todos ellos, siendo el mejor ejemplo la exposición que se realizó con el sistema al completo en

funcionamiento³². Durante la misma esos cuatro momentos (o por lo menos los tres últimos, si entiende la puesta en escena como algo limitado a la fase de preproducción) coincidían en espacio y tiempo.

En la planificación de la exposición la puesta en escena incluía elementos que venían condicionados por las características de los medios técnicos empleados, de manera que en cierta medida cedimos a condiciones del medio como el requisito de tener un espacio de suelo acotado para el movimiento del robot aspirador, o mantener un nivel de iluminación adecuado para las necesidades de detección de los sistemas de visión artificial. En cuanto a la puesta en cámara, al incluir a los espectadores, el comportamiento de estos influían en el propio sistema a modo de feedback, de manera que dejamos cierto nivel de control al tándem espectador-sistema en este momento del proceso. La puesta en serie también viene condicionada por la combinación de inputs detectados por el sistema y el mapping o relaciones de correspondencia entre estos y las decisiones de montaje a realizar. Este mapping, aunque forma parte de la programación, está establecido teniendo en cuenta las características del propio medio en cuanto a su naturaleza, de manera que en lugar de seguir ciertos criterios estéticos humanos, se valoran, por ejemplo, las prioridades del

32 Véase el apartado 3.4 INSTALACIÓN CVCINEMA, pág. 185

sistema de detección en cuanto a qué elementos de la escena son más significativos y por lo tanto llaman más la atención para aparecer en pantalla, ya sea por cantidad de movimiento, volumen, luminosidad, etc., con lo que también el momento de puesta en público incluye su correspondiente cesión parcial de control al medio.

2.1.1.2 Tecnología

Podemos establecer varias relaciones entre el nivel de intervención y el mayor o menor uso de la tecnología³³. Si, tal como hizo Alexandre Promio en "Panorama de la place Saint Marc pris d'un bateau" (1896), se sitúa una cámara sobre una barca grabando durante un tiempo y luego proyecta la película en una sala de cine, la intervención se ha reducido prácticamente a escoger la posición y encuadre inicial de la cámara³⁴. Al contrario de lo que pudiera parecer, esto no limita la posibilidad de realizar nuevos descubrimientos u obtener resultados valiosos (el film de Promio se considera el primer movimiento de cámara de la historia del cine³⁵). Aquí, la selección de la tecnología se limita al propio aparato

33 SALT, B., *Film Style and technology*, Ed. Starword, 2009.

34 ABEL, R., Ed., *Encyclopedia of Early Cinema*, Routledge, 2005

35 Se puede consultar un resumen de los primeros movimientos de cámara en: <http://makingvideo.free.fr/pdf/petite-histoire-de-la-machinerie-cinema-1.pdf> (accedido a 5/9/13)

cinematógrafo y el medio de transporte. Si además se hubiese incluido la tecnología de la sala de montaje, el autor también habría intervenido irremisiblemente en el proceso, realizando la selección de planos y estableciendo su ordenamiento y duración.

Podemos observar que hasta la actualidad en la mayoría de ocasiones cuanto más tecnología se ha incluido en el proceso, tanto mayor ha sido la intervención del resultado final. Por supuesto, esto no es así en todos los casos. Tal como comenta Locke al respecto de la cámara miniaturizada que Jana Sterbak colocó a un perro, en ocasiones solo el progreso técnico permite realizar experimentos en los que el autor cede el control y reduce su nivel de intervención.

Captar imágenes con un terrier no tiene el nivel de aleatoriedad de John Cage, pero es algo así como tener un grupo de improvisación de jazz. El artista o director tiene una idea general de lo que va a ocurrir pero, una vez que comience el evento, cada momento viene determinado por los momentos anteriores y una suposición sobre la dirección del movimiento³⁶.

John W. Locke

Este es el planteamiento que nos motiva en esta investigación, ya que tratamos de demostrar la hipótesis de que se pueden conseguir resultados expresivos de interés

36 LOCKE, John W., *Experiments in Camera Movement: Venice 1896 to Venice 2003 / Lumière to Sterbak*, en Jana Sterbak: *From Here to There*, Montréal: Musée d'Art Contemporain de Montréal, pp. 99-109.

dejando el control de parte del proceso cinematográfico en manos de un sistema informático.

2.1.1.3 Automatización

La invención del cinematógrafo ocurrió en un contexto de mecanización general de las labores artesanales que se venía desarrollando desde el S.XVIII con la incorporación de la máquina de vapor al proceso de producción. Aunque se habían desarrollado con anterioridad distintos artilugios que eran capaces de realizar movimientos mecánicos para asombro y maravilla de los espectadores, no fue hasta la época de la industrialización que se generalizó el uso de la mecánica para sustituir la fuerza de trabajo humana.

La mecanización también ocurre progresivamente en el mundo de las artes visuales, con diversas técnicas y mecanismos para facilitar la labor de los artistas a la hora de representar la perspectiva o reproducir el mundo en un formato bidimensional como es la pintura. La mecanización de la representación pictórica culmina con la invención de la fotografía, que con el cinematógrafo va un paso más allá y amplía las capacidades expresivas del cuadro, al incluir el tiempo, con el cambio de imágenes y el espacio, con el cambio de perspectiva. La inclusión de nuevas tecnologías ha permitido a científicos y artistas percibir el mundo de una manera diferente, a través de mecanismos que modifican, potencian o sustituyen los sentidos naturales como la visión. Esta comunión arte-ciencia, percepción-tecnología, ha estado

siempre presente, y ha permitido que ambas se enriquezcan de la transferencia de conocimientos y técnicas.

Una de las funciones revolucionarias del cine consistirá en hacer que se reconozca que la utilización científica de la fotografía y su utilización artística son idénticas.

Walter Benjamin³⁷

Así pues, de igual manera que ocurrió con los procesos industriales, vemos la revolución que ha supuesto también la mecanización en el mundo del arte, y en particular la materialización³⁸ del arte del cine a partir de una nueva tecnología mecánica. Posteriormente, con la aparición de los computadores, el arte podrá ir más allá de la *simple* mecanización, entrando en juego un nuevo concepto: la automatización del arte.

Con la mecanización, el trabajo es realizado por un humano pero la labor física se aumenta por medio de una máquina. La automatización lleva la mecanización un paso más allá: la máquina es programada para que reemplace las funciones de los órganos de observación, esfuerzo y decisión humanos.

Lev Manovich³⁹

37 BENJAMIN, W., *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*, (1936) traducción de Jesús Aguirre. Ed. Taurus, Madrid 1973.

38 Decimos materialización y no surgimiento ni aparición, a propósito de la idea de Bazin de un "cine total" preconcebido en la consciencia humana antes incluso de la aparición del cinematógrafo.

Si bien la ciencia está aún lejos de crear una hipotética inteligencia artificial equiparable a la del ser humano (capaz de, por ejemplo, expresarse artísticamente de manera autónoma y por iniciativa propia), no es del todo descabellado imaginar sistemas de producción automática de films. En esa dirección apunta este estudio, en nuestro caso centrando la exploración de dicha producción automática entorno al uso de herramientas de visión artificial.

2.1.1.4 Serendipia

Los dos conceptos clave expuestos en los puntos anteriores nos introducen al siguiente: la serendipia.

El término serendipia es un neologismo procedente de la palabra *serendipity* y hace referencia al modo en que se produce un descubrimiento científico trascendental que se realiza de repente gracias a un accidente o una extraña casualidad⁴⁰.

Se denomina serendipia tanto el proceso como el hallazgo o descubrimiento fortuitos que se producen cuando se está buscando otra cosa distinta. Horace Walpole acuñó el término en 1754 en base a un cuento tradicional persa en el que tres

39 MANOVICH, L., *The Automation of Sight: From Photography to Computer Vision*, Electronic Culture, Ed. T. Druckrey, New York: Aperture Foundation, 1996. Recurso en línea: <http://manovich.net/DOCS/automation.doc>, (consultado el 8 de abril de 2013).

40 MOLINER, M., *Diccionario del uso de español*, Editorial Gredos S.A., 3ª Edición, 2007.

príncipes de la isla Serendip resuelven sus contratiempos a través de casualidades asombrosas. En la ciencia han ocurrido con frecuencia serendipias, con ejemplos tan relevantes como algunos de los hallazgos de Albert Einstein.

Actualmente la serendipia se está popularizando como estrategia aplicada a muchos ámbitos para fomentar la creatividad y la innovación⁴¹.

Nos pareció importante introducir como método alternativo de nuestra investigación este concepto más próximo al descubrimiento casual y que ha sido utilizado tanto en el ámbito científico como el artístico. Un buen ejemplo de su utilización creativa lo podemos encontrar en el fotógrafo Man Ray y así lo relata Cheroux en su ensayo: Man Ray, "fautographe".

Entre los fotógrafos que se asocian al movimiento surrealista, Man Ray es sin duda quien mejor supo cultivar y cosechar los frutos de la serendipidad. Man Ray exploró la gama de accidentes fotográficos y no cesó de poner los azares de su objetivo al servicio de la estética surrealista. Se declaró con gusto "fautographe", y sin duda habría adoptado los términos "photogaffe" o "fausse tographie" (creados por Raymond Queneau) si se le hubiesen ocurrido, ya que adoraba los juegos de palabras. A Man Ray le interesaban los errores de la fotografía por las razones surrealistas que acaban de ser mencionadas: además de ofrecer un sinnúmero de oportunidades para la subversión, brindan la oportunidad de poner "la fotografía de cabeza".

41 GUTIERREZ, B., *Serendipia, la innovación como sorpresa*, Yorokobu, nº 39 de abril de 2013. Versión digital disponible en: <http://www.yorokobu.es/wp-content/PDF/39.pdf> (accedido el 24/7/13).

“Cuando tomaba fotos, cuando estaba en el cuarto oscuro, escribía, evitaba a propósito seguir las reglas, mezclaba los productos más insólitos, empleaba películas vencidas, hacía las peores cosas en contra de la química y de la foto (...)”. Los accidentes también le permiten reintroducir la serendipidad en el proceso fotográfico: “Aproveché los accidentes. Los sabios más sobresalientes supieron sacar provecho del azar”⁴²

Encontramos otro ejemplo relacionado con este concepto en la “teoría de la mayonesa” de André Bazin:

Cuando tenía veinte años discutía con André Bazin porque él comparaba a las películas con la mayonesa: cuajaban o no. (...) No sé si alguno de ellos piensa alguna vez en esa antigua discusión, pero estoy seguro ahora de que todos hemos adoptado la teoría de la mayonesa de Bazin porque hacer cine en realidad nos ha enseñado mucho: da tanto trabajo hacer una película mala como una buena. Nuestro film más sincero puede parecer falso. La película que hacemos con nuestra mano izquierda puede convertirse en un éxito internacional. Una película perfectamente común hecha con energía puede resultar ser mejor cine que un film con intenciones 'inteligentes' más o menos bien ejecutado. El resultado rara vez está a la altura del esfuerzo. El éxito cinematográfico no es necesariamente resultado del esfuerzo mental sino de una armonía de elementos que existen en nosotros y de los que podemos no ser conscientes: una afortunada fusión del tema con nuestros sentimientos más profundos, una coincidencia accidental de nuestras propias preocupaciones en cierto momento de la vida con las del público.⁴³

42 CHEROUX, C., *Breve historia del error fotográfico*. Ediciones Ve. Mexico, 2009.

43 TRUFFAUT, F., *Las películas de mi vida*, Mensajero Ediciones, S.A., 1976.

2.1.1.5 Metalenguaje

Tras analizar los referentes artísticos del campo del cine experimental seleccionados en relación a la investigación, observamos que cuando la experimentación se realiza por medio de la aplicación pionera de una tecnología en el audiovisual, frecuentemente el medio y la técnica se establecen como centro de interés de la propia obra, y tal como reza la célebre frase de McLuhan “el medio es el mensaje”⁴⁴. La innovación de los resultados se produce generalmente en las siguientes categorías:

- Nuevos contenidos: se generan cuando la tecnología aplicada produce un universo fílmico distinto al que se venía viendo hasta ese momento. Es el caso, por ejemplo, del universo generado por los fotogramas creados de forma plástica por Brakhage en *Dog Star Man*, del mundo que nos muestra la perspectiva del perro de Sterbak en *From here to there*, o de los barridos de imagen de la *Règion Centrale de Snow*.
- Nuevos puntos de vista: aparecen cuando la innovación se produce al expandir las posibilidades de la posición y el movimiento. En las ocasiones en que el punto de vista ofrece una *mirada objetiva irreal*⁴⁵, el

44 MCLUHAN, M., *Comprender los medios de comunicación*, Ed. Paidós, 1996.

45 Op. Cit., DI CHIO, pág. 29

filme hace protagonista a la propia cámara, como ocurre en obras como *Wavelength* de Michael Snow.

- Nuevas formas narrativas: surgen cuando la tecnología aplicada produce un montaje distinto al que se viene realizando hasta el momento, o sea, cuando afecta al ordenamiento de imágenes en el tiempo o en el espacio. Dentro del término narración entendemos también el *discurso* que se desarrolla en el audiovisual en el tiempo diegético. Aunque la mayoría de las veces el cine experimental se sitúa en la *antinarración*⁴⁶, sí que contiene un discurso, al situar su exposición en el tiempo. Ejemplos en esta categoría son *Brake lights* de Hessels o *Soft Cinema* de Manovich.
- Nuevas formas estéticas: llegan al plasmar en pantalla configuraciones pictórico-temporales inexploradas. *Dog Star Man* de Brakhage, *Arabesque* de Whitney, *Tríptico Elemental* de España de Valdelomar son algunos ejemplos.

Todos estos elementos, al “expresar el acto mismo de comunicar”⁴⁷, conforman en el cine experimental una de sus características más significativas: la comunicación

46 *Ibíd.*

47 *Ibíd.*

metalingüística. Este hecho es inherente al carácter novedoso del medio, pues en cuanto las características experimentales dejan de serlo, o sea, cuando se generaliza el uso de las nuevas formas de comunicación, la presencia del medio se diluye en la consciencia del espectador por la fuerza del uso y de la costumbre. Es entonces cuando estas formas se consolidan como medio expresivo y se incorporan al intangible lenguaje audiovisual colectivo.

Durante la investigación se ha tenido la cuestión del metalenguaje como uno de los conceptos de referencia fundamentales, tal como muestran los resultados expuestos más adelante, tomando como fuente de inspiración algunos de los referentes que hemos mencionado.

2.1.2 Antecedentes artísticos

Tras haber realizado un amplio estudio de filmes hemos seleccionado una breve muestra de piezas representativas para las ideas a estudiar, y que nos servirán de guía para contrastar los experimentos realizados durante nuestra investigación. Estos referentes no han sido presentados cronológicamente ya que esperamos que su relación con los experimentos desarrollados nos permitan realizar una catalogación más orgánica, según un orden aparecido

durante su desarrollo, reflejo también del carácter no lineal con frecuencia presente en el cine experimental.

En la selección hemos tenido en cuenta los trabajos que delegan en mayor o menor medida la responsabilidad creativa en el medio, que se manifiesta en una o más de las siguientes tres formas:

- Forma 1: estableciendo de antemano una serie de normas o reglas que debe cumplir una parte del proceso de realización del film y que funcionan a modo de algoritmo director
- Forma 2: mostrando "lo que el medio ve", al reducir el resultado a aquello que establezca una relación visible y directa entre el mismo y las características técnicas del dispositivo.
- Forma 3: utilizando medios técnicos que generen un resultado que escapa total o parcialmente al control del humano.

A continuación, a modo de resumen, se incluye una tabla con los referentes estudiados y en qué formas, de entre las tres expuestas anteriormente, delegan en el medio parte de la responsabilidad creativa.

Referente	Forma 1	Forma 2	Forma 3
The boss of it all (2006). Lars von Trier	X		X
Soft cinema (2002-2004). Lev Manovich	X		
Brake lights (2004). Scott Hessels	X		X
From here to there (2003). Jana Sterback			X
Wavelength (1967). Michael Snow		X	X
Michael Snow, La Région Centrale (1971)		X	X
Dog Star Man (1961-64). Stan Brakhage		X	X
Arabesque (1975). John Whitney	X	X	X
Schwechater (1958). Peter Kubelka		X	X
Les Mystères du château de Dé (1929). Man Ray			X
Olympia (1938). Leni Riefenstahl		X	
Ballet Mécanique (1924). Fernand Léger	X		X
Triptico Elemental de España (1953-61). José Valdelomar		X	

En el apéndice 7.1 Fichas de referentes artísticos (pag. 279) se pueden consultar una serie de fichas resumidas de cada uno de estos referentes.

Las conclusiones extraídas tras analizar estos referentes han servido para guiar el desarrollo de la parte práctica, que veremos más adelante, en la cual los experimentos se basan en las tres formas de delegar responsabilidad creativa en el medio.

2.2 AUTÓMATAS FASCINANTES

2.2.1 La autoría autorizada

La Historia del Arte Clásico (por lo menos aquella que está escrita) ha situado generalmente en la posición de artista autor de la obra de arte⁴⁸ a un ser humano más o menos visionario y virtuoso caracterizado por su singular genialidad. Además, estas supuestas cualidades hacían que antiguamente el artista fuera percibido por muchos de sus congéneres como un ser misterioso y enigmático, digno de admiración y respeto, capaz de crear, por sí mismo y de la nada, algo de lo que sus obras representan o simbolizan, algo que no existía con anterioridad. Por otra parte, el resto de humanos que, individualmente o en grupo, generaban un artefacto⁴⁹ que no es incluido en la categoría anterior, habían

48 Matizaré, sin entrar en debates ni divagaciones, que el concepto “obra de arte” que empleo aquí, se define a sí mismo, o, mejor dicho, que no encuentro otra manera de definirlo que: “es obra de arte todo lo que es obra de arte”, ya que considero que la única característica común a todas estas obras es, precisamente, que de alguna manera u otra, han pasado al imaginario colectivo (especializado o no) como parte de ese subconjunto de obras, de manera que en determinado momento han llegado a formar parte del registro contable de la Historia del Arte Clásico. En cuanto al arte como resultado expresivo, me remito a la definición que da Hans Richter al ser entrevistado en el documental *Free Radicals - A History of Experimental Film* (Chodorov, 2012): “I don't know what it means, but art means nothing in this sense, it means only what it means [...] what he [the artist] expresses is only what the ordinary people do not hear, feel or sense as clearly as he does”.

49 Nótese que hago uso a propósito del verbo generar en lugar de crear, y del sustantivo artefacto en lugar de obra de arte u objeto artístico, ya que contienen

de contentarse con que se les atribúan las acciones físicas y/o intelectuales que han transformado unos materiales y/o conceptos en otros distintos, y el mayor o menor virtuosismo que ha demostrado al realizar dichas acciones.

Si bien es cierto que, como oposición a esta clasificación, en determinados momentos históricos han surgido movimientos reivindicativos de la generación colectiva, anónima, efímera, o cualquier otro atributo que trate de desmitificar el concepto de Artista Autor, en la actualidad concurren una serie de factores significativos que indican un posible cambio en el imaginario colectivo con respecto a dicho concepto. La aparición de estos factores, y el hecho de que no hayan aparecido con anterioridad, se debe a los cambios que la informatización de todos los aspectos de nuestra sociedad propician en la manera de relacionarse los seres humanos con la tecnología y unos con otros, y por lo tanto en la imagen que el individuo tiene de sí mismo, de los que le rodean y de la humanidad en su conjunto.

Uno de los factores es la accesibilidad a la información y al *saber hacer*⁵⁰. En la actualidad, gracias a Internet, han proliferado las publicaciones de libre acceso con información

menos alusiones divinas y permiten reflexionar sobre los múltiples sentidos de palabras como generador, artificial, etc.

50 Transcripción literal del término anglosajón *know how*, que viene a significar conjunto de conocimientos prácticos sobre un tema, adquiridos con la experiencia.

y experiencias compartidas por profesionales y aficionados, de manera que resulta posible adquirir conocimientos de prácticamente cualquier campo de forma accesible, cómoda, práctica, rápida e intuitiva. Esta posibilidad facilita que se recupere progresivamente el interés por hacer objetos y realizar actividades uno mismo en lugar de adquirirlos ya hechos o contratar los servicios de un profesional. En las sociedades industrializadas, este interés se ha dejado de lado por motivos como los balances valor/ precio y economía/ tiempo o la alta especialización laboral de sus individuos, de manera que hasta una acción simple como el cambio de una bombilla o de un enchufe en casa pueden suponer una llamada a un profesional.

"Society assumes that specialization is natural, inevitable and desirable. Yet in observing a little child we find it is interested in everything and spontaneously apprehends, comprehends and coordinates an everexpanding inventory of experience."⁵¹

Esta alta especialización hace que exista una polarización de las capacidades y del concepto que los individuos tiene de sí mismos. Muchas personas no tienen la confianza en sus posibilidades de adquirir nuevas habilidades, y sobrevaloran la capacidad de los que ya las tienen. Con la progresiva recuperación del interés por las cosas hechas por uno mismo, equilibramos el valor que concedemos a nuestras

51 FULLER, B., *Operating Manual for Spaceship Earth*. Carbondale, Ill.: Southern Illinois University Press, 1969, p. 13.

capacidades con respecto al valor que concedemos a las capacidades de los demás, reduciendo la diferencia.

Hoy en día la mayoría de individuos (suponiendo que estén dispuestos a emplear el esfuerzo, el tiempo y los recursos necesarios) pueden acceder a los conocimientos y los medios precisos para producir o reproducir de forma creativa muchos artefactos que en otra época solo podían haber sido desarrollados por individuos que contasen con el patrocinio de un mecenas.

“Debido a que actualmente todo el mundo produce imágenes, textos, vídeos, música... se concluye que se ha diluido la frontera entre la audiencia y el artista. Sin embargo, la producción del arte depende del talento, no solamente en la creación material de la pieza.”⁵²

Al diluirse el valor del virtuosismo, el mérito atribuido popularmente a los artistas ha ido pasando de basarse en la factura técnica, a centrarse en la originalidad del estilo y finalmente en la capacidad de reflejar un concepto de una manera particular. Con el progresivo trasvase del volumen de producción artística de los medios tradicionales a los nuevos medios y en particular a los medios interactivos, el valor de la labor del artista se traslada ahora a la calidad de la interacción que la obra proporciona, medida por la capacidad de la misma para proporcionar experiencias valiosas para el

52 PÉREZ-BUSTAMANTEAMÓN, Blanca, *El Live cinema: Hacia el transmedia y la desaparición de la forma*, Comunicación21, número 2, octubre 2012.

público, que pasa de ser espectador a ser participante en la creación de conceptos, metáforas, etc. En estas obras el artista se convierte en una suerte de coreógrafo, y el público y el sistema interactivo son los intérpretes y protagonistas de la pieza, "los participantes también se convierten en creadores"⁵³.

Otro factor que propicia el cambio en los conceptos de autor y artefacto creativo es la capacidad de las obras de nuevos medios para mutar. Manovich nos explica que los objetos de los nuevos medios, al ser representados numéricamente, pueden ser distribuidos, copiados, procesados y modificados automáticamente por medio de computadores, mutando en múltiples instancias y variaciones⁵⁴. Ya no podemos seguir en las obras el rastro de la línea genealógica de estilos, inspiraciones, referencias o de relaciones maestro-aprendiz. La información, los conceptos, los estilos, los medios, fácilmente accesibles han variado y cambiado de manos tantas veces que la obra se independiza y queda huérfana al desvincularse de sus *manipuladores* humanos.

El tercer factor que voy comentar es el desarrollo colaborativo. Gracias a la posibilidad de comunicación y trabajo en grupo, los profesionales recuperan el interés personal por su especialidad al desarrollar proyectos de

53 KRUEGER, *Artificial Reality II*, Addison-Wesley, 1990.

54 MANOVICH, L. *The Language of New Media*, MIT Press, 2001.

forma colaborativa con homólogos, por iniciativa propia y sin las imposiciones del contexto laboral. A la satisfacción de conseguir las metas que se ponen, se añade la de las relaciones con una comunidad afín, la de sentirse útil y generoso con los demás, ser a su vez objeto de generosidad y la posibilidad de que los proyectos deriven en productos de carácter comercial con un balance más equilibrado entre trabajo y beneficios y sobre todo entre trabajadores y beneficiarios. En este sentido, al ser proyectos abiertos, el beneficio se autorregula, ya que es posible obtener toda la información necesaria para competir en igualdad de condiciones: al adquirir el producto lo que se recompensa no es tanto la inversión económica del emprendedor, sino la personal.

Al estar desarrollados públicamente y en colectividad, es de conocimiento común que los proyectos colaborativos, ya sean productos u obras de arte, no son atribuibles a un autor singular. La globalización llega también aquí, de manera similar a las invenciones de radio, teléfono, tv, cine, etc. que ocurrieron casi simultáneamente en diferente partes del mundo gracias al aumento en número y velocidad de las comunicaciones y de la transmisión de conocimientos. Hoy en día mucho más, al estar todos conectados a la misma información que se transmite como un pulso de sonar a lo largo de la estructura de la Red.

Además, la popularización y democratización del *crowdfunding*⁵⁵, hace que se establezcan nuevos vínculos entre los desarrolladores y los receptores de la obra, que se convierte en parte del proceso de creación como promotores de proyectos interesantes, inspiradores y que proyectan las pasiones de los que los llevan a cabo.

Poco a poco cobramos conciencia colectiva como especie, lo cual se traduce en el campo artístico en un sentimiento de que todos somos creadores y que la generación de experiencias estéticas, sensoriales o intelectuales no es patrimonio exclusivo de una serie de individuos privilegiados, y ni siquiera requiere de la mediación del ser humano para ser producido: basta con que el humano esté ahí para darle valor a dichas experiencias⁵⁶.

Por lo tanto, en el contexto actual y dentro del campo de las nuevas tecnologías, si realmente se pretende ocupar la vacante que los autores de arte tradicional han dejado libre, es probable que el mejor candidato para el puesto sea el propio medio, el sistema creativo, que formaría un tándem

55 EL *crowdfunding*, traducido al castellano como “financiación en masa”, es una vía de captar recursos económicos por parte de los promotores de un proyecto, habitualmente a través de página web especializada en este tipo de financiación. Al ser accesible al público en general la web permite captar a pequeños inversores particulares. Más información en: http://es.wikipedia.org/wiki/Financiación_en_masa (accedido el 22/8/13).

56 Para clarificar esta idea de sentimiento de creación colectiva el lector puede visionar el documental Press Pause Play (2011), disponible de forma gratuita en la página web: <http://www.presspauseplay.com/> (accedido el 18 /11/13).

con cada espectador-participante humano para representar juntos la obra. Con la tendencia antropomórfica que nos caracteriza a los humanos, no es raro que comencemos a percibir rasgos personales en determinado software o dispositivo, como cuando decimos “mira lo que es capaz de hacer” tal o cual instalación, aplicación o dispositivo, en lugar de “mira qué aparato ha hecho este artista” (si somos capaces de concebir algo como las “personas jurídicas”, ¿porqué no puede haber personas robóticas, personas no basadas en el carbono⁵⁷?). Progresivamente asumimos la presencia de la tecnología en nuestras vidas como una especie más, por el momento la más inteligente de las especies que conocemos aparte de la nuestra⁵⁸. Y dentro de esa especie hay todo tipo de desempeños, incluidos aquellos relacionados con la creatividad.

En el caso del sistema desarrollado a partir del presente estudio, al que hemos denominado Computer Vision Cinema, los considero como un experimento más de la investigación. No se trata de una pieza artística en el sentido clásico, sino de un sistema que reacciona a los estímulos que le producen los participantes, generando material audiovisual de una

57 En el film “Star Trek: la película”, (1979), un antiguo satélite que ha cobrado auto-consciencia considera a los humanos como simples unidades de carbono con el mismo concepto de ellos que el que tenemos nosotros de los aparatos electrónicos.

58 KURZWEIL, R., *The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence*, Penguin Books, 1999.

manera diferente a la que lo haría un cineasta. No llega a ser, ni mucho menos, un sistema inteligente ni basado en Inteligencia Artificial, pero no es raro que los espectadores perciban en ciertos momentos *signos de vida*⁵⁹ en las reacciones del sistema a sus movimientos.

Si hubiera que identificar un resultado o producto artístico concreto, que resulta de la interacción del tándem sistema-espectadores, podríamos decir que el resultado artístico se produce en cuanto ampliación del conocimiento basado en la intuición y creatividad humana. En el caso del CvCinema es el usuario quien realiza el análisis a partir de la experiencia con el sistema, y de dicho análisis personal/colectivo pueden aparecer nuevos conceptos y experiencias interesantes⁶⁰.

El cambio de roles en la relación humanidad-dispositivos, entre ellos los objetos artísticos, no ha pasado desapercibido y son muchos los ejemplos de obras que exploran las posibilidades que los sistemas informáticos y robóticos ofrecen, cediéndoles en mayor o menor medida el control del resultado. Si en la época de la industrialización la máquina se hacía cargo de los procesos mecánicos⁶¹, ahora es el software

59 En el congreso ISEA de 2011 se usó el expresivo título *Signs of life* para denominar una de las temáticas de paneles de ese año. Más información en <http://isea2011.sabanciuniv.edu/panel/signs-of-life> (accedido a 31/7/2013)

60 Véase el apartado 3 *COMPUTER VISION CINEMA*, pág. 131

quien "toma el mando"⁶², asumiendo el control de casi todos los procesos que se desarrollan en nuestra sociedad. Este cambio también llega al arte, que se hace eco del fenómeno demostrando un creciente interés por explorar la desvinculación del ser humano como controlador del resultado artístico. Tanto desde la comunidad científica, la académica o los foros y publicaciones relacionados con el arte, crece el número de debates, iniciativas y producciones entorno a estos temas. A su vez, a medida que aumenta la proporción de artistas que se interesan por tecnologías recientes, y de científicos cuyas investigaciones se adentran en el campo artístico ambos intereses convergen y se recupera el vínculo entre ciencia y arte (ese vínculo histórico ejemplificado por figuras paradigmáticas de científico-artistas como Leonardo da Vinci o Goethe).

"Art, science, and metaphysics, separated for so long in the specialized world of Western man, are reconverging"⁶³

Un ejemplo de esta simbiosis es el que recogen Seligmann y Hockney, quienes sostienen que ya desde 1425 se usaban

61 GIEDION, S., *Mechanization takes command: a contribution to anonymous history*, Oxford University Press, 1948.

62 MANOVICH, L., *Software takes command*, Bloomssbury Academic, 2013. Borrador disponible en línea: <http://lab.softwarestudies.com/2008/11/softbook.html>, accedido el 21 de mayo de 2012.

63 YOUNGBLOOD, G., *Expanded Cinema*, 1970. Versión en línea : http://www.vasulka.org/Kitchen/PDF_ExpandedCinema/book.pdf (disponible a 16/04/2013)

proyecciones ópticas como herramientas científicas de apoyo en la realización de representaciones pictóricas⁶⁴.

In many ways, artists and scientists have the same job to come to an understanding of some aspect of the world around us and find ways to convey that understanding to others. As our discoveries show, artists such as van Eyck early in the Renaissance found that lenses were useful tools for their work, so we should not be surprised they employed them. We can derive a lesson from this that applies today; computer scientists who learn how artists actually work (and vice versa) have much to gain from their insights and approach to visual information.

En las conferencia *Intelligent Robots and Systems* de 2007 y 2008, varios ponentes de la Universidad de Tokyo impartieron un taller titulado "Art and Robots", motivados por la cuestión "¿Puede un robot representar arte? Y si es posible ¿cómo se puede conseguir?"⁶⁵.

2.2.2 Fascinación frente a productividad

La cuestión del dispositivo creativo no es, ni mucho menos, nueva. Si observamos la Historia del Arte Clásico desde la perspectiva de la automatización, podemos identificar dos tipos de propósito en el origen de los automatismos relacionados con el arte. Uno de ellos sería el de la

64 SELIGMANN, D. D., *Computer Vision and Art*, IEEE magazines, abril-junio, 2007.

65 VV.AA., *Arts and Robots Workshop*, Intelligent Robots and Systems 2007, San Diego, EE.UU / Intelligent Robots and Systems 2008, Niza, Francia. Recursos en línea disponibles a 23 de febrero de 2013: http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/ArtAndRobots/course_note.pdf / http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/ArtAndRobots2/course_note.pdf

productividad, cuyo fin es el de optimizar el acto artístico o la producción artística, automatizándolos por medio de la aplicación de nuevos conocimientos técnicos. Los ingenios mecánicos destinados a sustituir en el trabajo a los humanos tienen su apogeo a finales del s.XIX y principios del s. XX, con la instalación de las primeras líneas de ensamblaje en las fábricas de Henry Ford en 1913. Unos años más tarde Capek acuñó el término "robot" a partir de la palabra checa "robota", que significa trabajo forzado, y en 1947 surgió el término automatización⁶⁶. El otro propósito es el que llamaré la fascinación y no busca reemplazar al humano en la realización de un trabajo útil, sino que se acerca más a la exploración del concepto de ser mecánico animado. Emparentada con el concepto de lo sublime, la fascinación se centra en la capacidad de asombro que tenemos los humanos y que se produce principalmente en tres tipos de situaciones relacionadas con la percepción y el contraste⁶⁷: lo

66 Op. Cit., MANOVICH, pág. 40

67 En mi opinión el contraste es un eje fundamental del funcionamiento del universo, y por lo tanto del ser humano, y considero que es un elemento de estudio clave en cualquier ámbito del conocimiento. Como vemos, el asombro y la fascinación están íntimamente relacionadas con el contraste (entendido como cualquier elemento que diferencia dos entidades) de manera que cuanto más se reduzca el contraste, menor será la capacidad de asombro de una situación en concreto. Además, el contraste es acumulativo temporalmente, y a su vez se diluye con el paso del tiempo. Podemos ilustrar esta reflexión con un ejemplo: si vemos por primera vez un globo volando, nos asombraremos porque es una situación que implica un contraste con respecto a las experiencias y conocimientos que hemos adquirido y acumulado (un globo no se parece a nada de la categoría "volador" que hayamos visto antes, y, aparentemente, no se rige por las leyes o mecanismos que vemos en otras "entidades voladoras"). Si vemos el mismo globo durante varios días seguidos se irá reduciendo el

inesperado, lo no familiar y lo incomprendido. Estas tres situaciones tienen evidentes nexos entre sí, y pueden coexistir combinadas en diferentes grados. Llamaremos fascinación a la emoción intelectual que se produce tras el asombro, y ha sido frecuentemente explotada por magos e ilusionistas. Cuando la situación deja de ser asombrosa la fascinación se desvanece, esto es: cuando nuestras expectativas se ven satisfechas (ya no hay nada inesperado), cuando ya estamos familiarizados con la situación (estamos acostumbrados), o cuando comenzamos a comprender aquello que nos asombra (asimilamos su funcionamiento). Estos dos tipos de propósito que hemos definido no pretenden establecer, ni mucho menos, divisiones estrictas. De hecho es habitual que los artilugios automáticos destinados a aumentar la productividad nos generen asombro y fascinación, sobre todo cuando los vislumbramos por primera vez. También ocurre en ocasiones que un artefacto automático usado inicialmente para fascinar acaba derivando en un modelo de producción industrial, como ocurriera con el cinematógrafo, que comenzó siendo un instrumento científico, luego se convirtió en una atracción de feria que más tarde derivó en un lenguaje artístico hasta que actualmente es usado fundamentalmente como herramienta

contraste a medida que se acumula la experiencia. Si después dejamos de ver el globo durante un tiempo, el contraste aumentará por la falta de "refuerzo" de la experiencia, y al volverlo a ver sentiremos de nuevo asombro, pero sin llegar a los niveles de la primera visión.

de producción de entretenimiento a escala industrial. Aún así, la distinción de tipos de autómatas nos servirá para estudiar el interés que ha generado a lo largo de la Historia la fascinación que produce contemplar el reflejo de un ánima en un artilugio construido por el ser humano, que es la fascinación que experimentamos al ver que un objeto inerte *cobra vida*. A los artilugios automáticos con esta capacidad los llamaré *autómatas fascinantes*.

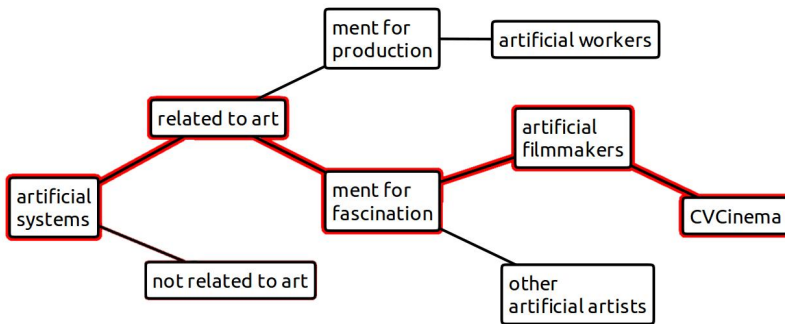


Fig. 2. Posición del CVCinema dentro de los autómatas fascinantes.

Dentro de nuestro contexto, centraremos aún más nuestra atención para ocuparnos de los casos en los que confluyen los autómatas fascinantes y la expresión artística. Uno de los aspectos más interesantes de estos artilugios es que, al ser la

expresión artística una de las parcelas que los humanos reservamos para nosotros mismos (para proclamar nuestra exclusividad sobre la inteligencia y la espiritualidad y diferenciarnos de los animales y de las máquinas), nos resulta especialmente fascinante contemplar un autómatas capaz de mostrar niveles de expresividad que percibimos como artística, de manera que en la búsqueda de la *vida sintética*, uno de los grandes hitos es el de conseguir que una entidad creada por el ser humano llegue a expresarse artísticamente. Si un autómatas es capaz de igualar a un humano mostrando sensibilidad artística (uno de los frutos de la inteligencia y capacidad creativa), se nos antoja menos máquina, más humano.

Los primeros autómatas fascinantes⁶⁸ relacionados con la creación o la expresión artística de los que se tiene constancia datan del S.III A.C.⁶⁹. Estas primeras manifestaciones de autómatas artistas se producen en el ámbito de la música, el teatro y la danza. En China, cuando el emperador Gaozu de la dinastía Han se hizo en el año 206

68 En el apéndice 7.10 Imágenes e ilustraciones de algunos autómatas fascinantes (pag. 323) se pueden ver algunos de los autómatas mencionados.

69 Aunque resulta interesante la abundante mitología acerca del tema de los autómatas, como los mitos del Golem, Galatea, Prometeo, etc. (especialmente si considerásemos que el génesis de una invención comienza en el momento en el que somos capaces de imaginarnos algo) no las tendré en cuenta aquí, aunque probablemente sean muchos de estos los mitos la única herencia de los numerosos inventos que nunca fueron documentados o cuyos vestigios se hayan perdido en el transcurso de la historia.

A.C. con el tesoro de Qin Shi Huang, encontró una orquesta musical de muñecos en miniatura de un metro de alto, capaces de hacer sonar instrumentos de viento al ser manejados por medio de cuerdas y soplando a través de tubos⁷⁰. También en el S. III A.C., Filón de Bizancio construyó un teatro automático que fue mejorado más tarde, en el S. I D.C., por Herón de Alejandría, que le añadió un sistema similar al binario, con cuerdas, nudos y máquinas simples⁷¹. Incluía un temporizador mecánico que era programado para dejar caer bolas metálicas sobre unos timbales para generar el sonido de una tormenta en sincronización con la narración. Otro *autómata fascinante* de Herón relacionado con el arte escénico fue un altar en miniatura en el que una pira iluminaba figuras de dioses bailarines, que se movían impulsados por las corrientes de aire caliente de la misma, conducidas desde el fuego a través de canalizaciones. Herón sentó las bases del control automático moderno en su obra *Automatopoiética*, donde describe el funcionamiento de sus inventos capaces de realizar movimientos predefinidos sin la intervención del ser humano⁷². Un teatro similar al de Herón

70 NEEDHAM, J., *Science and Civilization in China: Volume 4, Physics and Physical Technology; Part 2, Mechanical Engineering*. Taipei: Caves Books Ltd, 1986.

71 A Herón de Alejandría también se le atribuye la creación del primer computador analógico. Una interesante reconstrucción del teatro automático de Herón hecha por Kostas Kotsanas se puede ver en acción <http://www.kotsanas.gr/gb/0101002/index.php>

72 VV.AA., *Technology and autonomous mechanisms in the mediterranean: from Ancient Greece to Byzantium*, Proceedings of the European Control Conference,

fue desarrollado en el S. III D.C., por el inventor e ingeniero chino Ma Jun para el emperador Ming de la dinastía Wei, con un complejo sistema dotado de mecanismos movidos por energía hidráulica⁷³.

El diseño más antiguo que se conoce de una máquina programable es el autómata tocador de flauta descrito en el s. IX por los hermanos Musa en su Libro de Mecanismos Ingeniosos. Su trabajo estaba influenciado por sus predecesores helenos pero incorporaba notables avances. El artilugio descrito como "El instrumento que toca por sí mismo" constaba de un cilindro con una serie de clavijas que iban levantando las palancas que taponaban los orificios de una flauta, mientras que el viento necesario para la flauta era generado por el aire desplazado al llenarse un contenedor de agua a la vez que un molino de agua ejecutaba la percusión⁷⁴.

Durante el renacimiento temprano progresaron los avances en el desarrollo de autómatas musicales. El ingeniero árabe Al-Jazari describió en el 1206 en "*El libro del conocimiento de los ingeniosos mecanismos*" como una orquesta de cuatro músicos automáticos situada en un bote, navegaba sobre una

Kos, Greece, July 2-5, 2007

73 NEEDHAM, op. cit. p. 49

74 KOETSIER, T., *On the prehistory of programmable machines: musical automata, looms, calculators*, Mechanism and Machine Theory 36, 2001.

piscina deleitando con su música a los asistentes a las fiestas reales⁷⁵. Posteriormente, en un manuscrito Catalán datado en torno al año 1300 se describe lo que también podría ser un autómatas musical programable, un carillón de campanas sobre un reloj de agua o clepsidra.

Se cree que el primer androide mecánico artista fue construido en 1525 por Hans Bullmann en Nurember, Alemania. Algunos de sus autómatas eran capaces de tocar instrumentos de percusión o de viento⁷⁶. Coetáneo a Bullman fue el italiano Giovanni Torriani, que trabajó al servicio de Carlos V en España con el nombre de Juanelo Turriano. Allí desarrolló a finales de la década de 1550 la autómatas *Tocadora de Laud*, que se conserva aún en el Kunstkammer del Kunsthistorisches Museum en Viena. Un siglo después, nuevamente en Nuremberg, Athanasius Kircher desarrolló en la década de 1660 varios automatismos, entre ellos un órgano automático que era capaz de reproducir sonidos de pájaros y otros animales.

En Japón se desarrollaron paralelamente, con la influencia de la tecnología china y los conocimientos de mecanismos de relojería europea transmitidos por misioneros jesuitas, los muñecos mecánicos *Karakuri ningyō*, de los cuales los *Butai*

75 VV.AA., *Automation Robotics in Muslim Heritage*. Recurso en línea: http://www.muslimheritage.com/uploads/Automation_Robotics_in_Muslim%20Heritage.pdf, accedido el 21/03/2013

76 WILKES, J., Ed., *Encyclopaedia Londinensis*, 1812, Volume 11, pag. 490

karakuri eran utilizados en obras teatrales, como las del pionero Takeda Omi I que inauguró su teatro de autómatas en 1662 con gran éxito.

En el siglo XVIII proliferó la fabricación de autómatas dedicados a fascinar a la aristocracia europea, muchos de ellos capaces de recrear un comportamiento artístico. Una de las motivaciones originales para crear este tipo de autómatas se derivó de los órganos musicales destinados a facilitar que los privilegiados dueños de un pájaro canario lo entrenasen para aprender a cantar una melodía por imitación, tras oírla repetidas veces. Para recuperar la atención y el reconocimiento (que recaía finalmente en el pájaro) los inventores de estos dispositivos solo tuvieron que añadirles un mecanismo de cuerda y dotarles de un aspecto que imitase a un pájaro o a un humano. La mayoría de los autómatas de ese siglo se inspiraron en el *Flûteur automate* y el *Tambourinaire* que exhibió Jacques Vaucanson entre 1738 y 1740, como el tocador de flauta automático de Defrance en 1746; la pareja de autómatas musicales *Annette y Lubin* de Abbé Mical en los años 1750; el autómata tocador de fagot de Friedrich von Knauss en 1757; *La musicienne* tocadora de órgano y el escritor-dibujante de Pierre Jaquet-Droz a finales de la década de 1760, de los cual se hicieron múltiples réplicas; los músicos automáticos que tocaban un hapsicordio, un violín y un violonchelo, de Robert Richard en la década de 1770; el *Joueuse de Tympanon* de David Roentgen y Pierre Kintzing en la misma década; o los

tocadores de tambor y flauta de François Pelletier, y el escritor-dibujante de los Maillardet (con la forma de un chico arrodillado con un lápiz en su mano que escribe en inglés y en francés y dibuja paisajes) entre finales del siglo XVIII y principios del XIX.^{77 78}

En el S.XIX los avances en las ciencias y la tecnología y la proliferación de mecanismos fascinantes en la vida social comienzan a tener una repercusión generalizada en los pensadores de la época. En su texto *L'Homme machine* (El Hombre Máquina, 1748), el pionero del materialismo Julien Offray De La Mettrie describe el cuerpo humano como un admirable mecanismo de precisión, y permite vislumbrar un futuro autómatas que replicase completamente al ser humano:

“[...] si Vaucanson necesitó más arte para hacer su flautista que para su pato, hubiera tenido que emplear todavía más para hacer un hablador, máquina que no puede considerarse ya imposible, sobre todo en las manos de un nuevo Prometeo. Era, pues, igualmente necesario que la Naturaleza emplease más arte y aparato para construir una máquina que durante un siglo entero pudiese marcar todos los latidos del corazón y del espíritu pues si las

77 METZNER, P., *Crescendo of the Virtuoso: Spectacle, Skill, and Self-Promotion in Paris during the Age of Revolution*. Berkeley: University of California Press, 1998. Disponible en línea en: <http://ark.cdlib.org/ark:/13030/ft438nb2b6/> (accedido a 21/3/2013).

78 BLACKWOOD, W., *Edinburgh Encyclopaedia*, Ed. David Brewster, 1830, Edimburgh. Recursos en línea: volumen 2 (entrada “androides”, pp. 57-62) <http://archive.org/details/edingentle02brew/>; volumen 3 (entrada “automaton”, pp. 152-154) <http://archive.org/details/edinburghencyclo03edinuoft>

horas no se ven en el pulso, existe por lo menos el barómetro del calor y de la vivacidad por el cual se puede comprender el estado del alma.

No me engaño. El cuerpo humano es un reloj, aunque inmenso y construido con tanto artificio y habilidad, que si la rueda que sirve para marcar los segundos llega a detenerse, la de los minutos gira y sigue siempre su ritmo, así como la rueda de los cuartos y las otras continúan moviéndose cuando las primeras, herrumbradas o descompuestas por lo que fuere, han interrumpido su marcha."⁷⁹

Se produce un progresivo aumento de la valoración de la técnica humana frente al poder divino, por parte de la ilustración, y con la llegada de la revolución industrial se multiplica la producción de mecanismos automáticos. Esta producción se centra más en el propósito de la productividad (como pianolas, órganos y demás instrumentos mecanizados) y menos en la fascinación. Casi todos los ejemplos de autómatas fascinantes relacionados con el arte se siguen reduciendo al ámbito del teatro o la música, como el trompetista y el Panharmonicon de Maelzel, la organista de Jean-Frédéric Leschot, la arpista de Gustave Vichy, o el violinista de C. Lambert; con algunas excepciones como el autómatas escritor-dibujante *Écrivain-Dessinateur* de Robert-Houdin, premiado en la Exposición Nacional de 1844 en París, y del cual se sospecha hoy en día que era una copia

79 DE LA METTRIE, J. O., *El Hombre Máquina*. Trad. Ángel J. Cappelletti. Ed. Universitaria De Buenos Aires , 2ª ed. 1962.

de los diseños de Jaquet-Droz. Barnum, el coleccionista que compró el autómeta, escribió:

“Estaba sentado delante de una mesilla, un lápiz en la mano y si le preguntaba por ejemplo un emblema de la fidelidad, dibujaba inmediatamente un hermoso perro; si le preguntaba el del Amor, trazaba un delicioso Cupido”.⁸⁰

A pesar de servir principalmente de instrumentos de investigación para matemáticos y pensadores, es importante mencionar también algunos autómetas fascinantes desarrollados para dibujar automáticamente curvas complejas. Estos dispositivos, comenzaron a aparecer a mediados del S. XIX y tuvieron su apogeo en la década de 1890. Uno de los más llamativos es el armonógrafo, atribuido a Hugh Blackburn, un aparato mecánico que emplea péndulos para crear dibujos geométricos altamente complejos compuestos generalmente de curvas de Lissajous⁸¹
⁸² ⁸³. Un aspecto significativo de estos aparatos es que son

80 CHAPUIS, A. and EDOUARD G.. *Le Monde Des Automates: Etude Historique et Technique*. 2ª ed. Geneva, Switzerland: Ed. Slatkine 1984.

81 Las curvas de Lissajous, descritas en detalle por matemático francés Jules Antoine Lissajous, son gráficas construidas a partir de ciertas ecuaciones matemáticas que describen movimientos armónicos complejos.

82 TURNER, S., *Demonstrating Harmony: Some of the Many Devices Used To Produce Lissajous Curves Before the Oscilloscope* Rittenhouse Journal of the Scientific, febrero de 1997

83 TAIMINA, D., *Historical Mechanisms for Drawing Curves*, *Hands On History*, ed. Amy Shell-Gellasch, MAA Notes vol.72, 2007, pp.89-104. Versión en línea: <http://dSPACE.library.cornell.edu/bitstream/1813/2718/1/2004-9.pdf> (disponible a 30/4/2013)

antecedentes del arte generativo por computador, ya que la esencia de su funcionamiento es la misma: se utiliza un medio físico (hardware) para representar formas de expresión con una gran capacidad de fascinación y generar experiencias estéticas, a partir de un algoritmo (software), en este caso una fórmula matemática, y de unos parámetros iniciales.

La invención de la fotografía en las décadas de 1820 y 30, y el posterior desarrollo de aparatos fotográficos supone una revolución en la automatización de las artes visuales, que hasta ahora se había limitado al uso de las técnicas pictóricas para facilitar el dibujo en perspectiva desarrolladas desde el renacimiento⁸⁴ ⁸⁵. Por fin las máquinas son capaces de “ver” y de mostrar lo que ven de manera análoga a los humanos que plasman su visión en el lienzo.

“Por primera vez una imagen del mundo se forma automáticamente sin intervención creadora por parte del hombre, según un determinismo riguroso (...) Todas las artes están fundamentadas en la presencia del

84 Establecido un sistema o metodología de creación artística (como los pasos para diseccionar y volcar en papel un panorama con la ayuda de una rejilla, o el calco de la proyección de una camera obscura en un cuadro), cabría reflexionar si no sería realmente el propio sistema-método el artista, y el humano (o el robot) que realiza los pasos un mero periférico del mismo, una especie de impresora, simple hardware.

85 MANOVICH, op. cit., p. 51

hombre; tan solo en la fotografía gozamos de su ausencia"⁸⁶

Está claro que a esto habría que alegar toda la carga intencional que el fotógrafo pone en el acto de fotografiar, y la gran cantidad de parámetros con los que juega desde los más esenciales, como el punto de vista y el encuadre, hasta la profundidad de campo y otros convencionalismos cuya interpretación/lenguaje evolucionan con el tiempo e incluso con la moda.

Aunque la fascinación por la fotografía fue intensa, su capacidad de fascinación como dispositivo autómatas-artista visual capaz de sustituir al pintor en la interpretación de la realidad se fue diluyendo a medida que proliferaban los aparatos fotográficos y se iban convirtiendo en dispositivos de producción de imágenes habituales en la vida cotidiana. El protagonismo volvió al ser humano, a los fotógrafos y su habilidad a la hora de manejar el aparato, que se convertía en una herramienta más, un *hiperpincel de luz* en las manos del pintor humano.

Mientras tanto, la automatización musical se aleja también de la fascinación en pos de la productividad (como demuestra la popularización de las pianolas a finales del S.XIX y principios del XX), aunque cabe mencionar los experimentos que, a raíz de los avances en la aplicación de la

86 Op. Cit., BAZIN, p. 29

electricidad, indagan en nuevas formas de automatizar la generación de música por medio de sistemas eléctricos y electromecánicos. El *Resonator* de Helmholtz, el *Telegrafo Musical* de Elisha Gray, el *Telharmonium* de Cahill, el *Choralcello* de Severy, el *Audion piano* de Lee De Forest, el *Theremin* de Leon Theremin, el *Ondes Martenot* de Maurice Martenot, o el *Electrocompositor Musical* de Castillejo, son tan solo algunos de los ejemplos de esta vía de investigación en la automatización musical que también acabará por abandonar la fascinación y ser asimilada casi por completo por los sistemas de producción, con el posterior desarrollo de la música industrial de síntesis y electrónica en el S.XX. Parece que, igual que ocurriera con los primeros autómatas mecánicos, por su naturaleza, la música es el campo artístico que primero se ha beneficiado de la aparición de nuevas tecnologías, en este caso eléctricas, que posibilitan la automatización.

Con la excepción de algunos trabajos de Peter Carl Fabergé, la producción de costosos autómatas antropomórficos fascinantes dedicados al entretenimiento cesa casi por completo a principios del S.XX debido a la ausencia de artesanos especializados así como a la disminución de encargos de clientes adinerados, que se dedican a coleccionar ejemplares de autómatas históricos.⁸⁷

⁸⁷ *Automatons since the Renaissance*, Enciclopedia Britannica Online, Recurso en línea (15/04/2013) :

Dejaré de lado, de momento, la evolución de los autómatas musicales para centrarme en los que desarrollan sus creaciones en las artes visuales. Paralelamente al desarrollo de aparatos eléctricos musicales, siguen las investigaciones en la automatización de la imagen-tiempo⁸⁸, con el desarrollo de autómatas precinematográficos fascinantes. Aparatos como el taumátropo, el fenaquistiscopio, el estroboscopio, el zootropo, el praxinoscopio, el zoopraxiscopio, etc., automatizaban fragmentos de narración y se convertían en marionetistas y narradores automáticos para deleite de los curiosos de la época. A finales del siglo XIX culmina este desarrollo, cuando la fascinación que una vez generó la fotografía, con su capacidad de aprehender un retazo de realidad, resurge con la invención del cinematógrafo de la mano de los hermanos Lumière. Las máquinas adquieren la capacidad de preservar el espacio-tiempo, de recordarlo, y de usarlo para generar formas narrativas derivadas de su nueva y singular naturaleza⁸⁹. Aunque inicialmente el cinematógrafo genera sobre todo interés científico como medio de documentación, no tarda en llamar la atención su potencial para generar nuevos lenguajes de expresión visual.

<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/44951/automaton/284646/Automatons-since-the-Renaissance>

88 Uno de los principales estudios del concepto de imagen-tiempo se puede encontrar en el texto de Gilles Deleuze: *La imagen-tiempo*, 1987, Ed. Paidós, Barcelona.

89 MANOVICH, op. cit., p. 50

Podemos ver en cierta medida al cinematógrafo como un autómatas que tiene su propio lenguaje artístico, no heredado de los humanos.

“Mago y cirujano se comportan uno respecto del otro como el pintor y el cámara. El primero observa en su trabajo una distancia natural para con su dato el cámara por el contrario se adentra hondo en la textura de los datos. Las imágenes que consiguen ambos son enormemente diversas. La del pintor es total y la del cámara múltiple, troceada en partes que se juntan según una ley nueva. La representación cinematográfica de la realidad es para el hombre actual incomparablemente más importante, puesto que garantiza, por razón de su intensa compenetración con el aparato, un aspecto de la realidad despojado de todo aparato que ese hombre está en derecho de exigir de la obra de arte.”⁹⁰

En esta época se originan los primeros movimientos de cámara, atribuidos tradicionalmente a Alexandre Promio, con el plano del gran canal de Venecia grabado en 1896 desde un bote en movimiento^{91 92}. Dado que presumiblemente no había ningún tipo de predeterminación humana en lo que acontecía ante la cámara, las imágenes registradas se convierten en una especie de muestra de lo que la cámara vio en ese momento de su vida, de igual manera que, como veremos más adelante, la cámara montada sobre el robot aspirador de la instalación CVCinema nos muestra lo que ve mientras

90 Op. Cit., BENJAMIN, pág. 39

91 Op. Cit., ABEL, pág. 36

92 Op. Cit., LOCKE, p. 37

ejecuta su programa de aspiración: el sistema es el realizador del material audiovisual, que en este caso es el *reality* de su propia vida⁹³.

“Toda película procede, en efecto, de un fluir indiferente y automático, el de la proyección, que provoca en la pantalla y en los altavoces simulacros de movimientos y de vida, y este fluir debe ocultarse y olvidarse. ¿Qué hace la música anempática, sino develar su verdad, su aspecto robótico? Ella es la que hace surgir la trama mecánica de esta tapicería emocional y sensorial.”⁹⁴

Este nuevo lenguaje es explorado con avidez por los cineastas de principios de siglo XX. Desde diferentes enfoques, los realizadores aprovechan los conocimientos que van adquiriendo para estructurar las obras audiovisuales con el andamiaje de las nuevas relaciones causa-efecto (Kulechov, Eisenstein) o haciendo énfasis en el propio medio como cine-ojo (Moholy-Nagy, Rodchenko, Vertov), dos vertientes que apuntaban ya la separación entre el cine que acabará siendo generalista y el experimental, en el que nos movemos en el presente estudio. El trabajo de Vertov es un paso pionero en la revelación del propio medio como entidad capaz de ver de una manera diferente a la que vemos los humanos, y ha supuesto una influencia fundamental en los trabajos de muchos cineastas del S.XX como José Val del

93 Véase el apartado 3.4.3.1 *Unidad móvil robotizada (CI 4)*, pág. 194

94 CHION, M., *La audiovisión*, trad. Antonio López Ruíz, Paidós Comunicación, Barcelona, 1993.

Omar, Jean-Luc Godard, Jean-Pierre Gorin, o el movimiento Dogma 95, por mencionar algunos.

Pero mientras la máquina trata aún de acostumbrarse a ver (a través del ojo químico-mecánico del celuloide) y comienza a imaginar (sintetizando la imagen-tiempo por medio de las técnicas de animación incorporadas al cine), se suceden los avances en el desarrollo de la televisión, que dan sus frutos cuando los primeros ojos electromecánicos de las cámaras de televisión "ven la luz" hacia mediados de los años 20 del S.XX, y les siguen unos años más tarde los de las cámaras electrónicas. Se hacían realidad los dispositivos capaces de registrar la luz, codificarla en señales eléctricas y volverlas a recomponer a distancia. Las máquinas ya no solo podían ver sin depender de la tira de celuloide, sino que además podían ver a distancia y transmitir su visión al resto de máquinas que empezaban a componer el enjambre de televisores.

A partir de entonces estas dos modalidades de ojo-máquina, la química del celuloide y la electrónica del vídeo, evolucionarán en paralelo hasta la actualidad influenciándose mutuamente en lo que al lenguaje audiovisual respecta, aunque todo parece indicar finalmente que el uso del celuloide parece tener sus días contados dadas las ventajas del cine digital. Aún así el ojo-máquina químico-mecánico del cine seguirá experimentando con las posibilidades de los movimientos, ajustes y manipulaciones de las cámaras cinematográficas y sus lentes, con el montaje y los efectos especiales en la mesa de edición o con artilugios

experimentales de inventores independientes, como los desarrollados por José Val del Omar para producir su *Tríptico elemental de España*.

Si las posibilidades de la mecánica ya hacían volar la imaginación de los científicos y escritores de ciencia ficción como Čapek, con los avances de la electromecánica se disparan las historias que fantasean con la posibilidad de crear un ser artificial auto-consciente, como los relatos cortos que comenzó a publicar Asimov en 1939. Ese mismo año se celebró la Exposición General de Nueva York con el lema "Construyendo el mundo del futuro". Allí la Westinghouse Electric Corporation exhibió el autómeta humanoide "Elektro", que podía responder a comandos de voz, hablar, fumar, inflar globos, etc., para fascinación del público.

Una década más tarde, William Grey Walter construyó un par de robots autónomos a los que llamó tortugas mecánicas Elmer y Elsie. Estas tenían la capacidad de navegar hasta el lugar donde podían recargar sus acumuladores eléctricos. La revista Life publicó en 1950 un artículo al respecto, en el que figuraban unas fotografías time-lapse (de larga exposición) donde quedó registrada la trayectoria descrita por estos robots gracias a una luz que llevaban encima. Estas constituyen probablemente el primer ejemplo de un autómeta que realiza pinturas de luz en fotografía⁹⁵. Este tipo

95 HOLLAND, O., *Artificial Ethology*, Oxford University Press, 2001, p.28

de expresión estética se ha venido repitiendo con posterioridad, como en el caso de las populares fotografías time-lapse que registran el rastro de luz dejado por robots aspiradores en su recorrido mientras realiza sus rutinas de limpieza⁹⁶.

En 1950, con un resultado estético sorprendente similar, Ben Laposky usó un osciloscopio para visualizar formas de onda y fotografiarlas con fines artísticos, bautizándolas como "oscilones" y "abstracciones electrónicas". Su osciloscopio fue el primer autómata electrónico analógico generador de gráficos con fines estéticos, que recuerdan nuevamente a las máquinas de representación gráfica de curvas como el armonógrafo, citado anteriormente.

Con la llegada de la era del computador digital se visualiza el concepto de la máquina que es capaz de pensar por sí sola⁹⁷, lo cual genera todo tipo de opiniones a favor y en contra y tiene también su repercusión en el campo artístico.

"Not until a machine can write a sonnet or compose a concerto because of thoughts and emotions felt, and not: by the chance fall of symbols, could we agree that

96 El primer experimento de pinturas de luz realizadas con un robot aspirador fue publicado el 20 de abril de 2009 en el *blog* signaltheorist.com (<http://signaltheorist.com/?p=91>, accedido el 24/7/13), con la motivación de analizar el patrón de movimientos del dispositivo durante su rutina de limpieza. Ante el potencial estético de las imágenes resultantes la experiencia fue repetida por otros autores que crearon un grupo donde compartir y hacer públicas sus fotografías: <http://www.flickr.com/groups/roomba/pool> (accedido el 24/7/13).

97 TURING, A., *Computing Machinery and Intelligence*. Mind 49: 433-460 , 1950

machine equals brain - that is, not only write it but know that it had written it." ⁹⁸

El CYSP 1, creado en 1956 por Nicolas Schöffer se considera la primera escultura de la historia del arte en hacer uso de computación electrónica. El autor llamó a estos dispositivos esculturas espaciodinámicas, concibiéndolos como seres autónomos, artistas a modo de danzarines que podían participar en instalaciones, performances e incluso películas, interactuando con humanos. Su funcionamiento se basa en la homeostasis, de manera que se mueven para recuperar el equilibrio estático cada vez que lo pierden. Este concepto de ente-escultura es el equivalente a los humanos-estatua que podemos ver en algunos de nuestros paseos: un ser que adopta el papel de pieza escultórica.

En este campo son pioneros los trabajos de los científicos y artistas del Bell Labs en Estados Unidos, donde nace en 1959 el estereograma de puntos aleatorios (Béla Julesz) y se forjan los inicios del arte gráfico digital por computador (A. Michael Noll), la animación digital por computador (Edward E. Zajac, Frank Sinden, y Kenneth C. Knowlton), y la música digital por computador (Max V. Mathews y John R. Pierce)^{99 100}.

98 JEFFERSON, G., *The mind of mechanical man*, British Medical Journal, 25 de junio de 1949.

99 Más información en: https://en.wikipedia.org/wiki/A._Michael_Noll (accedido el 29/7/13)

100 IRVINE, M., *Early Digital Computers at Bell Telephone Laboratories*, Annals of the History of Computing, IEEE, Volume 23, Issue: 3, Jul-Sep 2001, pp. 22-42

A digital computer and microfilm plotter were used to produce a semirandom picture similar in composition to Piet Mondrian's painting "Composition with lines" (1917). Reproductions of both pictures were then presented to 100 subjects whose tasks were to identify the computer picture and to indicate which picture they preferred. Only 28% of the subjects were able to correctly identify the computer-generated picture, while 59% of the subjects preferred the computer-generated picture.¹⁰¹

En los albores del arte digital, conviven los sistemas digitales con los sistemas mecánicos generadores de objetos artísticos como los desarrollados por Jean Tinguely a partir de 1959. "Las *meta-matics*, o *machines à dessiner*, son obras de diferentes tamaños y formas que podían dibujar de una manera autónoma. En muchas de ellas, desde el conjunto escultórico sobresalía un mecanismo con una cierta forma antropomórfica (como un brazo, un dedo, una mano o una pinza) que disponía o "agarraba" algún tipo de rotulador, lápiz, o pincel, y que gracias a un motor realizaba dibujos y manchas en papel."¹⁰²

La apreciación artística de estas representaciones abstractas no habría sido posible sin el trabajo de los artistas pioneros en investigar la abstracción, que hicieron replantear los

101 NOLL, Michael A., *Human or Machine: A Subjective Comparison of Piet Mondrian's 'Composition with Lines' and a Computer-Generated Picture*, *The Psychological Record*, Vol. 16. No. 1, (January 1966), pp. 1-10. Versión en línea disponible en: <http://noll.uscannenberg.org/Papers.htm> (accedido a 29 de abril de 2013).

102 IGLESIAS, R., *La robótica como experimentación artística*, tesis doctoral, Facultad de BB.AA., Universidad de Barcelona, mayo 2012.

valores estéticos, desde los puntillistas como Seurat, hasta los trabajos de Pollock.

Las bases técnicas de estas máquinas son sencillas y su construcción (por lo menos de las que son sólo mecánicas) habría sido posible con anterioridad, lo que cambia es la valoración de la experiencia estética. De igual manera vemos un cambio en la apreciación del posicionamiento del ser humano en la generación de esa experiencia. Ahora, además de la cuestión acerca de la posibilidad de crear una máquina capaz de pensar, se replantea la cuestión del dispositivo generador automático de arte independiente del ser humano, o que como mucho, en algunos casos depende del mismo tan solo en la elección de unos parámetros iniciales, y como fuerza motriz. El humano se pone al servicio de la máquina en el proceso constructivo y, dentro de la ecuación del Arte, traslada su responsabilidad a la labor de apreciación del resultado producido por la máquina.

"La présente invention a pour objet un appareil de construction simple permettant de dessiner ou de peindre d'une manière qui, en pratique, est entièrement automatique, l'intervention humaine étant limitée au choix d'un ou de quelques paramètres, et éventuellement, à la fourniture de l'énergie motrice."¹⁰³

103 "Brevet d'Invention" publicado por el Ministerio de Industria Francés, Servicio de la Propiedad industrial (solicitado el 26 de junio de 1959 y concedido el 17 de junio de 1960) para un "appareil à dessiner et à peindre". Hulten, Charles R., *The American Economic Review* Vol. 65, No. 5 (Dec., 1975), p. 84

Contemporáneo a Tinguely, Desmond Paul Henry también experimentó con máquinas de dibujar electromecánicas, diseñadas a partir de aparatos de desecho del ejército británico.

En 1961 Gustav Metzger proclama su tercer manifiesto ADA (Auto-Destructive Art) con el título Auto-Destructive Art Machine Art Auto-Creative Art, poniendo las esperanzas de la humanidad en manos de la tecnología.

"Each visible fact absolutely expresses its reality. Certain machine produced forms are the most perfect forms of our period. In the evenings some of the finest works of art produced now are dumped on the streets of Soho. Auto creative art is art of change, growth movement. Auto-destructive art and auto creative art aim at the integration of art with the advances of science and technology. The immediate objective is the creation, with the aid of computers, of works of art whose movements are programmed and include "self-regulation". The spectator, by means of electronic devices can have a direct bearing on the action of these works. Auto-destructive art is an attack on capitalist values and the drive to nuclear annihilation."^{104 105}

104 STILES, K., et. SELZ, P. (Eds.), *Theories and Documents of Contemporary Art: A Sourcebook of Artists' Writings*, Univ. of California Press, Berkeley, CA, 1996, pp. 401-4

105 En este tercer manifiesto Metzger explica que el propósito del ADA es la integración del arte en el progreso de la ciencia y la tecnología, como forma de redimir las tendencias destructivas del ser humano. La solución que da el arte autodestructivo es, con la ayuda de los computadores, llegar a equilibrar las tendencias destructivas y las creativas del ser humano. Es una llamada a la humanidad al autocontrol y a la autoconsciencia, consciencia de especie. Fueron partícipes del movimiento ADA, entre otros, los artistas de Fluxus Yoko Ono y Peter Weibel.

En cuanto a la aplicación artística de tecnologías electrónicas en el cine, los avances más significativos comienzan a partir de la década de 1960, cuando aparecen los primeros dispositivos de control de movimiento de cámara computerizado. Los pioneros fueron sin duda los hermanos John y James Whitney, que experimentaron usando antiguos computadores antiaéreos analógicos para controlar los movimientos de la cámara de cine y producir efectos visuales tanto en el cine experimental como en el de masas. Con su sistema computerizado de control de cámara los Whitney podían crear numerosas variaciones gráficas de imágenes y textos, así como gráficos más abstractos con múltiples curvas de Lissajous, similares a las generadas anteriormente de manera mecánica. Muchos de estos experimentos fueron reunidos en la obra *Catalog* (1960), que, como su nombre indica, viene a ser un catálogo de posibilidades expresivas, haciendo énfasis en la naturaleza del medio como hiciera anteriormente Vertov con los recursos de la cinematográficos en su *El hombre de la cámara*.^{106 107}

A partir de la década de 1960, un número cada vez mayor de artistas comenzaron a sumarse a la producción de autómatas creativos fascinantes aprovechando las nuevas herramientas proporcionadas por la tecnológica del momento. Entorno al

106 MANOVICH, Op. Cit., p. 50

107 YOUNGBLOOD, Op. Cit., p. 36

arte y la tecnología surgieron grupos artísticos (Dvizheniye, Galeyev, etc.) y asociaciones (Experiments in Art and Technology, Computer Arts Society, etc.), y tuvieron lugar numerosas exposiciones, entre las que destaca la exposición de tecnología y nuevos medios *Cybernetic Serendipity*, celebrada en 1968 en el Institute of Contemporary Arts (ICA) de Londres, considerada como la más relevante de su época¹⁰⁸. La crítica de arte y curadora de la exposición Jasia Reichardt escribió un artículo al respecto, en el que se queja de que en los medios se hablase de las obras expuestas como "art created by computers"¹⁰⁹. Alegaba que detrás de cada máquina interviene siempre una persona. Sin embargo, haciendo referencia al título de la exposición, también se podría argumentar que las obras creadas son producto del proceso en el que los propios dispositivos se convierten en artistas al encontrar, por serendipia, soluciones estéticas en su creación. Entendido así, en el proceso de creación los parámetros ajustados por el humano son una especie de factores ambientales, comparables a los cambios en la temperatura o humedad que influyen en el proceso de creación de algunas obras plásticas. En esta línea, experimentadores de la época exploraron las posibilidades creativas que ofrecía ceder el control a la tecnología. Es el

108 IGLESIAS, Op. Cit., p. 56

109 REICHARDT, J. *Cybernetic Serendipity. Getting Rid of Preconceptions*. en: *Studio International*, vol. 176 , no 905. Noviembre, 1968. pág. 176.

caso, por ejemplo, de John Cage que estudió la generación de nuevos patrones musicales que surgen a partir del uso de relaciones causa-efecto de otras áreas distintas a la música, dando como resultado lo que él denominaba "sonidos no intencionados"¹¹⁰.

Rather than just seeing the computer as a tool to help human creators, we could see it as a creative entity in its own right.¹¹¹

Gracias al desarrollo de la electrónica y la informática, desde la explosión creativa de las décadas de 1960 y 1970 hasta la actualidad son muchas las apariciones de dispositivos automáticos fascinantes creadores de experiencias estéticas de carácter objetual, como dibujos, graffittis, composiciones musicales, etc. (como AARON el simulador de artista diseñado por Harold Cohen en 1973), o de carácter performático (como Petit Mal: an Autonomous Robotic Artwork, de Simon Penny, 1989). Estos experimentos comienzan a llamar también la atención de los teóricos por la capacidad creativa de los dispositivos, siendo Margaret Boden la pionera en intentar dotar de un marco teórico al estudio de

110 KRUEGER, p.7, Op. Cit., p. 49

111 VV.AA., *Computational Creativity: Coming of Age*, en *AI Magazine*, Volumen 30, Número 3, 2009. Disponible en línea en: <http://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/issue/view/187/showToc> (accedido a 21/05/2013)

la creatividad en el contexto de la Inteligencia Artificial, en 1977¹¹².

2.2.3 Niveles de responsabilidad creativa

Hemos visto hasta ahora una selección de lo que podríamos entender como la genealogía de los *dispositivos artistas automáticos* hasta la aparición de los primeros computadores digitales. A partir de entonces, surge una explosión creativa a raíz de las nuevas posibilidades prácticas, y del potencial que implica la tecnología de computación desde la perspectiva filosófica y cosmológica. Aparte de la mención hecha a los pioneros, dejaremos para otro estudio la recopilación exhaustiva de los *autómatas artistas digitales* y nos limitaremos a mencionar puntualmente a partir de ahora algunos referentes seleccionados como ejemplo para ilustrar diferentes grados y formas en las que un dispositivo genera una experiencia estética mostrando aparentemente cualidades análogas a la creatividad de un humano, poniendo más atención en los referentes que exploran la

112 COLTON, S., y WIGGINGS, G.A., *Computational Creativity: The Final Frontier?*, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, Volumen 242, ECAI 2012, pp. 21-26. Versión en línea disponible en: http://www.doc.ic.ac.uk/~sgc/papers/colton_ecai12.pdf (accedido a 21/05/2013)

automatización en el campo de los audiovisuales, y los que hacen uso de herramientas de visión artificial.

La coincidencia histórica de la aparición de los computadores electrónicos y de la consolidación de las ciencias cognitivas no es casual. Ambos acontecimientos se desarrollan en la década de los años 50 del pasado siglo. Por un lado, los computadores electrónicos basados en transistores se pusieron a la cabeza de la evolución de las máquinas, igual que hicieron los organismos basados en redes neuronales con conexiones electro químicas hace millones de años¹¹³. Por otro lado, los nuevos descubrimientos sobre la fisiología del cerebro propician la fundación de la neurociencia cognitiva con el objetivo de descifrar cómo los circuitos cerebrales determinan el funcionamiento psicológico¹¹⁴. La invención de nuevas herramientas y el descubrimiento de conocimientos abre puertas a la imaginación, que prevé el futuro que nos brindan estas nuevas capacidades. Cuando científicos y pensadores de otros campos como la psicología o la filosofía vieron muchos de los principios de síntesis y procesado de información que realiza el cerebro humano formalizados en la lógica binaria y en los algoritmos de los computadores, comprendieron el camino convergente entre el desarrollo de

113 COSTANDI, M., *Evolutionary origins of the nervous system*, 2009, recurso en línea:
<http://scienceblogs.com/neurophilosophy/2009/07/03/evolutionary-origins-of-the-nervous-system/> (accedido el 02/06/2013)

114 KANDEL, E., *Principles of Neuroscience*, 4a edición, McGraw-Hill, 2000, New York

estos dispositivos y la comprensión de los procesos cognitivos del ser humano. Fue entonces cuando la inteligencia artificial dejó de ser un concepto concebible únicamente en los mitos y la literatura de ficción, para plantearse como un objetivo real, una meta alcanzable ahora gracias al desarrollo de los computadores digitales.¹¹⁵

Al mismo tiempo que aparecían teorías e iniciativas en la investigación de la Inteligencia Artificial, desde la década de 1960 un número cada vez mayor de artistas comenzaron a sumarse a la producción de *autómatas creativos fascinantes* aprovechando las nuevas herramientas proporcionadas por la tecnología del momento. Es cuando comienza la era de los artistas automáticos digitales, cuya capacidad de fascinación

115 El reto que supone descifrar el funcionamiento del *software cerebral* a partir de un *hardware neuronal* sin contar con “planos constructivos” del cerebro es comparable al que se enfrentaría un alquimista del s.XVI si tuviese que descifrar el funcionamiento de un computador y su software a partir de los conocimientos de su época. Pero cada vez contamos con herramientas más sofisticadas, con las que comenzamos a observar el funcionamiento de nuestro cerebro a nivel molecular, y a recrearlo por medio de modelos teóricos y sistemas avanzados de simulación. Creando estrategias conjuntas entre disciplinas como la arquitectura de computadores, la ingeniería del software, las matemáticas, etc., por un lado y la neurología, psicología, psiquiatría, filosofía, arte, etc., por otro, se aúnan fuerzas y surgen soluciones más creativas. La creciente importancia que tienen hoy en día estas iniciativas multidisciplinares se hace patente con proyectos como The Human Brain Project, o el proyecto ProSECCo, ambos financiados por la Unión Europea. El propósito del primero es desarrollar una simulación completa del cerebro humano a nivel molecular con objetivos múltiples, como el de comprender el funcionamiento de las redes neuronales (neurociencia), estudiar el impacto de las enfermedades y lesiones cerebrales (medicina) o tomar como modelo el cerebro humano para el desarrollo de supercomputadores (ciencias de la computación). El segundo supone un esfuerzo de coordinación entre investigadores de varias universidades europeas para apoyar las acciones conjuntas manteniendo la coherencia de las distintas líneas de investigación en Creatividad Computacional.

supera ampliamente la de sus ancestros mecánicos y electromecánicos. Uno de los experimentos históricamente innovadores más representativos en los que se utiliza un computador como creador en las artes visuales es sin duda el pintor digital AARON, de Harold Cohen, que ha sido objeto de desarrollo durante más de 40 años, obteniendo más atención y prestigio que la mayoría de pintores humanos que han trabajado en el mismo período¹¹⁶. Experimentos como el de Cohen comienzan a llamar también la atención de los teóricos por la capacidad creativa de los dispositivos, siendo Margaret Boden la pionera en intentar dotar de un marco teórico al estudio de la creatividad en el contexto de la Inteligencia Artificial, en su "Artificial Intelligence and Natural Man"¹¹⁷. Boden, cuyo interés se centra en estudiar la creatividad artificial para comprender mejor la creatividad en el ser humano, clasifica esta última en tres categorías:

- Creatividad combinacional: a partir de conjuntos de ideas o espacios conceptuales diferentes hacer combinaciones poco convencionales, identificando aquellas que aportan valor.¹¹⁸

116 COHEN, H., *The further exploits of AARON, painter*, Stanford Humanities Review, volumen 4, número 2: Constructions of the Mind, 1995.

117 BODEN, M. A., *Artificial Intelligence and Natural Man*, Hassocks, Sussex: The Harvester Press, 1977.

118 Un ejemplo interesante de herramienta informática que sirve de ayuda en el proceso de creatividad combinacional es el software de ayuda a la creatividad de *Creatomatic* (Nova Jiang, 2011), que realiza combinaciones aleatorias de objetos no relacionados entre sí, con el propósito de que el usuario cree un nuevo objeto o una nueva funcionalidad a partir de la combinación de ambos. Más información en: <http://www.novajiang.com/projects/creatomic/>. (accedido a 6/1/13)

- Creatividad exploratoria: ampliar un espacio conceptual o conjunto de ideas incorporándole otras ideas que se ajustan a los parámetros que definen el conjunto.

- Creatividad transformacional: modificar los parámetros que definen un espacio o conjunto conceptual, de manera que esos parámetros permitan generar e identificar las ideas que formarán parte del nuevo espacio.

Para comprender estos espacios conceptuales podemos utilizar modelos comunes con la Inteligencia Artificial. Con ellos podemos tratar de articular los procesos creativos que ocurren en nuestra mente e intentar formalizarlos. Esto formaría parte de las relaciones computador→humano con las que podemos aprovechar las estructuras de los primeros para comprender las de los segundos.

Computers and creativity make interesting partners with respect to two different projects. One, which interests me the most, is understanding human creativity. The other is trying to produce machine creativity -- or anyway, machine "creativity" -- in which the computer at least appears to be creative, to some degree.¹¹⁹

En la dirección, humano→computador, podemos beneficiarnos de establecer relaciones y paralelismos entre un funcionamiento y otro para estudiar y desarrollar sistemas computacionales creativos y para modificar o crear técnicas

119 BODEN, M. A., *The Creative Mind: Myths and Mechanisms*, London: Routledge, pp. 1-10, 2004.

de computación. La Creatividad Computacional (CC) es un campo de estudio que se enmarca en la Inteligencia Artificial (IA), pero que tiene particularidades que la diferencian de otras áreas de esta.

En cuanto al nivel de control del humano en el aprendizaje del dispositivo podemos distinguir dos extremos en las estrategias de investigaciones en inteligencia artificial. Por un lado, la estrategia de la transparencia, en la que se diseñan una serie de procesos para analizar las variables de entrada (sean de la índole que sean, como texto, imágenes, sonidos, u otro tipo de datos), y se establecen una pautas de actuación con respecto a estos estímulos. A medida que evoluciona el aprendizaje el dispositivo va reevaluando y recalibrando los inputs y ajustando su comportamiento según una serie de reglas preestablecidas. Esta estrategia permite conocer en todo momento lo que ocurre en interior del dispositivo, de manera que mantenemos el control y podemos reajustar con facilidad los parámetros que gobiernan el comportamiento de la criatura artificial. Básicamente lo que se hace en este caso es aprovechar el entrenamiento que ha realizado previamente el humano en su vida, y con el que ha detectado pautas, relaciones y reglas en el funcionamiento del universo. El humano trata de codificar este conocimiento en el lenguaje del dispositivo y después verifica y corrige el funcionamiento de esta implementación de su experiencia vital en la vida del dispositivo. En el otro extremo nos encontraríamos con la

estrategia de la opacidad, cuyo ejemplo más significativo es el de las redes neuronales artificiales (ANN, del inglés Artificial Neural Network). La estrategia de aprendizaje basado en redes neuronales no predetermina unas reglas de comportamiento, sino que crea una estructura adaptable de valores estadísticos interconectados. Cada neurona artificial almacena una serie de valores numéricos que ponderan el peso que se le da a la señal que le llega a través de cada sinapsis de entrada que la conecta a una neurona adyacente. En el entrenamiento se alimenta la red neuronal con los datos con que se está trabajando, y se indica el resultado esperado¹²⁰.

Actualmente la tendencia en las investigaciones en IA es la de resolver problemas concretos desarrollando sistemas que aprenden y evolucionan autorregulándose (inicialmente se enfocó tratando de crear un sistema inteligente completo, capaz de razonar, resolver cualquier tipo de problema o incluso cobrar consciencia de sí mismo). La CC, por su parte, no establece como objetivo la resolución de problemas concretos establecidos de antemano, sino que trata de

120 En nuestro caso, dado que la investigación se enmara en el contexto de Bellas Artes y no en el de Ciencias de la Computación (al cual pertenecen las investigaciones en Inteligencia Artificial), dejaremos de lado el tema de las redes neuronales y experimentaremos con sistemas transparentes, estableciendo parámetros y programando pautas de comportamiento y nuevas relaciones entre inputs y outputs para generar resultados potencialmente expresivos desde el punto de vista del humano, como veremos más adelante, en el apartado 3 COMPUTER VISION CINEMA, pág. 131.

desarrollar sistemas que manifiesten un comportamiento creativo en un determinado ámbito, y cuyas características sirvan para ampliar las capacidades y habilidades de los sistemas inteligentes a la hora de resolver problemas y adaptarse a nuevos retos. Este enfoque, ya desde su planteamiento, establece varios retos. Primero, el término creatividad conlleva una interpretación muy subjetiva, de manera que se hace necesario sintetizar una definición que permita una evaluación cuantitativa para poder hacer un análisis científico. Segundo, hace falta concretar y consensuar la metodología de evaluación de los resultados de los sistemas que aspiran a ser considerados "creativos"¹²¹. Los requisitos que se exigen a un sistema computacional para que sea considerado creativo, no están aún consensuados, pero al fijarnos en los criterios por los que consideramos que una acción humana es creativa podemos tratar de establecer parámetros que nos permitan también evaluar la creatividad de un sistema computacional. En este sentido la principal discrepancia surge a la hora de diferenciar los sistemas generativos de los sistemas creativos, o lo que viene a ser lo mismo, determinar el nivel de intervención, responsabilidad y/ o control que se reparten el ser humano y el computador en el proceso creativo.

121 COLTON, S., *Creativity Versus the Perception of Creativity in Computational Systems*, AAAI Symposium, 2008.

En la siguiente figura hemos reproducido un esquema con los niveles de responsabilidad en una colaboración humano-máquina en tareas creativas.



Reproducido con el permiso de los autores: McCormack, J., et al. (2012) "Ten Questions Concerning Generative Computer Art" (versión extendida), Leonardo, MIT Press, publicado en línea en febrero de 2013: http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/LEON_a_00533.

Fig. 3. Niveles de responsabilidad creativa humano-computador.

El esquema vaticina un posible escenario evolutivo en el que el computador asume progresivamente un mayor nivel de responsabilidad en el proceso creativo, de manera que si en la actualidad se considera una herramienta más en manos del artista humano, con el tiempo puede llegar a asumir el papel protagonista contando con el humano como mentor/asesor. Dentro de esta evolución temporal, la presente investigación explora las posibilidades que las herramientas de visión artificial permiten a la hora de ceder una parte de la responsabilidad creativa al computador en el sistema de realización audiovisual experimental CvCinema. En este caso la cesión de responsabilidad se produce principalmente en dos tareas: la selección del objeto del encuadre, es decir, el marco espacial, y el momento en el que se cambia de

encuadre, o sea el montaje temporal (lo cual repercute también en el ritmo generado por las distintas velocidades de cambio de encuadre).

Actualmente las investigaciones en esta línea, incluso aquellas que usan además herramientas de Inteligencia Artificial, se encuentran en una fase que se podría considerar más bien arte generativo, en algunos casos, y arte reactivo en otros. Los sistemas actuales, como el CvCinema, no poseen una creatividad consciente, aunque si muestran signos que, si partiesen de un humano, serían considerados por sus congéneres como muestras de una capacidad creativa.

Una de las panorámicas más completas al respecto del estado de la cuestión en cuanto sistemas creativos en el campo del arte la encontramos en *Computers and Creativity*¹²². El arte generativo, explica *McCormack*, supone una mecanización del proceso y por lo tanto del resultado artístico. Consiste básicamente en desarrollar un sistema (no necesariamente basado en computadores) o un método que genere un resultado (ya sea musical, visual o de otro tipo) que varía en relación a las modificaciones de los parámetros utilizados en el proceso. El humano a cargo del sistema puede realizar directamente estas modificaciones o puede

122 MCCORMACK, J., y D'INVERNO, M. (Eds.), *Computers and Creativity*, Springer, 2012.

reducir su participación/ responsabilidad/ control haciendo que los parámetros del proceso dependan de otros parámetros/ sistemas. El grado de aleatoriedad dependerá del nivel de comprensión de las relaciones causa-efecto por parte del ser humano¹²³.

In essence, all generative art focuses on the process by which an artwork is made and this is required to have a degree of autonomy and independence from the artist who defines it.¹²⁴

Las implicaciones no son menos impactantes que el resultado de este tipo de arte: "Si el arte es mecanizable, ¿qué hay de especial en los artistas?"¹²⁵. Establecido un sistema o metodología de creación artística (como se hacía en la antigüedad con los pasos para, con la ayuda de una rejilla, diseccionar y volcar en papel la panorámica de un paisaje, o

123 Un ejemplo llamativo de arte generativo en el que se cede el control a un sistema no computacional y hay un grado intermedio de aleatoriedad sería la obra *From Here to There* (2003), en la que Jana Sterbak adosó una videocámara al collar de su perro para que éste determinase el resultado de la grabación. Jana podía modificar o intuir el resultado, pero este dependía en última instancia del perro, cuyas decisiones son en gran medida aleatorias desde el punto de vista del humano ya que no conocemos su funcionamiento exacto.

124 BODEN, M. A. y EDMONDS, E.A., *What is generative art?* Digital Creativity 20(1-2): 21-46, 2009

125 MCCORMACK, J., et al., *Ten Questions Concerning Generative Computer Art*, Leonardo, MIT Press, aceptado en julio de 2012, publicado en línea en febrero de 2013, pendiente de publicación a 31/05/2013. Versión extendida en línea: <http://diotima.infotech.monash.edu.au/~jonmc/sa/wp-content/uploads/2012/10/TenQuestionsV3.pdf> (accedido el 29/05/2013)

para calcar en un cuadro la proyección de una cámara obscura), cabría reflexionar si el artista no sería realmente el propio sistema-método, y el humano (o el robot/ computador) que realiza los pasos un mero periférico del mismo, una especie de impresora, reducido a simple hardware.

"The idea becomes a machine that makes the art."¹²⁶

Si se entiende el producto artístico como un resultado de aplicar una serie de reglas, puede considerarse una variante del arte generativo lo que se denomina arte emergente. Este suele basarse en el desarrollo de manadas o enjambres de agentes ya sean reales (máquinas, robots, etc.) o virtuales, que obedecen a una serie de reglas que determinan su comportamiento. Al tratar de coexistir un conjunto más o menos numeroso de individuos las interacciones entre ellos condicionan sus acciones de manera similar a como ocurre con las bandadas de pájaros o los bancos de peces. Bajo la perspectiva del ser humano este tipo de sistemas y sus comportamientos producen resultados que juzgamos de manera estética. Algunos autores denominan esta capacidad como creatividad computacional débil, es decir, que trata de simular la creatividad humana para obtener resultados

126 LEWITT, S., *Paragraphs on Conceptual Art*, Artforum, 1967.

similares, frente a la creatividad computacional fuerte cuya meta sería reproducir el funcionamiento cognitivo y creativo del ser humano en una máquina¹²⁷.

McCormack define la creatividad emergente como "aquella en la que nuevos símbolos o estructuras emergen ex nihilo"¹²⁸, y que los humanos interpretamos como un resultado creativo. Aquí es donde entra en juego otro de los factores que complican la parametrización de la creatividad: el criterio subjetivo del observador¹²⁹. Por ello muchos esfuerzos se centran en satisfacer la apariencia de creatividad percibida por los observadores antes que tratar de unificar los diferentes criterios acerca del tema.

En el caso del sistema CvCinema desarrollado en la presente investigación, podríamos encontrar indicios de creatividad emergente en el subsistema en el que un robot aspirador es el responsable involuntario de los planos que captura la cámara que lleva incorporada, descrito en detalle más adelante¹³⁰. El robot actúa bajo una serie de normas que le dicta su rutina de limpieza y evasión de obstáculos, y esto

127 MAJID AL-RIFAIE, M., y BISHOP, M., *Weak vs. Strong Computational Creativity*, 5th AISB Symposium on Computing and Philosophy, University of Birmingham, UK, 2012.

128 MCCORMACK, op. cit, p. 97

129 CARDOSO, A., et al., *Converging on the Divergent: The History (and Future) of the International Joint Workshops in Computational Creativity*, AI Magazine, Volumen 30, Número 3, 2009

130 Véase el apartado 3.4.3.1 *Unidad móvil robotizada (CI_4)*, pág. 194

hace que emerjan diferentes encuadres y movimientos de cámara que son enviados de forma inalámbrica a la aplicación principal del sistema.

Si tomamos como modelo de sistema creativo al humano, otra de las características en que los investigadores coinciden al caracterizar la creatividad es que ha de generar resultados novedosos. Boden clasifica lo novedoso en dos categorías: innovación personal (nuevo para el individuo) e innovación histórica (nuevo en la historia de la humanidad).

Creative ideas, then, are new. But of course, there's new -- and there's new. Ask a teacher, for instance. Children can come up with ideas that are new to them, even though they may have been in the textbooks for years. ¹³¹ ¹³².

131 BODEN, op. cit, p. 91

132 Es interesante la relación entre la novedad y la memoria. Parece que una condición indispensable para que algo sea nuevo para la persona o para la humanidad es que no haya un registro previo al respecto, en la memoria del individuo en el primer caso, o en los registros históricos en el segundo. Una forma retorcida de innovar sería, pues, borrar los registros previos referentes a lo que ha de ser novedoso. Como Ingeniero Técnico en Diseño Industrial, no voy a desaprovechar la ocasión para mencionar lo cruel e injusto que es el sistema actual al exigir creatividad histórica y no creatividad personal una vez que nos hacemos adultos. En nuestra etapa como infantes normalmente se nos incentiva a generar innovación personal para fomentar la creatividad, mientras que de adultos, especialmente en los ámbitos profesionales que exigen capacidades creativas, la redundancia histórica de las creaciones suele ser motivo de menosprecio e incluso de mofa si se considera motivo de ignorancia (al no contar la persona con el registro correspondiente en su base de datos mental). Creo que se infravaloran las consecuencias de la frustración que estas situaciones generan de manera cotidiana en los individuos. Sin ir más lejos, a la misma hora de escribir este artículo me he visto personalmente en la tesitura de encontrar artículos recientes que coinciden sorprendentemente (para mi) con mis razonamientos o conclusiones. ¿Acaso no sería mejor, en vez de sentir

También hay argumentaciones que defienden que la creatividad computacional proviene de una naturaleza diferente, de manera que no tiene por que revelarse de igual forma que la creatividad humana, ni reproducirla. Lo cual no simplifica ni mucho menos la labor, ya que habría que determinar cómo identifica el “computador observador” las manifestaciones de creatividad computacional en el “creador computador”.

Colton y Wiggings¹³³ han propuesto una serie de máximas que, según ellos, deberían ser fundamentales en los futuros proyectos de creatividad computacional:

→ Considerar que el éxito creativo no radica únicamente en el artefacto resultante (poema, pintura, teorema, etc.) sino también en el propio acto de producirlo.

vergüenza por mi propia ignorancia y ansiedad por la incapacidad de abarcar la actual masiva producción de información, sentir orgullo por ser capaz de reflexionar de manera similar a reconocidas figuras del ámbito académico y satisfacción por sentirme en comunión con mucha gente que comparte mis mismos intereses e inquietudes? Si todos fuésemos consientes de que cada unos es su propio Einstein, descubriendo las maravillas del universo a su ritmo, nos valoraríamos de forma más equilibrada y nos sentiríamos menos frustrados. Todos somos capaces de todo, si contamos con la salud física y mental necesaria y estamos dispuestos a invertir el tiempo y el esfuerzo suficientes. Ni todos queremos hacer (de) todo, ni mucho menos debemos hacer (de) todo. Tenemos un tiempo limitado. Siempre que podamos escoger, la clave está en reconocer qué no queremos hacer, en descartar y quedarnos con lo que más nos llena. Lo cual también tiene su misterio.

133 Op. Cit., COLTON, pág. 87

→ El artefacto resultante de un acto creativo debe percibirse como una invitación al diálogo con el artefacto y/o el creador y/o la cultura y/o uno mismo.

→ El software no es humano, así que no podemos apoyarnos en las ideas irracionales (y a menudo románticas) acerca del proceso creativo de las personas. De manera que nuestro software debe generar el contexto de sus propios procesos y productos.

Resumiendo, se trataría en definitiva de que sea el mismo sistema el que reajuste los parámetros de su proceso de creación, en base a los criterios adecuados al campo de aplicación (por ejemplo estéticos, entre otros, en el campo del arte), aprendiendo en el proceso por medio de la autoevaluación (de manera que a la vez también hace evolucionar sus criterios estéticos) y generando así resultados innovadores.

Como podemos ver la cosa no es trivial y se entiende que en esta joven rama de la Inteligencia Artificial aún queden muchas bases por asentar y criterios por unificar¹³⁴.

134 Hace tan solo diez años que comenzaron a surgir iniciativas organizadas en torno a la investigación de la CC, con la celebración de talleres internacionales, y a partir del año 2008, con la celebración de la International Computational Creativity Conference (<http://www.computationalcreativity.net>). Otras fuentes de información son: <http://afflatus.ucd.ie/article.do?action=view&articleId=16>, <http://homepages.abdn.ac.uk/g.ritchie/pages/papers/index.html> y <http://ccg.doc.ic.ac.uk/wiki/doku.php> (accedidas a 5/7/13)

Mientras estas cuestiones siguen siendo objeto de debate, los investigadores continúan trabajando en sistemas que, como mínimo, aparenten un comportamiento creativo a través de su forma de actuar o a través de los resultados de sus actos. Entre los campos investigados el más prolífico es una vez más, tal como hemos visto en la historia de la automatización artística, el de la creación musical, aunque abundan igualmente ejemplos en creación literaria, ya sea narrativa o cómica (chistes), y en creación pictórica/ visual. Pero también hay ejemplos exitosos de sistemas creativos capaces de desarrollar nuevas teorías matemáticas, jugar al ajedrez, etc.

En lo que concierne al vídeo y al cine, la mayoría de iniciativas basadas en la cesión de control a un computador parten del campo artístico más que del científico, y manifiestan un reducido nivel de creatividad. Creatividad aparente si los evaluamos bajo los diferentes criterios expuestos anteriormente, pudiendo más bien ser consideradas como arte generativo y en algunos casos deliberadamente aleatorio¹³⁵.

Aparte de la fase, en caso de haberla, de generación del guión narrativo (actividad que consideramos aquí más literaria que visual), los momentos del proceso audiovisual en los que se puede transferir la responsabilidad creativa son la

135 Nos limitaremos a mencionar únicamente algunos de los experimentos de cine generativo que hacen uso de computadores, dejando para otro estudio aquellos en los que la generación se realiza con otro tipo medios.

adquisición, la edición y la proyección. También hay que tener presente que si cedemos el control a un sistema computacional podemos partir del mundo real como materia registrable/ registrada en secuencias de imágenes (adquisición-registro), pero también se puede generar todo un mundo virtual en el propio sistema, con infinidad de posibles variaciones (adquisición-generación).

Como hemos mencionado anteriormente, los primeros cineastas en emplear un computador en el campo del cine fueron los hermanos Whitney, que experimentaron a partir de la década de 1960 usando antiguos computadores antiaéreos analógicos para controlar los movimientos de una cámara de cine generando animaciones y efectos visuales. Otro hito en la automatización del proceso creativo es si duda la grabación del material utilizado en *La Région Centrale* (1971) de Michael Snow y Pierre Abeloos. Para la realización de este film, se desarrolló específicamente un dispositivo robótico que permitía que la cámara programada se moviese en una infinidad de maneras, girando alrededor de un punto central, sin que los movimientos ni los puntos de vista generados se sometiesen a ningún tipo de convencionalismo. La película de tres horas es puro movimiento continuo filmado día y noche en el extremo norte de Québec y muestra un paisaje salvaje sin presencia humana, ni delante ni detrás de la cámara. El robot que realizaba los movimientos de la cámara no incorporaba técnicas de visión artificial para analizar la imagen, de manera que, en cierta manera, era un robot que

miraba pero no veía, con un registro visual pero sin capacidad de utilizarlo. Pero Snow se apropió del material captado en ese registro y nos mostró el mundo a través de una mirada no humana (nosotros que, a diferencia de aquel robot, sí podemos ver).

“But cameras have a life of their own. Cameras care nothing about cults or isms. They are indifferent mechanical eyes, ready to devour anything in sight.”¹³⁶

Un resultado estético similar al que vemos en La Région Centrale se puede observar también en uno de los subsistemas de captura de imágenes del sistema CvCinema¹³⁷, que se describe más adelante, en el que una cámara de videovigilancia es usada para hacer movimientos panorámicos continuos en base a la actividad de las personas en la sala.

Por supuesto, la industria cinematográfica no tardó en aprovechar esta tecnología para un uso más comercial (y convencional) desarrollando dispositivos de automatización de movimientos de cámara que permitían repetir en cada toma una y otra vez el mismo movimiento de cámara con

136 SMITHSON, R., *Art through the camera's eye*, (aprox 1971), en Robert Smithson: The Collected Writings, Ed. Jack Flam, University of California Press, Ltd., Londres, 1996.

137 Véase el apartado 3.4.3.3 Cámara PTZ / PS3Eye (CV_3, CI_3, VD_3), pág. 209

una precisión imposible de alcanzar de forma manual para un operador de cámara.

Más allá del pragmatismo del cine industrial, también hay intentos de alcanzar un término medio entre experimentación y adecuación al mercado, como la película *The boss of it all* (Lars Von Trier, 2006). En ella el director, siguiendo su línea de experimentación con la deconstrucción del lenguaje del cine y la separación entre ficción y realidad, se sirve de un sistema automatizado de grabación denominado *Automavision*¹³⁸ desarrollado a propósito para limitar la influencia humana y permitir que el azar muestre una perspectiva libre de convencionalismos narrativos y estéticos. Una vez escogidos de forma arbitraria los parámetros de la cámara y los micrófonos, el sistema crea una lista de variaciones aleatorias aplicables a la imagen (inclinación, panorámica, enfoque, apertura, posición vertical y horizontal) y al sonido (filtros, niveles, etc.). Posteriormente el plano se graba con esos parámetros y el director decide si lo incorpora al montaje final. Vemos que, aunque el sistema determina en parte los parámetros de cámara utilizados, el humano (en este caso el director) es quien aplica finalmente su criterio estético para filtrar los resultados, valorar y seleccionar las alternativas más adecuadas al mismo. En el sistema CvCinema vemos también como los diferentes

138 Op. Cit. Pág. 15

niveles de control o responsabilidad creativa se reparten entre el dispositivo y el humano (como parte del público, con sus movimientos dentro de la sala, o como programador del dispositivo y afinador de los parámetros del sistema)¹³⁹.

En cuanto a obras en las que el sistema es el responsable del montaje del material, tenemos un ejemplo en *Brakelights* de Scott Hessels (2004), una narración audiovisual controlada por un sistema informático que selecciona los planos previamente grabados de entre una serie de diálogos de una pareja, con distintos tonos de intensidad emocional. Esta selección se realiza tomando como input, la densidad de luces de freno de los coches en una autopista de Los Ángeles captadas por una cámara. Jugando con el término inglés *brake* (que significa frenar, pero también es una forma arcaica de *break*, que significa ruptura), según haya más o menos luces de freno encendidas se seleccionan planos clasificados en una escala de cinco emociones: ira, irritación, indecisión, esperanza y amor.

Esta obra es uno de los primeros referentes de aplicación de herramientas de visión artificial al cine experimental. En este caso la detección de color, se aplican a un material visual distinto al que se va a utilizar para la proyección. A diferencia de lo que ocurre en el CvCinema¹⁴⁰, que analiza la misma

139 Véase el apartado 3 *COMPUTER VISION CINEMA*, pág. 131

140 Véase el apartado 3 *COMPUTER VISION CINEMA*, pág. 131

escena de la que proviene el material a montar, en *Brakelights* el sistema realiza el montaje "a ciegas".

Por su parte, combinando también material audiovisual almacenado en una base de datos, la acción narrada por el Soft Cinema (Manovich, 2002-2004) está dividida en un número de partes secuenciales, cada una de las cuales supone un cortometraje. Al comienzo de cada segmento, el programa genera una nueva composición visual y selecciona además los fragmentos de vídeo y las animaciones que se proyectarán, y en qué orden se verán. Este proceso se repite para cada parte de la narración. Vemos que la automatización también se puede aplicar a la composición del cuadro en cuanto a los canales y/o la mezcla de varios inputs de igual manera que ocurre en el CvCinema, como veremos, ya sea en el Prototipo 1 cuando se selecciona la opción de reencuadre multicanal¹⁴¹, o en la instalación en la que el sistema mezcla por transparencia los diferentes inputs en la pantalla principal¹⁴².

Uno de los contados proyectos que aplican conceptos tratados en el campo de la creatividad computacional al campo audiovisual es *The Filmmaking Robot* (Bagnall, 2004), del cual dice su desarrollador: "solía ser un cineasta, ahora ayudo a robots a hacer cine". El sistema tiene su centro

141 Véase el apartado 3.2.1 *Prototipo 1*, pág. 143

142 Véase el apartado 3.4 *INSTALACIÓN CVCINEMA*, pág. 185

neurálgico fijo, ubicado en una galería, mientras que las cámaras que hacen de ojos viajan sobre autobuses urbanos por la ciudad. Cada cámara-ojo captura fragmentos de vídeo que envía al cerebro en los momentos en los que el autobús pasa cerca de uno de los nodos de acceso inalámbrico de una cadena de cibercafés. El cuerpo del robot divide los vídeos en fotogramas individuales y analiza cada uno de ellos, obteniendo una serie de parámetros como la disposición de colores, formas y detalles en el cuadro. Estos valores se utilizan para ubicar las imágenes en una base de datos, que conforma una especie de espacio clasificado por similitud visual. Durante doce horas diarias, siguiendo el recorrido del bus, el robot recorre en zigzag los lugares de este espacio virtual, creando secuencias de vídeo a su paso, que forman el "sueño" o la "estela de consciencia" del robot. Al final de su jornada, el robot rememora los mejores momentos del día y compone con ellos un film. Para elegir las trayectorias de su sueño diario el robot usa redes neuronales y reglas heurísticas, pero el film final se genera siguiendo un criterio que favorece la suavidad del movimiento por el espacio-memoria, o sea, la continuidad visual determinada por los parámetros del análisis. El robot recuerda todo aquello que ve hasta almacenar cinco millones de imágenes en su mente, a partir de entonces las nuevas imágenes reemplazarán a las menos interesantes en la base de datos. Además de obtener imágenes por medio de los ojos, el robot

crea falsos recuerdos combinando y manipulando las imágenes preferidas y más usadas.

La visión que nos proporcionan estos dispositivos es una especie de registro visual de su existencia, un plano subjetivo condicionado por la naturaleza del propio dispositivo y de su funcionamiento (su “forma de ser” previa a su incorporación al proyecto). Es lo que ocurre con el robot aspirador empleado en nuestro sistema¹⁴³: nos muestra su vida rutinaria a través de la cámara que lleva incorporado.

Otro ejemplo reciente de cine experimental en el que robots móviles son los que realizan la adquisición del material audiovisual en el devenir de su propia existencia la encontramos en *Robots in Residence* (Reben y Hoff, 2012), un proyecto comisionado por el IDFA DocLab¹⁴⁴. En este proyecto, que también refleja la capacidad empática y antropomorfizante del ser humano, se dejan en libertad una serie de robots autónomos de aspecto amable y afectivo que, cuando detectan una persona, comienzan a reproducir un discurso en el que la invitan a hacerle confesiones mientras las registra con su cámara-ojo, realizando preguntas como “cuéntame algo que no le hayas contado nunca a nadie”. Los humanos que establecen un vínculo emocional con el robot,

143 Véase el apartado 3.4.3.1 *Unidad móvil robotizada (CI_4)*, pág. 194

144 La iniciativa DocLab del Documentary Film Festival Amsterdam (IDFA) fomenta la exploración de nuevas formas narrativas que expandan el género documental más allá de la narración lineal. Más información en: <http://www.doclab.org/about/>

acaban contando experiencias que normalmente no hubieran compartido con un extraño. Posteriormente el conjunto de grabaciones son editadas por medios convencionales para producir un documental.

Las máquinas (bien construidas y programadas) son capaces de sutilezas de expresión emocional imposibles de alcanzar para un ser humano.

(Piercy Grainer) ¹⁴⁵

Aparte del campo artístico, se están realizando investigaciones académicas sobre automatización de realización audiovisual, principalmente en lo que respecta a grabación de las acciones realizadas en entornos acotados como platós o aulas de clases magistrales. Estas también manejan tecnología similar para evaluar la escena, seleccionar los puntos de interés, mover cámaras motorizadas al encuadre óptimo y hacer la selección de planos de salida del sistema, ya sea para su emisión en

145 SIMON, R., *Percy Grainger: the pictorial biography*, p. 127, Whitston Pub. Co., 1983.

tiempo real o para generar directamente el material que será difundido posteriormente ^{146 147 148 149 150 151 152 153}.

Por último, pero no menos importante, merecen una mención las iniciativas que trabajan con material virtual, es decir, en las que el producto audiovisual se genera por completo en computadoras sin usar material registrado del mundo real. La mayor parte de estas iniciativas las encontramos en el mundo de los videojuegos, en el que se desarrollan algoritmos que adaptan el punto de vista virtual a través del cual vemos la acción, tanto en los momentos en los que participamos en ella a través de nuestro avatar como en los

146 MULLENDER, S., *Specification of the Digital TV Director*, University of Twente , The Netherlands, 1994.

147 PINHANEZ, C. y Bobick , A., *Intelligent Studios: Using Computer Vision to Control TV Cameras*, IJCAI'95 Workshop on Entertainment and AI/Alife, 1995.

148 KAMEDA, Y. Et al., *Carmul : Concurrent Automatic Recording For Multimedia Lecture*, Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University, 2002.

149 SUN, X., et al., *Region of Interest Extraction and Virtual Camera Control Based on Panoramic Video Capturing*, IEEE Transactions on Multimedia, 2005.

150 LAMPI, F., et al., *A Virtual Camera Team for Lecture Recording*, MultiMedia, 15(3), pp. 58-61, 2008.

151 RANJAN, et al., *Dynamic Shared Visual Spaces: Experimenting with Automatic Camera Control in a Remote Repair Task*, CHI 2007 Proceedings, San Jose, CA, USA.

152 NAGAI, K., *Automated Lecture Recording System with AVCHD Camcorder and Microserver*, Center for Multimedia and Information Technologies, Kumamoto University, Japan. SIGUCCS, 2009.

153 CHOU, H., et al., *Automated Lecture Recording System*, International Conference on System Science and Engineering, 2010.

interludios narrativos en los que somos tan solo espectadores en manos del sistema director¹⁵⁴.

“Whose vision is it? It is the vision of a computer, a cyborg, a automatic missile. It is a realistic representation of human vision in the future when it will be augmented by computer graphics and cleansed from noise. It is the vision of a digital grid. Synthetic computer-generated image is not an inferior representation of our reality, but a realistic representation of a different reality.”¹⁵⁵

Los ejemplos de aplicación de técnicas de visión artificial al audiovisual que trabajan con material virtual no solo se reducen a la automatización del punto de vista virtual. También encontramos aplicaciones que utilizan estas técnicas en procesos que facilitan la composición de material real (registrado del mundo físico) con material virtual. Un ejemplo son las aplicaciones que permiten grabar con precisión los movimientos de cámara adaptados por el operador a la acción de cada toma, para, por ejemplo, componer posteriormente en la postproducción los planos de los actores

154 Actualmente existen empresas especializadas en este tipo de automatización de la composición visual tanto de imágenes estáticas como de secuencias de imágenes de vídeo o fotogramas de videojuegos. Como ejemplo representativo remitimos a los proyectos del Computational Cinematic Studio, con sede en la Universidad de California, en Santa Cruz, EE.UU. (<https://games.soe.ucsc.edu/ccs>).

155 Op. Cit., MANOVICH, pág. 53

reales con fondos sintéticos generados por computador sin que haya "costuras" perceptibles. Las técnicas utilizadas para ello suelen consistir en el tracking o seguimiento de marcas de referencia situadas en los platós de grabación (generalmente en el techo), por medio de cámaras específicas dedicadas a ello.

El potencial de los mundos sintéticos es enorme y la automatización es mucho más natural y sencilla que en el caso del mundo físico, en el que hay que lidiar con las dificultades derivadas de las limitaciones de los mecanismos, las cámaras y los escenarios, sometidos todos a las mismas leyes físicas.

Aunque en nuestro estudio no nos hemos metido de lleno en la exploración de las prometedoras posibilidades que permite trabajar en un mundo sintético, la versión del Prototipo 2 instalada en la exposición CvCinema¹⁵⁶ incluye un pequeño experimento realizado con material "*virtualizado*" por medio de un sensor 3D que escanea un espacio físico en tiempo real. Aunque el propósito de este escaneo es parametrizar el espacio para analizarlo y determinar la posición a la que debe apuntar una cámara física situada en el mismo espacio real, hemos aprovechado para incluir una visualización de esta versión virtual del entorno real en la que el punto de vista móvil es controlado por el sistema.

156 Véase el punto 3.2.2 *Prototipo 2*, pág. 164

Una iniciativa que trabaja de forma similar y que se podría modificar para automatizar la elección de los puntos de vista y movimientos de cámara virtuales es el proyecto de código abierto RGBDtoolkit¹⁵⁷. Este proyecto tiene precisamente como finalidad generar audiovisuales con el material adquirido por medio de un sensor 3D como el que hemos utilizado aquí, solo que además incluye la grabación de vídeo convencional en alta definición para dotar a las superficies generadas en 3D de una textura visual de mayor calidad que la que captura el sensor 3D junto con los datos tridimensionales.

¹⁵⁷ Para obtener más información acerca del proyecto RGBDtoolkit se puede consultar la página web del mismo en el siguiente enlace: www.rgbdtoolkit.com (accedido a 3/8/2013).

2.3 VISIÓN ARTIFICIAL Y AUDIOVISUALES. CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La visión artificial también llamada visión por computador (del inglés *computer vision*) es un campo que incluye métodos para procesar, analizar y extraer información de imágenes, vídeos, datos de escáneres médicos u otro tipo de datos multidimensionales obtenidos del mundo real, con el propósito de generar representaciones numéricas o información simbólica en forma de, por ejemplo, toma de decisiones.

Una de las principales estrategias es la de imitar la visión y la forma en la que los humanos entienden las imágenes. Normalmente, como humanos captamos e interpretamos con facilidad el mundo que nos rodea sin necesidad de realizar un esfuerzo consciente para ello. Somos capaces de realizar un análisis tridimensional, estimar distancias, proporciones y dimensiones relativas de la manera que más se adecua a nuestro devenir en la existencia. Aprendemos a identificar con solo una mirada las cualidades del mundo que nos rodea, más allá de la información básica del color, llegando incluso a estimar las cualidades materiales como la textura, dureza, estado, temperatura, etc. de los objetos que nos rodean. A través de indicios visuales podemos estimar también la presencia de elementos que no vemos, como el viento que mueve unos árboles o las ondas generadas por un pez oculto

bajo el agua. Y podemos ir aún más allá, si pensamos en la interpretación de los movimientos de animales y personas, que nos dan información acerca de su estado anímico y predisposición hacia nosotros y forman parte de lo que se denomina comunicación no verbal.

La forma en la que funciona el sistema visual sigue siendo una de las incógnitas que tratan de descifrar la psicología de la percepción, y aunque estudios como los de las ilusiones ópticas nos dan indicios de cómo vemos, aún no contamos con una comprensión profunda del sistema.

Por otro lado los científicos han desarrollado sistemas de visión artificial capaces de reconstruir en tres dimensiones un espacio a partir de fotos individuales, realizar el seguimiento de personas en movimiento e interpretar su comportamiento, reconocer caras y expresiones faciales, etc. Y aún así pasarán muchos años antes de que un sistema artificial sea tan siquiera capaz de igualar a un niño de dos años a la hora de interpretar lo que captan sus ojos.

Esto da una idea de la magnitud del problema de recomponer lo que nos rodea a partir de una imagen. Es un problema inverso¹⁵⁸ en el que partimos de un conjunto limitado de datos que son producto y abstracción de un entorno rico y

158 El problema directo lo encontramos en las aplicaciones que generan una imagen fotorealista a partir de los datos de una escena virtual y las leyes físicas que determinan el aspecto de los elementos presentes la escena.

variado. El análisis y descifrado de imágenes conlleva, entre otros retos, el diseño de modelos físicos y estadísticos que resuelvan las ambigüedades entre las posibles soluciones de interpretación de las mismas.

De manera similar a otras áreas de la inteligencia artificial, en la mayoría de aplicaciones de visión artificial los computadores son programados para resolver tareas determinadas, aunque también existen métodos basados en el aprendizaje, que en la actualidad van ganando terreno.

2.3.1 Breve cronología

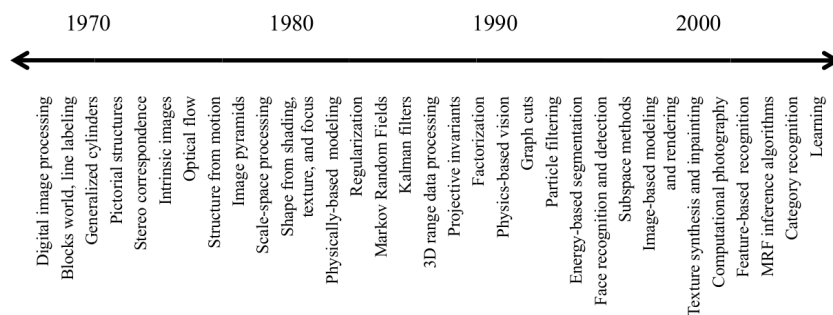


Fig. 4. Esquema cronológico de la aparición de las principales áreas de investigación relacionadas con la visión por computador ¹⁵⁹

¹⁵⁹ SZELISKI, R., *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Springer, 2011. En la siguiente dirección web el autor proporciona una versión electrónica del libro para su descarga gratuita: <http://szeliski.org/Book/> (consultado el 16/05/2013) Véase también: ROSENFELD, A., *From Image Analysis to Computer Vision:*

En la década de 1960, en los albores de la visión artificial, ésta era la parte visual de la percepción, dentro de un ambicioso plan por replicar la inteligencia humana y llevar a los robots a un nivel de conciencia similar a la nuestra. Por aquel entonces se consideraba que la cuestión de la percepción artificial, es decir, el análisis del entorno por parte del dispositivo, estaba a un nivel de complejidad muy inferior a la cuestión del razonamiento interno y la consecución de una auto-conciencia artificial.

Una muestra significativa de esta infravaloración de la dificultad de los problemas planteados en la visión artificial es la historia que se considera que recoge el primer uso del término visión artificial. En 1966 Marvin Minsky, profesor del Massachusetts Institute of Technology (MIT), le asignó a uno de sus alumnos una tarea a desarrollar durante el verano de ese año. La tarea consistía nada más y nada menos que en "conectar una cámara a un ordenador y conseguir que el ordenador describa lo que ve"¹⁶⁰.

En aquel momento las investigaciones en procesado de imagen no eran una novedad (llevaban años en desarrollo desde que fueron iniciadas en la segunda guerra mundial,

Motives, Methods, and Milestones, 1955-1979, Computer Vision Laboratory, Center for Automation Research, University of Maryland, 1998. Versión en línea disponible en: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a349688.pdf> (accedido el 17/05/2013)

160 BORDEN, Margaret A., *Mind as machine: a history of cognitive science*, Oxford University Press, 2006, p. 781.

con fines militares); pero la visión artificial fue un paso más allá al establecer el objetivo de analizar semánticamente la imagen para recrear un modelo del espacio tridimensional en forma de parámetros procesables por un computador.

Durante finales de la década de 1960 y en la década de 1970 los primeros intentos de comprensión de imágenes consistieron en la detección de indicios para deducir la geometría 3D a la que correspondía cierto área de la imagen. En este caso el fragmento de mundo real contenido en la imagen plana se interpretaba como un conjunto de líneas y bordes con la intención de encontrar relaciones univocas entre esas líneas y la escena capturada por la cámara, que solía consistir en figuras geométricas sencillas. También se hicieron avances en la elaboración de algoritmos de correspondencia estereoscópica, con el fin de recoger información en tres dimensiones a partir de pares de imágenes. En la misma línea estaban los primeros trabajos para reconstruir espacios tridimensionales y a la vez calcular la trayectoria de una cámara a partir de vídeos con cambios de perspectiva.

En la década de 1980 gran parte de los esfuerzos se centraron en desarrollar modelos matemáticos y estadísticos complejos para el análisis cuantitativo de imágenes, como el

uso de imágenes piramidales a la hora de aplicar los análisis¹⁶¹. Se investigó también en el análisis de otras características de la imagen como degradados, enfoque, texturas, etc., para obtener nuevos indicios que permitiesen interpretar la escena. Los algoritmos de detección de bordes y contornos fueron mejorados y continuaron las investigaciones sobre la obtención de datos telemétricos del espacio en tres dimensiones (adquisición, fusión, modelado, y reconocimiento).

En la década de los 1990 continuó la exploración en los temas planteados anteriormente, algunos de los cuales recibieron más atención, como la reconstrucción tridimensional a partir de secuencias de imágenes con cambio de perspectiva (*structure from motion*), o el análisis del flujo óptico (movimientos que se producen en los píxeles a lo largo de una secuencia de imágenes). Se produjeron importantes avances en la detección de patrones (como caras de personas) por medio de entrenamientos de modelos estadísticos, en el *tracking* o seguimiento de contornos, y en la reconstrucción completa de modelos tridimensionales de objetos y escenas a partir de múltiples vistas.

161 Las imágenes piramidales son representaciones multidimensionales de imágenes que se muestrean y evalúan repetidas veces (imagínese una imagen que es reducida en tamaño sucesivas veces, y que cada una de las reducciones supone la capa de una pirámide, desde la original en la base hasta la más reducida en la punta).

Otro área de interés en boga, planteada desde los comienzos de la visión artificial, fue la segmentación de imágenes (identificar las diferentes áreas o zonas de una imagen para analizarlas e interpretar las relaciones que tiene entre sí).

Una de las evoluciones más notables de esta década se produjo en el aumento de la investigación conjunta en visión artificial y gráficos por computador, con el uso y la manipulación gráfica de los modelos tridimensionales obtenidos del mundo real, la reconstrucción de imágenes panorámicas a partir de fotografías individuales, etc.

En la década del 2000 ha continuado la interrelación entre los campos de visión y visualización gráfica, compartiendo técnicas y algoritmos que en un caso sirven para el análisis y en el otro para la generación de gráficos, como el uso de imágenes de alto rango dinámico (HDR, del inglés High Dynamic Range) por medio de la adquisición de imágenes con distintas exposiciones.

Otra tendencia notable durante la pasada década ha sido la aparición de técnicas basadas en la detección de singularidades en las imágenes (las áreas o puntos más significativos de la imagen y que pueden aportar mayor información a la hora de intentar identificarla) para el reconocimiento de objetos.

La última tendencia que impera en gran cantidad de investigaciones de reconocimiento de imágenes es la aplicación de técnicas sofisticadas de aprendizaje artificial en

los problemas de visión por computador. Esta tendencia coincide con el aumento en la disponibilidad en Internet de grandes cantidades de datos clasificados que facilitan el entrenamiento de los sistemas para reconocer determinados objetos reduciendo la necesidad de supervisión humana durante el proceso.

2.3.2 Ámbitos de aplicación

La visión artificial es una herramienta flexible que actualmente se usa en multitud de campos y aplicaciones, y cuyo potencial permitirá en el futuro desarrollar productos, procesos industriales y experiencias que ahora tan solo podemos imaginar¹⁶².

Entre los campos de aplicación y utilidades en uso hoy en día, podemos encontrar las que se enumeran en la siguiente lista, que no pretende ser exhaustiva:

- Reconocimiento óptico de caracteres (OCR, del inglés Optical Character Recognition), como por ejemplo lectura de códigos postales escritos a mano en las cartas, o el reconocimiento automático de matrículas de vehículos.

¹⁶² Para consultar una lista más amplia de aplicaciones de visión artificial, se pueden consultar las siguiente página: <http://www.cs.ubc.ca/~lowe/vision.html> (accedida a 5 de junio de 2013)

- Reconstrucción de modelos tridimensionales con fotografías (fotogrametría), como la reconstrucción completa de forma automática de modelos topográficos tridimensionales a partir de fotografías aéreas.
- Control de procesos, por ejemplo de la manipulación mecánica realizada por robots industriales.
- Navegación de vehículos autónomos o de robots.
- Detección de eventos, como recuento de personas, monitorización de niveles de tráfico, detección de intrusos o prevención de ahogamientos en piscinas.
- Organización de información, como indexación de bases de datos de imágenes o secuencias de imágenes.
- Modelado de objetos y entornos, como análisis de imágenes médicas para ayuda al diagnóstico o preparación de intervenciones quirúrgicas.
- Interacción humano-computador o HCI (del inglés Human Computer Interaction), con dispositivos que nos permiten controlar e interactuar con nuestros computadores y ayudan, por ejemplo, a personas discapacitadas a manejar sus ordenadores con el movimiento ocular, o permiten a artistas añadir detección e interacción a sus piezas e instalaciones.

- Seguridad vial, con automóviles que detectan obstáculos inesperados durante la conducción.
- Gestión logística, con reconocimiento de objetos en líneas de distribución.
- Efectos especiales, con técnicas como match move (correspondencia de movimientos) y mocap (captura de movimientos), que permiten la integración de material audiovisual convencional con imágenes generadas por computador.
- Reconocimiento óptico de huellas dactilares para control de acceso o aplicaciones forenses.
- Autenticación visual por medio de reconocimiento facial.
- Etc.

En el campo del audiovisual, tanto de carácter artístico como educacional o de difusión, también han sido utilizadas extensamente estas técnicas, tal como expondremos detalladamente más adelante.

2.3.3 Desarrollos artísticos

Por cuestiones prácticas dejaremos para otro estudio una recopilación extensa de piezas y autores que utilizan herramientas de visión artificial.

En este campo Myron Krueger es el pionero, en múltiples aspectos: en el uso (y desarrollo) de técnicas de visión artificial en el campo del arte, en la experimentación en nuevas formas narrativas basadas en la interactividad, en reconocer la potencialidad de la "realidad artificial", en reevaluar la postura del artista como generador de experiencias estéticas, etc.

Myron comienza a experimentar con sistemas artísticos fascinantes basados en la visión artificial durante el desarrollo de la instalaciones METAPLAY (1970) y PSYCHIC SPACE (1971). En ellas los participantes podían interactuar con el espacio a través de cámaras de vídeo y proyecciones, de manera que asumían la figura de su avatar virtual presente en la pantalla. Estas experiencias con el público, propiciaron el desarrollo del que se convirtió en su instalación más emblemática, VIDEOPLACE (1972), que se adelantaba a su tiempo con nuevos conceptos de interactividad y presencia virtual, sin que el usuario se viese restringido por la necesidad de vestir dispositivos como gafas o guantes.

En relación a estos trabajos, podríamos preguntarnos si CVCinema es una instalación interactiva con "realidad artificial" según la concebía Krueger. Pero lo cierto es que no es adecuado examinar la instalación con respecto a estos criterios, ya que el propósito del sistema no es generar una interacción en la que el participante modifique conscientemente el output del sistema, según unas reglas que el humano va descubriendo a medida que interactúa. En

vez de esto, lo que se pretende es que el espectador realice su cadena de acciones independientemente del sistema, y que éste reaccione a este comportamiento "normal" generando respuestas audiovisuales sin esperar ninguna retroalimentación y sin mostrar las relaciones causa-efecto que se producen en el proceso. Si bien es cierto que en ocasiones, durante el funcionamiento del sistema se producen momentos de interacción en los que algún espectador "jugaba" realizando movimientos para ver el resultado de estos en la pantalla, estas interacciones son circunstanciales y no vienen definidas por el comportamiento del sistema, que no propicia el diálogo con los asistentes, sino más bien una especie de observación. Las personas que llenan la sala son entidades observadas, objetos de la atención, pero atención a distancia, como la atención prestada por los dioses griegos que observaban los quehaceres de los humanos desde el Olimpo.

Desde que Krueger abriera camino en la aplicación de la visión artificial en el campo de la interacción humano-computador han pasado bastantes años hasta que otros artistas aprovecharan para sus obras los beneficios de estas técnicas. En las últimas décadas, gracias a que se ha facilitado el acceso a este tipo de tecnología y a que las iniciativas de software libre han permitido usar utilidades de visión artificial desarrolladas para otros proyectos, sobre todo en aplicaciones en las que se requería detección de presencia o movimiento, ambas funcionalidades básicas en la disciplina

de visión artificial¹⁶³. Algunos de los ejemplos más relevantes de obras y artistas que incorporan este tipo de tecnología son *Suicide Box* de el Bureau of Inverse Technology (1996), *Messa di Voce* de Golan Levin and Zachary Lieberman (2003), David Rokeby's *Sorting Daemon* (2003), *Cheese*, de Christian Möller (2003), *Standards and Double Standards* de Rafael Lozano-Hemmer (2004), *Audience* de Random International (2008), *The New Artist* de Axel Strachnoy (2008) en colaboración con varios roboticistas de la Carnegie Mellon University, *Hand from above* de Chris O'Shea (2009), *Action/Musique* de Petronio A. Bendito (2010), entre otros.

163 LEVIN, G. *Computer Vision for Artists and Designers: Pedagogic Tools and Techniques for Novice Programmers*. Journal of Artificial Intelligence and Society, Vol. 20.4. Springer Verlag, 2006.

3. COMPUTER VISION CINEMA

El planteamiento original a la hora de desarrollar un prototipo que permitiese evaluar el potencial expresivo del uso de herramientas de visión artificial en el campo audiovisual, es el de crear nuevos criterios de decisión con respecto al qué y al cómo registrar, procesar y producir audiovisuales a partir de un escenario determinado. Estos nuevos criterios trasladan la tarea de decidir a algoritmos de visión artificial que tomamos prestados de otros campos en los que se aplican de forma habitual, como la robótica, la vigilancia, el control de calidad, etc.

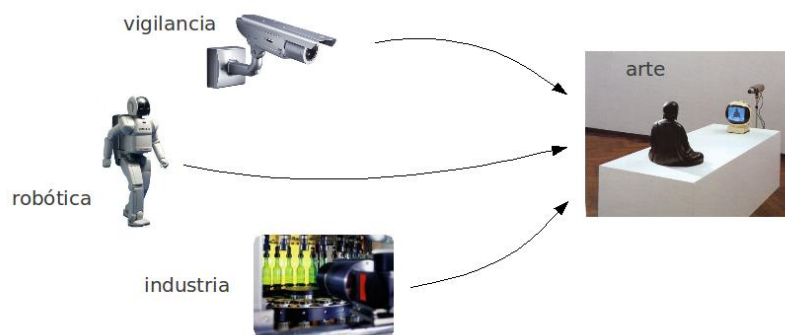


Fig. 5. Utilización de herramientas de visión artificial en el arte.

Dado que nos movemos en el contexto de BB.AA., los algoritmos que utilizamos son básicos, dentro del abanico de posibilidades que ofrece la visión artificial. Es, además, más económico y prudente partir de una menor complejidad, y

avanzar una vez que se experimente con las técnicas más sencillas.

Para propiciar la aparición de resultados audiovisuales novedosos, la forma en que establecemos los criterios de decisión trata de minimizar el nivel de intervención humano, es decir, nuestro nivel de intervención en la decisión que toma el sistema al elegir qué se muestra en cada momento como *output*. Es evidente que es imposible evitar por completo la, llamémosla así, *contaminación humana* en este proceso de decisión, ya que en última instancia hemos sido los investigadores los que hemos "decidido cómo debe decidir" el sistema. Si nos fuésemos al extremo de la ausencia de intervención nos encontraríamos en la mera aleatoriedad. Este sería un nivel mínimo de intervención, pero también de comprensión, lo cual poco favorece a la generación y transferencia de conocimiento, fin último de toda investigación académica. Pero entendemos que se reduce en gran medida la contaminación haciendo una transposición lo más directa posible de los algoritmos desde los campos de aplicación originales a nuestro área de interés. De manera que finalmente *decidimos* hacer una suerte de mapeado o correspondencia entre lo que llamamos "objeto de interés" de cada algoritmo de visión artificial utilizado y la correspondiente decisión con respecto al material audiovisual a seleccionar como *output*.

Como podemos observar este tipo de cesión de la responsabilidad creativa en el medio se corresponde con las

tres formas en que los referentes analizados¹⁶⁴ ceden también el control en menor o mayor medida, y que recordamos a continuación:

- Forma 1: estableciendo de antemano una serie de normas o reglas que debe cumplir una parte del proceso de realización del film y que funcionan a modo de algoritmo director.
- Forma 2: mostrando “lo que el medio ve”, al reducir el resultado a aquello que establezca una relación visible y directa entre el mismo y las características técnicas del dispositivo.
- Forma 3: utilizando medios técnicos que generen un resultado que escapa total o parcialmente al control del humano.

En el siguiente esquema puede verse la secuencia de tareas aplicadas por el sistema para ejecutar su función. Primero, en la etapa de visión artificial, se realizan los pasos propios del algoritmo que corresponda, procesando los datos obtenidos del sensor que se está utilizando. Posteriormente, conforme a los criterios de decisión, se evalúa la escena (tal como la ve el algoritmo) y se establecen los parámetros de adquisición. Estos se traducen en órdenes concretas, que pueden ser movimientos de motores, la selección de una zona de la escena en particular a partir de un plano más general, etc.,

164 Véase el punto 2.1.2 *Antecedentes artísticos*, pág. 45

dependiendo de la naturaleza de los dispositivos usados como input.

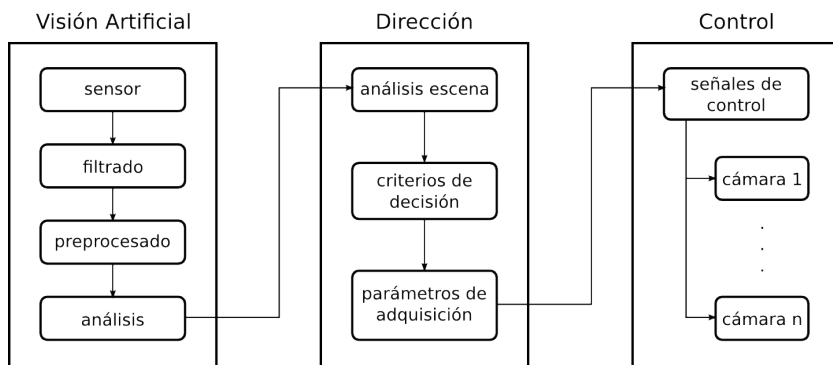


Fig. 6. Secuencia de tareas realizadas por el sistema.

3.1 MATERIA, DISPOSITIVOS Y ALGORITMOS

La materia de partida sobre la que trabajan los algoritmos de visión artificial son datos obtenidos de dispositivos físicos sensibles a diferentes espectros y tipos de ondas electromagnéticas¹⁶⁵ que comúnmente llamamos luz. Los espectros pueden ser visibles o no al ojo humano, y el funcionamiento de los sensores puede basarse en luz estructurada o no estructurada¹⁶⁶. En cualquier caso los datos parten de un nivel de abstracción inicial bajo, más directamente relacionados con la materia lumínica de la que proceden y, al ser tratados con las herramientas informáticas que los humanos hemos desarrollado, van derivando en datos más abstractos, correspondientes a nuestra interpretación y comprensión del universo. Si en un proceso utilizamos un sensor del que al principio obtenemos píxeles con un color determinado, al acabar el proceso y según los pasos que hayamos dado, obtendremos datos espacio-temporales (posición, volumen, velocidad,

165 No entraremos aquí en cuestiones como la naturaleza de la luz, que aún plantea incógnitas y que corresponden investigar a científicos de otros campos.

166 La luz estructurada es aquella que se organiza en un patrón determinado, y que normalmente se proyecta sobre la escena para luego obtener información a partir del análisis de las deformaciones que se observan en dicho patrón cuando incide en las superficies sobre las que se proyecta.

aceleración, etc.) o incluso datos semánticos como “un vehículo ha infringido una norma de tráfico”.

Tal como mencionamos anteriormente, aquí nos limitaremos a los procesos más básicos, dejando para futuras investigaciones la generación de correspondencias entre, por ejemplo, datos semánticos y output audiovisuales.

Desde el punto de vista técnico, y en lo que se refiere al funcionamiento de nuestro sistema, la estrategia empleada es la de atribuir objetos de interés y nivel de interés a los datos obtenidos tras el proceso de visión artificial. Así, por ejemplo, si de un proceso se obtienen las posiciones (x,y) de las áreas o *blobs*¹⁶⁷ de píxeles de una imagen que han experimentado cambios en el tiempo, establecemos que el objeto de interés de ese proceso es la cantidad de cambio, y que el nivel de interés lo constituyen el valor de esa cantidad de cambio y el tamaño del área que ha cambiado. La manera en la que esta información se traduce en ordenes que luego permiten registrar imágenes depende de los dispositivos usados en una configuración concreta del sistema, aunque en

167 El término *blob* es de uso común en el contexto de procesado de datos. Se traduce como masa de datos, entendida como conjunto de elementos que forman una unidad al ser evaluados con un determinado criterio, como por ejemplo similitud y proximidad espacial. Un *blob* o masa de píxeles de una imagen será normalmente un conjunto de píxeles adyacentes del mismo o similar color.

cualquier caso lo que se obtiene finalmente son siempre imágenes¹⁶⁸.

Estos planteamientos genéricos se materializan en forma de prototipos al configurar el sistema en base a los sensores y los algoritmos a los que tenemos acceso y a los conocimientos de los que disponemos para nuestra experimentación.

Como dispositivos sensores 2D contamos con cámaras de vídeo convencionales de diferentes características y capacidades, que proporcionan datos bidimensionales del espectro visible captado, organizados en fotogramas consecutivos, cada uno con una resolución o cantidad de píxeles determinada. La capacidad de actualización o refresco de fotogramas es seleccionable y varía de un dispositivo a otro entre los 15 y los 120 fotogramas por segundo (fps), aunque el valor más habitual es el de 30 fps. De los fps del sensor, junto con el proceso realizado y la capacidad de computación de los equipos informáticos, dependerán, la velocidad de procesado y el tiempo de respuesta del sistema a los cambios que se producen en escena. Este tiempo de respuesta es el que determinará si

¹⁶⁸ Al utilizar datos de herramientas de visión artificial, observamos que tanto la materia de partida como la materia generada, aunque no siempre del mismo espectro, son ambas de naturaleza lumínica. Analizamos características de la luz de una escena para luego registrar de cierta manera la luz de un área en concreto. Finalmente lo que producimos es una serie de datos organizados en una cadena de imágenes consecutivas, que al ser observadas evocan un fragmento del pasado de un espacio-tiempo determinado.

una configuración determinada de sensor+proceso se puede usar en tiempo real¹⁶⁹ o solamente sirve para procesar material grabado previamente.

Como dispositivo sensor 3D contamos con una cámara Kinect, periférico de la vídeo consola Xbox 360, de Microsoft. Los sensores 3D proporcionan información espacial tridimensional del entorno que cubre su rango de trabajo. Los datos suministrados son una serie de coordenadas (x,y,z) correspondientes a puntos concretos de las superficies de los objetos del espacio real de la escena. Analizando esa *nube de puntos* se puede extraer información precisa con diferentes niveles de abstracción según la complejidad de las técnicas empleadas. Por ejemplo, una aplicación típica, en el caso del sensor Kinect, es la que analiza la nube de puntos en busca de patrones que se correspondan con la posición de una persona en el espacio y, tras detectar la pose del usuario, permite que este interactúe con sus propios movimientos en el mundo virtual de un videojuego.

169 El retraso máximo para considerar que un sistema trabaja o no en tiempo real varía según el contexto. En un sistema interactivo se suele considerar una respuesta en tiempo real aquella que tarda menos de medio segundo en producirse. Sin embargo, en nuestros experimentos, hemos comprobado que el retraso aceptable depende de la naturaleza de un sistema en concreto y de la tasa de cambio de los estímulos a los que responde. Por ejemplo, pudimos comprobar que una cámara motorizada de videovigilancia que tardaba medio segundo en comenzar a moverse desde que se le enviaba un comando de posición no proporcionaba una respuesta suficientemente rápida como para seguir los movimientos de una persona en escena, manteniéndola siempre en el centro del encuadre.

En cuanto a los algoritmos de visión artificial, existen gran cantidad de ellos a disposición pública, tanto en bibliotecas de software (como OpenCV¹⁷⁰, PCL¹⁷¹, etc.) como en publicaciones científicas o páginas web especializadas. Dado el extenso abanico de posibilidades, volvemos a recurrir al criterio “de menos a más” seleccionando en este caso técnicas básicas de detección de movimiento.

170 OpenCV es una biblioteca de código libre de visión artificial originalmente desarrollada por Intel. Desde que apareció su primera versión alfa en el mes de enero de 1999, se ha utilizado en infinidad de aplicaciones. Desde sistemas de seguridad con detección de movimiento, hasta aplicativos de control de procesos donde se requiere reconocimiento de objetos. Esto se debe a que su publicación se da bajo un tipo de licencia que permite que sea usada libremente para propósitos comerciales y de investigación con las condiciones en ella expresadas. Mas información: <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>

171 The Point Clouds Library (PCL), es un proyecto independiente a gran escala de software libre para el procesado 2D/ 3D de imágenes y nubes de puntos. A raíz del proyecto PCL se ha creado, en abril de 2012, la fundación Open Perception, con el fin de promover la generación de conocimiento abierto sobre percepción artificial. Más información en <http://pointclouds.org>, y en <http://www.openperception.org/>

3.2 PROTOTIPOS

De entre todas las posibles configuraciones del sistema, hemos desarrollado dos prototipos.

3.2.1 Prototipo 1

En este experimento hemos aplicado al campo audiovisual varios algoritmos de visión artificial ampliamente usados en áreas como la gestión de la calidad de productos industriales, la videovigilancia o la robótica, entre otros. Además hemos combinado dos de estos algoritmos para verificar la efectividad de aplicarlos a la vez. Por último hemos aplicado también una variante más novedosa de uno de los algoritmos, elaborada gracias a los avances en la investigación en este campo en los últimos años.

El desarrollo del prototipo consiste en el diseño y la programación de un sistema informático que recibe como *input* un flujo de imágenes de entrada (ya sea en vivo, por medio de una cámara de vídeo de alta definición o en diferido, desde archivos de vídeo almacenados previamente), realiza un procesamiento de los fotogramas de entrada como imágenes independientes (aplicando los algoritmos y el mapeo establecidos), y produce como *output* un flujo de imágenes de salida.

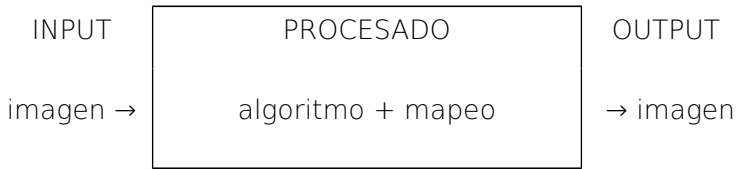


Fig. 7. Esquema de funcionamiento del Prototipo 1.

El mapeo o correspondencia entre la entrada y la salida consiste en un reencuadre a modo de mirada, similar al que haría un director de cine al seleccionar la orientación de la cámara y el tamaño de plano para fijar la atención en un elemento o zona del escenario. Básicamente se trata de determinar qué porción de universo visible se mostrará a la salida del sistema, dentro de las posibilidades técnicas disponibles. Como ya hemos mencionado, este mapeo parte de la reflexión de que, en sus campos de aplicación habitual, las técnicas de visión empleadas “fijan su atención” sobre determinadas zonas de la imagen analizada, según su “objeto de interés” (brillo, movimiento, etc.).

La combinación de técnicas de visión artificial que utilizamos producen información acerca de diferentes zonas de la imagen que captan. Por ejemplo, en el caso de los algoritmos utilizados para la detección de movimiento, obtenemos una lista de datos que describen zonas o blobs de la imagen que se han movido. Esta información se clasifica generalmente por cantidad de movimiento y por tamaño de la zona en movimiento. Esto permite realizar varios tipos de mapeo o correspondencia entre la información proporcionada por los

algoritmos de visión artificial y la imagen de salida. Podemos, por ejemplo, establecer que se encuadre la zona con mayor cantidad de movimiento o la mayor zona en movimiento. Además, al obtener datos de más de una zona/ blob, también aparece la posibilidad de utilizar los datos de varios blobs en conjunto para establecer el mapeo, por ejemplo, priorizando el encuadre en el centro de un grupo de blobs o generando un canal de salida para cada uno de ellos. Otra de las opciones de las que disponemos es la de utilizar datos como el tamaño de los blobs para realizar el reencuadre, de manera que se genere una especie de zoom variable al cambiar el tamaño de la zona; o por el contrario podemos escoger un tamaño zoom fijo y que solamente cambie el punto de la imagen de entrada en la que se centrará el encuadre de la imagen de salida.

En nuestro prototipo 1 hemos experimentado con diferentes mapeos para evaluar los resultados que se producen, tal como explicaremos con detalle más adelante.

Dado que los resultados del análisis varían con cada cambio en los fotogramas de entrada, el vídeo producido por el sistema a la salida experimenta un reencuadre cambiante, generando a los ojos del espectador efectos de movimiento aparente de cámara (panorámicas y zoom), de manera análoga a los que haría un operador de cámara, o efectos de montaje en corte, de manera análoga al trabajo de un montador de cine.

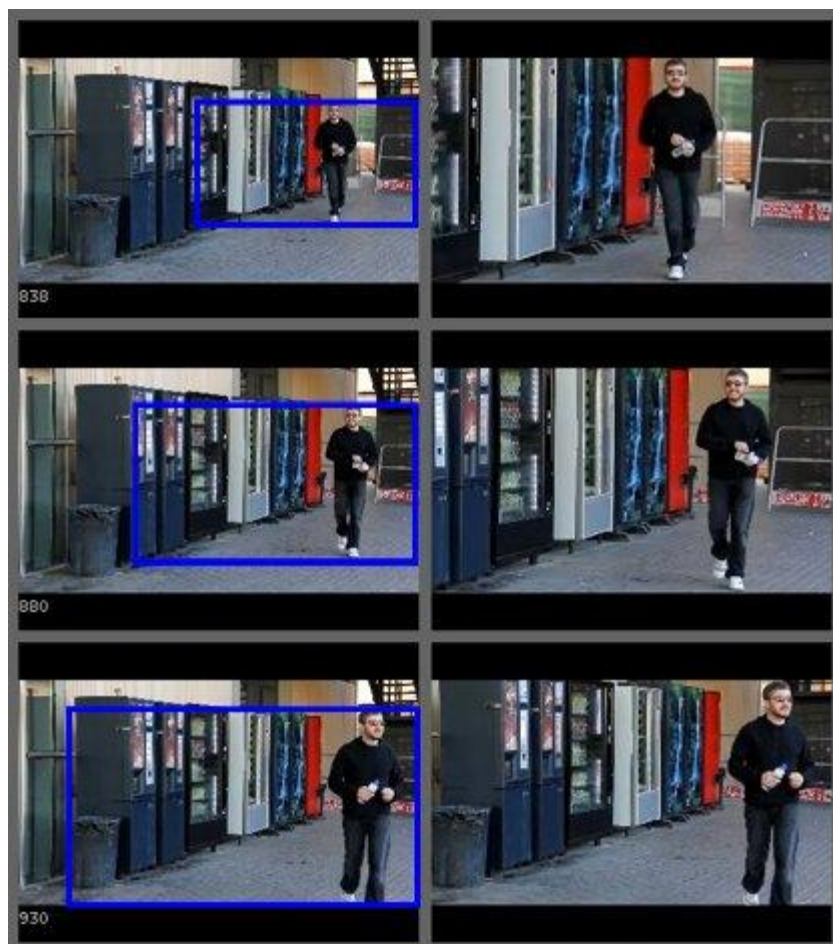


Fig. 8. Detección y reencuadre. Al establecerse como condiciones que la proporción de cuadro sea constante (16:9), que el reencuadre permanezca dentro de los límites de la imagen original, y que se adapte el zoom para abarcar la figura en movimiento, el reencuadre genera, aparentemente, un movimiento y un zoom de cámara.

La estrategia de realizar un reencuadre partiendo de una imagen de entrada con encuadre fijo permite comenzar a experimentar de manera inmediata, al evitar el desarrollo o la programación de un sistema mecánico de movimiento de cámara y los posibles problemas de implementación que pudieran surgir. Resulta evidente que las imágenes de entrada serán más favorables cuanto mayor campo de visión ofrezcan, o sea, tomadas con objetivos de focales cortas, ya que un campo amplio equivale a un rango de movimiento mayor en los reencuadres. También resulta conveniente partir de una imagen con la mayor resolución posible, pues la forma de reencuadrar una zona de la imagen es por medio de la selección de un subconjunto de píxeles, cuya posterior ampliación va en detrimento de la calidad de la imagen de salida.

Los pasos comunes para obtener la imagen de salida a partir de la de entrada son:

- 1) Aplicación de la técnica propia de cada algoritmo.
- 2) Aplicación de los filtros genéricos necesarios para favorecer la detección de las zonas de interés, concretamente los filtros de umbral, erosión y dilatación.
- 3) Aplicación de la herramienta de detección de blobs de OpenCV.
- 4) Recorte de la imagen original de entrada en base al mapeo seleccionado.

Aunque los pasos 2 y 3 son comunes a todos los algoritmos utilizados en este prototipo, generalmente se consideran como operaciones pertenecientes a los algoritmos cuando estos se utilizan como herramientas de detección de movimiento o presencia.

Algoritmos

Los algoritmos que hemos implementado en el Prototipo 1, siguiendo un orden creciente de complejidad, son: Brightness Thresholding, Frame Differencing, Background Subtraction, una combinación de Frame Differencing y Background Subtraction, y por último una versión avanzada de Background Subtraction¹⁷².

Brightness Thresholding

En primer lugar aplicamos el algoritmo de seguimiento por brillo *Brightness Thresholding*, que detecta aquellas zonas más brillantes del vídeo y establece el reencuadre de la imagen centrando la atención en las mismas. El algoritmo consiste en aplicar directamente un filtro de umbral o *threshold*, que convierte el fotograma analizado en una

¹⁷² Aunque se puede nombrar perfectamente estos algoritmos en castellano (por ejemplo Sustracción de Fondo, etc.), en el contexto de visión artificial es más común usar los términos en inglés.

imagen binaria en base al umbral establecido. Este umbral determina a qué píxeles se les asignará un valor 100% negro (aquellos cuyo valor de brillo esté por debajo del umbral) y a los que se les asignará un valor de 100% blanco (aquellos cuyo brillo sea superior o igual al valor del umbral). El resultado de esta operación de preprocesado es una imagen completamente negra a excepción las manchas blancas correspondientes a los píxeles de la imagen original que superaban el umbral de brillo seleccionado.



Fig. 9. Brightness Thresholding. A la izquierda se encuentra el fotograma analizado y a su lado el resultado del análisis de brillo, donde las manchas blancas corresponden a las zonas de la imagen original con un valor de brillo superior al umbral establecido.

A continuación es habitual aplicar una etapa posterior de filtrado para eliminar de la imagen binaria aquellas manchas cuyo tamaño sea irrelevante para el propósito del análisis (como por ejemplo las que provienen del ruido generado por el sensor de vídeo de la cámara).

El filtrado más común se realiza por medio de la combinación de dos operaciones, primero una erosión (filtro *erode*) y después una dilatación (filtro *dilate*), ambas incluidas entre los filtros básicos de imagen implementados en OpenCV. La operación de erosión tiene como resultado la reducción del contorno de las áreas rodeadas de píxeles de un mismo color, de manera que las áreas de reducido tamaño desaparecen completamente tras varias erosiones. Dado que las áreas más grandes también experimentan una reducción, tras erosionar la imagen se aplica una o varias operaciones de dilatación, que tienen un resultado opuesto a la erosión, o sea, amplían el contorno de las áreas rodeadas de píxeles de un mismo color. Como las manchas más pequeñas han desaparecido completamente tras la erosión, al aplicar las dos operaciones consecutivamente los que tendremos es una imagen libre de ruido.

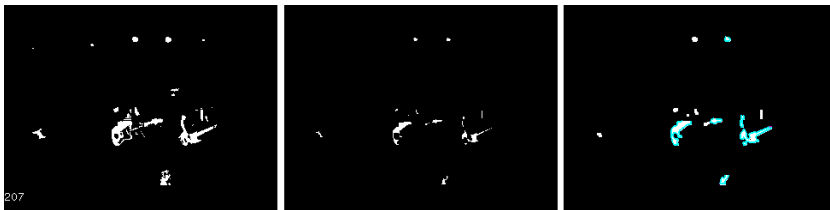


Fig. 10. Aplicación de los filtros para la eliminación del ruido y favorecer la posterior detección. De izquierda a derecha: imagen binaria, tras aplicar el filtro *erode* y finalmente tras aplicar el filtro *dilate*. Se puede observar que la mayor parte de pequeñas manchas aisladas desaparecen tras el filtrado.

La imagen binaria filtrada se procesa para detectar las áreas de píxeles adyacentes que superen el umbral de brillo, y sus dimensiones. Estos datos se usan luego para encuadrar esa zona del fotograma original y establecerla como imagen de salida.

Para la detección usamos las herramientas de procesamiento de imágenes que proporciona la biblioteca de programación OpenCV, comúnmente aplicadas en multitud de sistemas y campos, cuyo uso está ampliamente documentado. El uso de estas herramientas se ve simplificado en openFrameworks¹⁷³, que es el entorno en el que desarrollamos nuestra aplicación. Una herramienta de OpenCV particularmente útil es la de detección de blobs *cvFindContours*¹⁷⁴, ya que es capaz de localizar áreas de píxeles adyacentes del mismo color, proporcionando datos como las coordenadas del centro geométrico (centroide) de estas áreas o sus dimensiones. En su versión disponible en openFrameworks a través del *addon ofxOpenCv*¹⁷⁵ de, esta herramienta recibe el nombre *contourFinder*, y requiere varios parámetros que utilizamos

173 openFrameworks es una herramienta código abierto C++ diseñado para ayudar al proceso creativo, proporcionando un marco sencillo e intuitivo para la experimentación. Más información: <http://www.openframeworks.cc>

174 Para ampliar información sobre la herramienta *cvFindContours* de openCV: http://opencv.willowgarage.com/documentation/structural_analysis_and_shape_descriptors.html#findcontours (accedido el 14/05/2013)

175 Un *addon* es literalmente una funcionalidad añadida al contexto de desarrollo openFrameworks, que permite el acceso a librerías externas como OpenCV de forma más sencilla y con una nomenclatura estandarizada.

para determinar el resultado de la detección. Estos parámetros son: área mínima de la mancha, área máxima de la mancha y número máximo de blobs a detectar. Estableciendo valores adecuados de áreas, obtenidos por ensayo y error, podemos descartar las manchas pequeñas que han superado los filtros aplicados anteriormente, así como obviar la detección de zonas cuyo tamaño exceda unas proporciones razonables teniendo en cuenta el tamaño del plano. El número máximo de blobs se establece en 6, que también es el máximo número de canales en el que consideramos apropiado dividir el output.

Frame Differencing

Posteriormente realizamos experimentos con el algoritmo *Frame Differencing*, en los que comparamos fotogramas consecutivos por medio de una operación de sustracción llamada diferencia absoluta.

Se calcula la diferencia absoluta entre el valor de cada píxel del fotograma actual N y su valor en el fotograma N-1. El resultado es una imagen donde los píxeles más brillantes estarán en las zonas que han registrado un mayor cambio de un fotograma a otro, o sea, zonas cuyo color es diferente, lo cual implica en general que ha ocurrido un movimiento en dicha zona.

Esta imagen se convierte, al igual que con el algoritmo anterior, en una imagen binaria en base a un threshold o

umbral que establece el valor mínimo de cambio/ movimiento considerado por el análisis, es decir, lo mínimo que deben diferir los píxeles de una misma posición (x, y) en fotogramas consecutivos para que se considere movimiento, y no ruido.



Fig. 11. Pasos aplicados para la discriminación de movimiento con el algoritmo Frame Differencing. De izquierda a derecha. Arriba: fotograma actual, fotograma anterior y diferencia absoluta entre ambos. Abajo, tras aplicar sucesivamente umbral, erode y dilate.

Tras realizar un filtrado erosión-dilatación, la imagen binaria ya está lista para ser procesada con la herramienta de detección de blobs de OpenCV.

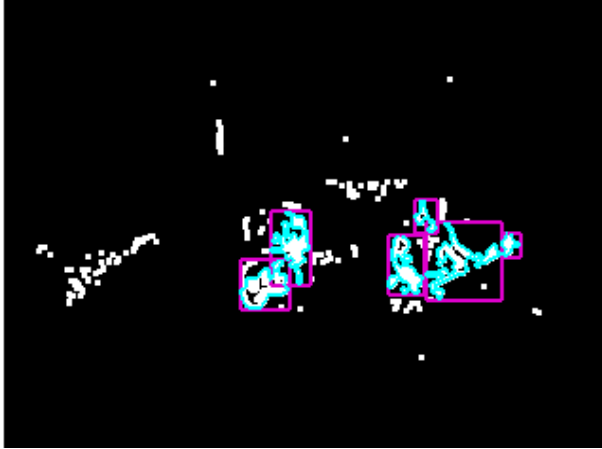


Fig. 12. Frame Differencing. Zonas con mayor movimiento detectadas.

Background Subtraction

El tercer algoritmo aplicado es el *Background Subtraction*, que funciona de manera similar al anterior, solo que compara cada fotograma con un fotograma inicial que se establece como fondo, y que consiste normalmente en la escena vacía, con los elementos que previsiblemente no se van a mover. De esta manera la diferencia de color detectada corresponde a las figuras que han entrado en escena *sobre el fondo*.



Fig. 13. Fig. 6. Background Subtraction. Fondo, fotograma actual y las diferencias detectadas.

Se aplican exactamente los mismos pasos que para el algoritmo Frame Differencing pero en vez de usar fotogramas consecutivos para calcular la diferencia absoluta se usa el fotograma actual y el fondo.

Frame Differencing + Background Subtraction

Tras aplicar estos dos algoritmos, Frame Differencing y Background Subtraction, comprobamos que de la combinación de ambos obtenemos unos resultados diferentes, ya que al fusionar las manchas que detecta el Background Subtraction se le añaden los contornos más definidos que aporta el Frame Differencing.

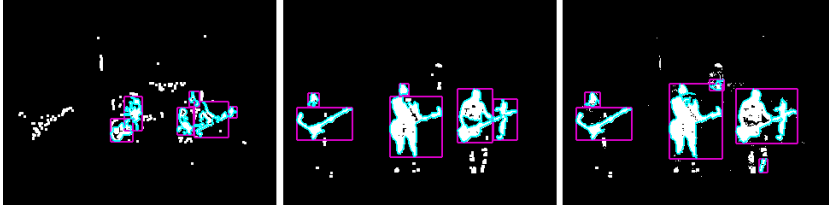


Fig. 14. De izquierda a derecha, diferentes resultados de detección obtenidos con Frame Differencing, Background Subtraction y la combinación de ambos.

Advanced Background Subtraction

Por último, hemos tenido la oportunidad de experimentar con algunos de los algoritmos de sustracción de fondo más sofisticados que se utilizan actualmente, con buenos resultados¹⁷⁶. Las estrategias de sustracción de fondo continúan siendo una importante línea para muchos grupos de investigación en visión artificial. Las técnicas más avanzadas tratan de resolver problemas que se presentan en diferentes aplicaciones, como los cambios graduales de iluminación que se producen en exteriores a lo largo del día (que hacen que el fondo de la escena evolucione y no se presente ante la cámara como era inicialmente) o los elementos que se mantienen sin cambios durante un largo periodo de tiempo (por ejemplo, un coche que estaciona

176 PARKS, D. H. and FELS, S. *Evaluation of background subtraction algorithms with post-processing*. IEEE International Conference on Advanced video and Signal-based Surveillance, Fairfax, Virginia, 2008. Versión en línea: <http://hct.ece.ubc.ca/publications/pdf/parks-fels-avss2008.pdf> (accedido el 29/7/13).

permanentemente, y que por lo tanto pasa a convertirse en fondo).

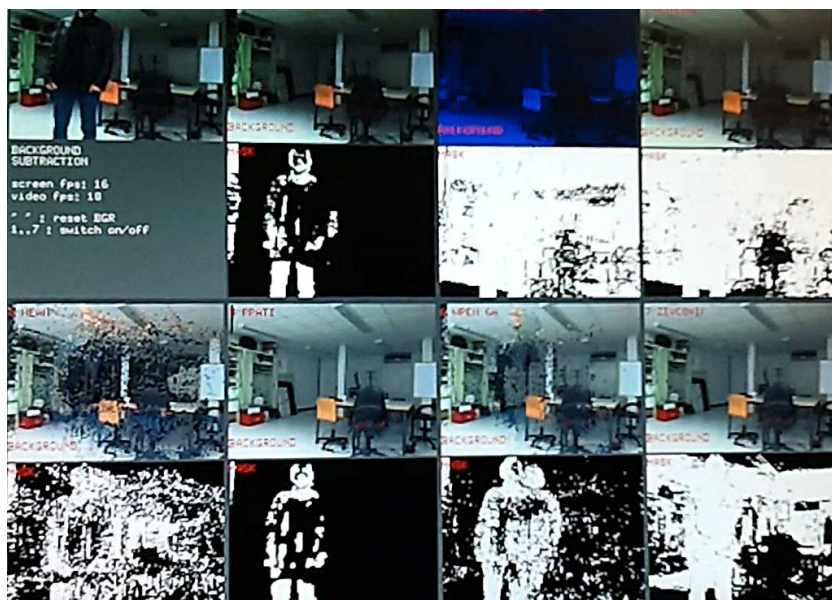


Fig. 15. Pantalla de la aplicación que desarrollamos para probar siete algoritmos avanzados de sustracción de fondo con openFrameworks.

De entre los algoritmos avanzados de sustracción de fondo hemos incorporado al prototipo 1 el *Gaussian mixture model*

(*GMM*) *background subtraction*^{177,178} del cual obtuvimos una implementación en código C++ disponible públicamente¹⁷⁹ que pudimos adaptar a nuestra aplicación realizada en openFrameworks. Este algoritmo realiza un análisis estadístico de la tasa de cambio de cada píxel en el tiempo, de manera que se actualiza el valor original de ese píxel en la imagen almacenada como fondo, para incluir en ella, por ejemplo, los elementos que se incorporan a la escena pero permanecen invariables durante determinado tiempo o para adaptar el fondo a cambios sutiles y progresivos de iluminación.

Como beneficio adicional de este proceso de experimentación, al adaptar el código original de los algoritmos avanzados de sustracción de fondo a openFrameworks para comprobar su funcionamiento y publicarlo en el blog del proyecto¹⁸⁰, hemos contribuido al desarrollo de una nueva herramienta de sustracción de fondo: ofxBackground, disponible para la comunidad de

177 ZIVKOVIC, Z., *Improved adaptive Gaussian mixture model for background subtraction*, International Conference Pattern Recognition, UK, agosto, 2004 .

178 ZIVKOVIC, Z., Heijden, F. van der, *Efficient Adaptive Density Estimation per Image píxel for the Task of Background Subtraction*, Pattern Recognition Letters, vol. 27, no. 7, pages 773-780, 2006. El código fuente de Zivkovic se puede obtener en: www.zoranz.net (accedido el 5/5/2012).

179 Código fuente disponible en: <http://dparks.wikidot.com/source-code> (accedido el 13/6/2012).

180 El blog o bitácora en línea del proyecto se puede consultar en la página: <http://www.cvcinema.com> (activo a 29/7/13).

desarrolladores independientes, y a la que se han incorporado estos algoritmos avanzados.

Aunque en el momento de desarrollar el prototipo no existían funcionalidades similares a las que proporcionan los algoritmos avanzados de sustracción de fondo con los que hemos podido experimentar, actualmente las últimas versiones de OpenCV ya incorporan esta posibilidad.

Mapeo

El reencuadre de la salida se alinea de tal manera que en el centro del cuadro se encuentre el centroide que nos indica la detección de blobs, al ser el punto en el que “centra su atención” esta herramienta. Además hemos decidido establecer otras dos condiciones: la primera es que la proporción de cuadro sea constante y coincida con la de entrada (4:3, 16:9, etc.); la segunda, que no se produzcan imágenes de salida parciales.

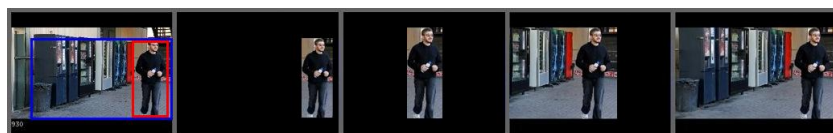


Fig. 16. Varias posibilidades de reencuadre. Hemos escogido la opción que se muestra a la derecha, al seleccionar un área de las mismas proporciones que la imagen de entrada, restringirla a los límites del marco de la misma, y ampliarla hasta ocupar todo el marco de salida.

Las dimensiones del blob se aprovechan para establecer el parámetro de zoom del reencuadre, de manera que podemos adaptar el tamaño de cuadro al blob detectado.

Otra capacidad de la detección de blobs que hemos aprovechado, tal como mencionamos anteriormente, es la de proporcionar una lista ordenada de blobs detectados, en este caso, por tamaño de blob para generar distintos tipos de salida según el mapeo realizado. Podemos, por ejemplo, trabajar solamente con el blob más significativo, lo que hemos denominado *monoblob*, o trabajar con todos los blobs de la lista, lo que denominamos *multiblob*.

Trabajar con más de un blob, nos da varias opciones más de mapeo. Podemos generar una salida *multicanaal*, compuesta por tantos canales como blobs haya en la lista, o una salida *monocanal*, en la que el encuadre se adapta al centroide del conjunto de blobs de la lista, en lugar de centrarse en el del blob más significativo.

A su vez, independientemente del número de canales que generamos, el reencuadre puede ser con zoom fijo o variable, de manera que se adapte para abarcar la totalidad del blob/conjunto de blobs o que simplemente se establezca un tamaño de zoom fijo. A continuación mostramos las diferentes posibilidades de mapeo que se generan con estas opciones.

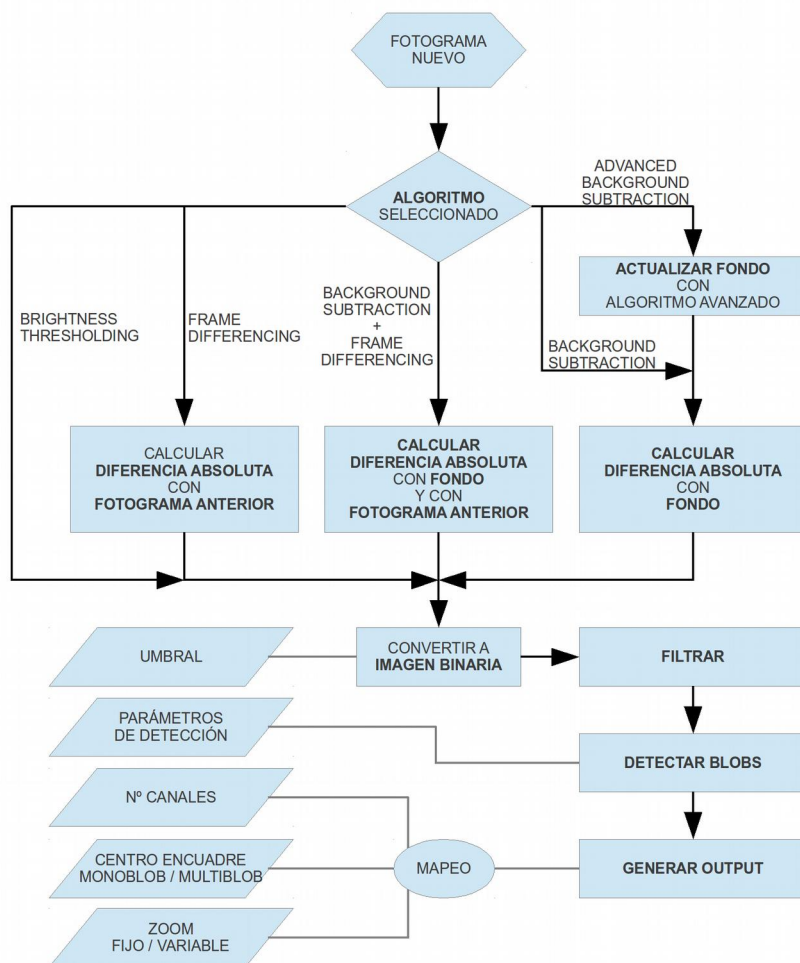


Fig. 17. Diagrama de flujo del prototipo 1

En total con los cinco algoritmos implementados y con las opciones de mapeo establecidas se generan un total de 30 posibles combinaciones que generan otras tantas salidas.

Una de las principales diferencias de comportamiento que se observan es la que se produce al modificar el valor del filtro de umbral de la binarización, especialmente en los algoritmos que contienen Frame Differencing y Brightness Thresholding. Al cambiar este valor variamos el tamaño de las manchas que se analizan en la detección, y por lo tanto el número de manchas que entran en el rango establecido de área mínima y máxima de blob. Esto también hace que los valores más extremos de umbral favorezcan que los blobs detectados tengan tamaños similares y las pequeñas variaciones de tamaño en fotogramas consecutivos generen cambios de reencuadre con más frecuencia, al variar la jerarquía de tamaños de blobs. Además, especialmente si se selecciona un mapeo monoblob centrado en el blob más grande, al cambiar el centro del reencuadre del centroide de un blob a otro, el cambio de la imagen de salida produce un efecto de montaje al corte. Otros valores de umbral menos extremos hacen que los blobs mantengan sus áreas más constantes en fotogramas consecutivos y que por lo tanto los blobs mantengan su puesto en la jerarquía que los ordena por tamaños. Esto hace que el reencuadre cambie cuando se desplace o cambie de tamaño el blob más significativo generando a la salida movimientos aparentes de cámara.































ALGORITMO	MAPEO			
	ZOOM	ENCUADRE		
		A	B	C
BRIGHTNESS THRESHOLDING	FIJO			
	VARIABLE			
FRAME DIFFERENCING	FIJO			
	VARIABLE			
BACKGROUND SUBTRACTION	FIJO			
	VARIABLE			
BACKGROUND SUBTRACTION + FRAME DIFFERENCING	FIJO			
	VARIABLE			
ADVANCED BACKGROUND SUBTRACTION	FIJO			
	VARIABLE			

Fig. 18. Treinta posibles salidas del sistema según la combinación de algoritmo + mapeo. Los encuadres son: A) monocanal y centroide del mayor blob, B) monocanal y centroide del conjunto de blobs y C) multicanal centroide de cada blob.

La implementación del sistema se realizó inicialmente en el entorno de programación Processing¹⁸¹, basado en el lenguaje Java. Tras realizar los primeros test pudimos observar que el lenguaje Java no proporcionaba el rendimiento esperado, de manera que decidimos migrar el código al lenguaje de programación C++, que ofrece mejores resultados y permite realizar experimentos en tiempo real. Gracias a la iniciativa de desarrollo comunitario openFrameworks, orientada a artistas-programadores, pudimos trasladar la implementación del sistema a este lenguaje contando con el apoyo de la comunidad de desarrolladores que facilitan la programación aportando bibliotecas con utilidades para acceder a los fotogramas de las cámaras y realizar los experimentos.

3.2.2 Prototipo 2

El lanzamiento al mercado, a finales de 2010, del sensor 3D para videojuegos "Kinect" por parte de Microsoft, y el posterior descifrado de su flujo de datos por la comunidad de desarrolladores independientes ha supuesto una revolución en el mundo de la visión artificial. No es que no existiesen con anterioridad métodos y dispositivos capaces de proporcionar mediciones tridimensionales de un espacio,

181 Processing es un lenguaje de programación, entorno de desarrollo y comunidad *online* que ha promovido desde el 2001 la cultura del software dentro de las artes visuales. Mas información: <http://processing.org/>

sino que cualquier alternativa resultaba o demasiado lenta e imprecisa como para permitir un uso eficaz, o demasiado costosa como para que la mayoría de grupos de investigación invirtiesen en ellas. Ahora, por el contrario, el sensor se puede adquirir en cualquier tienda de electrónica a bajo coste y proporciona datos 3D en tiempo real a 60 fotogramas por segundo, con una precisión de milímetros en un rango de 0,5m a 4,0m. Desde el punto de vista de un sistema informático el incremento de información que supone la sustitución de una cámara convencional por una 3D es, valga la comparación, como el cambio de visión que pueda experimentar una persona con falta de visión cuando se pone unas gafas. Antes cabía la posibilidad de detectar la presencia de un rostro en posición frontal ante la cámara y obtener su posición (x,y) en el cuadro. Ahora podemos detectar la postura y la posición de una persona en una habitación, los gestos que realiza, a donde mira y cómo interactúa con los objetos del entorno.

Como es normal, ante tal elenco de posibilidades a bajo coste, nuestro equipo de investigación decidió incluir sin dilación este sensor en el repertorio de dispositivos a utilizar en la parte experimental del proyecto.

Pasar de dos dimensiones a tres puede resultar fácil para un humano adulto que lleva entrenando sus sentidos desde su nacimiento. Desde la posición del investigador en arte electrónico supone un reciclado completo de conocimientos. Al igual que cada nueva línea de investigación se apoya en la

anterior, la programación de un sistema informático en el contexto *open source* se apoya en las funcionalidades puestas a disposición pública gracias a los generosos aportes de otros investigadores. Sin embargo, cuando aparecen nuevos dispositivos o técnicas la bolsa de utilidades de programación es escasa, es necesario aprender a analizar y utilizar los datos obtenidos por uno mismo. En este sentido, nuestro equipo ha realizado un considerable esfuerzo para ponerse al día y estar lo más cerca del estado del arte, dentro de nuestras posibilidades y en el contexto en el que nos movemos.

Uno de los principales experimentos desarrollados es el resultado de la extensión lógica al mundo 3D de la técnicas empleadas en el análisis 2D de flujos de vídeo expuestas anteriormente. Al igual que con el algoritmo de sustracción de fondo aplicado a imágenes 2D, se trata de mantener localizada la posición de las figuras que se introducen en la escena y que se diferencian del fondo. Para ello hemos adaptado a datos en tres dimensiones la sustracción de fondo (background subtraction) y la detección de blobs para analizar la nube de puntos obtenida con el sensor Kinect. Una de las principales ventajas de utilizar datos en 3D es que se evitan los problemas que ocurrían en el análisis 2D cuando coincidía el color de la figura con el del fondo, dificultando o haciendo imposible la discriminación. Ahora no se comparan colores sino las tres coordenadas XYZ de lo puntos en el espacio de las superficies que capta el sensor.

Una vez detectadas las posiciones 3D de interés, es posible utilizarlas para controlar dispositivos físicos, como por ejemplo hacer que la iluminación de un foco motorizado siga constantemente a una persona en concreto, o mover cámaras robóticas para encuadrar a esa persona.

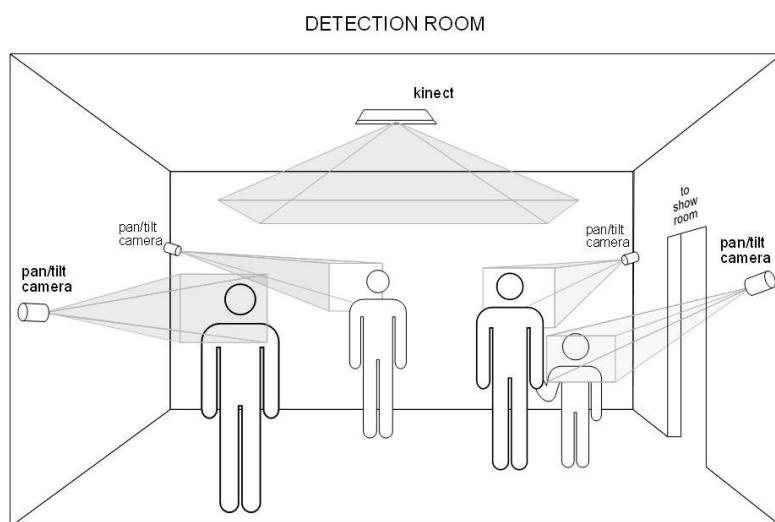


Fig. 19. Esquema de disposición de los dispositivos de entrada y sensor para el Prototipo 2. Usando un sensor 3D para localizar un punto de interés en el espacio podemos hacer que otros dispositivos como cámaras o focos apunten a esa posición.

Como hemos dicho, para la detección hemos aplicado la técnica de *Background Subtraction* a las tres dimensiones. Después de discriminar los datos correspondientes a los elementos del fondo de la escena, agrupamos los puntos

restantes por proximidad, identificando las diferentes masas de puntos y sus características físicas. Para ello hemos desarrollado la aplicación de detección de masas o *clusters* de puntos 3D adyacentes a partir de un algoritmo genérico de extracción euclídea de clusters¹⁸².

La decisión de implementar nosotros mismos el algoritmo en lugar de utilizar una implementación genérica disponible en la biblioteca PCL tiene dos propósitos. En primer lugar, tener independencia de la biblioteca PCL que en el momento de desarrollo del prototipo no era fácilmente accesible desde openFrameworks (en la actualidad existe un addon que facilita esta tarea). En segundo lugar optimizar la detección aprovechando que usamos un sensor que produce una nube de puntos 3D ordenada en una matriz de dos dimensiones x-y, de manera que la búsqueda de puntos adyacentes se puede restringir a estas dimensiones, mejorando el rendimiento de la aplicación (en el momento de desarrollo del prototipo el algoritmo de búsqueda de blobs de PCL no hace distinción entre nubes de puntos ordenadas y desordenadas).

182 Euclidean Cluster Extraction. Recurso en línea, disponible a 19 de noviembre de 2012. http://www.pointclouds.org/documentation/tutorials/cluster_extraction.php

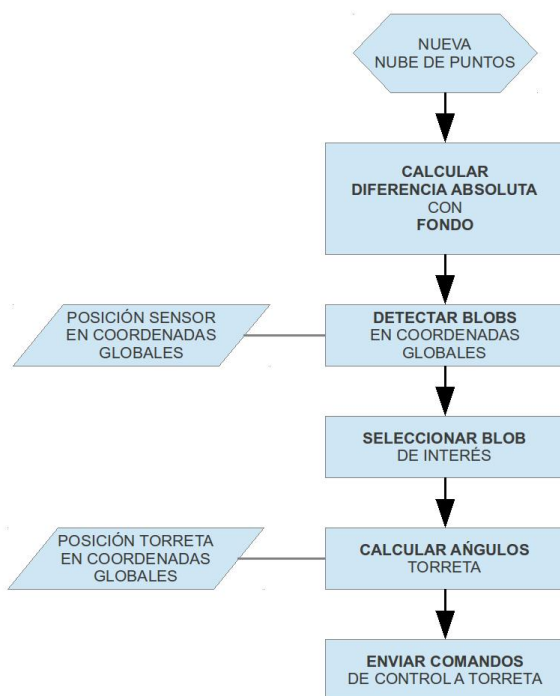


Fig. 20. Diagrama de flujo de la aplicación del Prototipo 2.

Como el sensor 3D proporciona datos con respecto a su propio sistema de coordenadas, debemos convertir estos datos al sistema de coordenadas del dispositivo que debe apuntar a la posición detectada. Para ello, tras instalar los dispositivos en el espacio de trabajo, se miden físicamente las posiciones del dispositivo (en este caso, una torreta motorizada que soporta una cámara) y del sensor 3D con respecto a un punto elegido como origen de coordenadas, y

también se toma nota de la orientación de los sistemas de coordenadas con respecto al mismo.

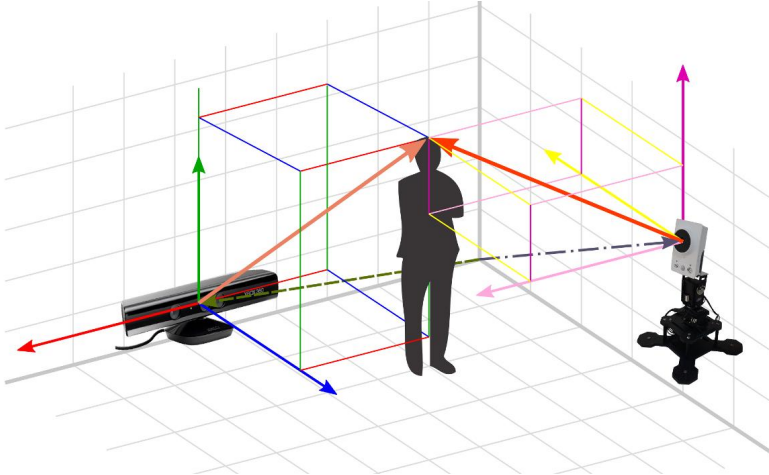


Fig. 21. El sensor 3D proporciona datos con respecto a su propio sistema de coordenadas. Tras medir las posiciones y la orientación del sensor y de la torreta con respecto a un origen de coordenadas externo común, podemos convertir los datos al sistema de coordenadas de la torreta por medio de operaciones de traslación y rotación.

Para hacer que la torreta apunte a punto deseado, las coordenadas del punto 3D al que deberá ser dirigido el dispositivo se convierten al sistema de coordenadas del mismo por medio de operaciones de traslación y rotación geométrica. Posteriormente se usan formulas trigonométricos para calcular los ángulos necesarios para que ese dispositivo (en nuestro caso una cámara montada sobre una torreta robótica) apunte efectivamente al objeto detectado.

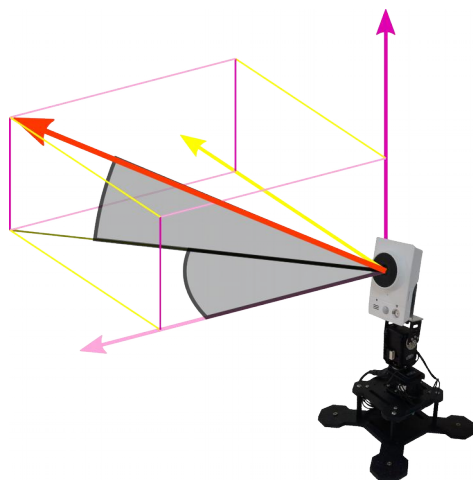


Fig. 22. Una vez conocido el punto al que debe dirigir su mirada la torreta, es sencillo calcular con trigonometría los ángulos de rotación horizontal y vertical de los motores.

Para facilitar la depuración de errores del código y la introducción de los datos de posición del sensor y de la torreta desarrollamos una interfaz de visualización de datos que muestra estos elementos en un mundo virtual 3D en el que se muestra también en tiempo real la nube de puntos proporcionada por el sensor. Esto permite tener una referencia visual que se puede confrontar con la realidad para verificar que la detección y los ángulos calculados son los correctos.

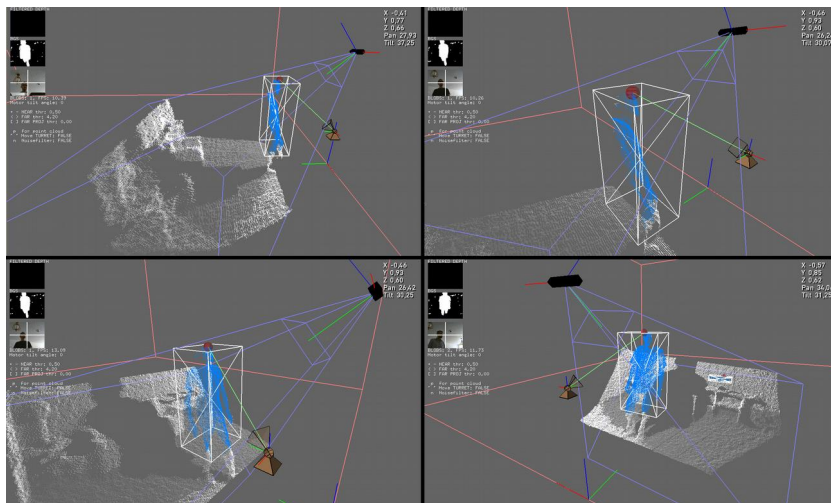


Fig. 23. Cuatro capturas de pantalla de la interfaz del sistema de seguimiento de personas en 3D (Prototipo 2). Los puntos blancos corresponden al fondo. Los azules a la masa de puntos de la persona. En negro se representa la posición del sensor. En naranja la torreta con la cámara, que apunta a la cabeza de la persona detectada.

3.3 PRUEBAS DE CAMPO

Para comprobar el comportamiento del sistema así como para labores de difusión de la investigación hemos realizado experimentos de cara al público de diferentes ámbitos, con el fin de valorar los outputs del sistema, tanto desde el punto de vista de la crítica audiovisual como el del entretenimiento de los espectadores. Dados los requisitos técnicos del Prototipo 2 (como un ambiente con iluminación controlada carente de infrarrojos o la poca movilidad del sistema por la dependencia de una estación de trabajo de difícil transporte), aparte de la exposición con todos los elementos del sistema (apartado *3.4 INSTALACIÓN CVCINEMA*, pág. 185), nos limitamos a hacer las pruebas de campo únicamente con el Prototipo 1.

3.3.1 Aplicación del Prototipo 1 al cine experimental

La primera prueba pública de utilización del sistema se materializó en el cortometraje de cine experimental "at one's fingertips".

El punto de partida del cortometraje es una grabación de vídeo de una acción casual que presenciarnos en la facultad de BB.AA. de la Universitat Politècnica de València mientras

registrábamos material para realizar pruebas con el Prototipo 1. La acción fue protagonizada por dos obreros mientras realizan labores de mantenimiento del edificio de la Facultad. Uno de los obreros, colgado de un arnés en la fachada del edificio, trata de pasarle un cubo atado a una cuerda al otro, que está a unos metros de distancia en un balcón. La acción se prolonga durante varios minutos hasta que consiguen su propósito, tras varios intentos fallidos. En el transcurso de los acontecimientos, aparece durante unos momentos un balanceo pendular del cubo atado a la cuerda, con un ritmo casi constante.



Fig. 24. Fotograma de la grabación original, con dos obreros intentando pasarse un cubo.

El material, registrado con una cámara Canon 600D/t3i, fue grabado cámara en mano, por lo que tuvimos que hacer una

estabilización del vídeo por medio de software¹⁸³ antes de aplicar los algoritmos de visión artificial, que de otra manera no habrían podido discriminar el movimiento de la acción, del movimiento debido a la inestabilidad de la cámara.

Tras aislar el fragmento de grabación que contenía el balanceo del cubo en un archivo de vídeo independiente, lo procesamos con los algoritmos Brightness Thresholding, Frame Differencing y Background Subtraction, y distintos valores de configuración para modificar el umbral de sensibilidad de los mismos y generar distintas salidas. De esta manera obtuvimos a partir de un mismo fragmento varios archivos de vídeo con reencuadres del plano original, que suponían distintos montajes automáticos de la acción registrada.

183 Para corregir el material grabado seguimos el tutorial de estabilización de vídeo con Blender disponible en línea en: <http://www.francois-tarlier.com/blog/2d-tracking-tutorials-with-blender>

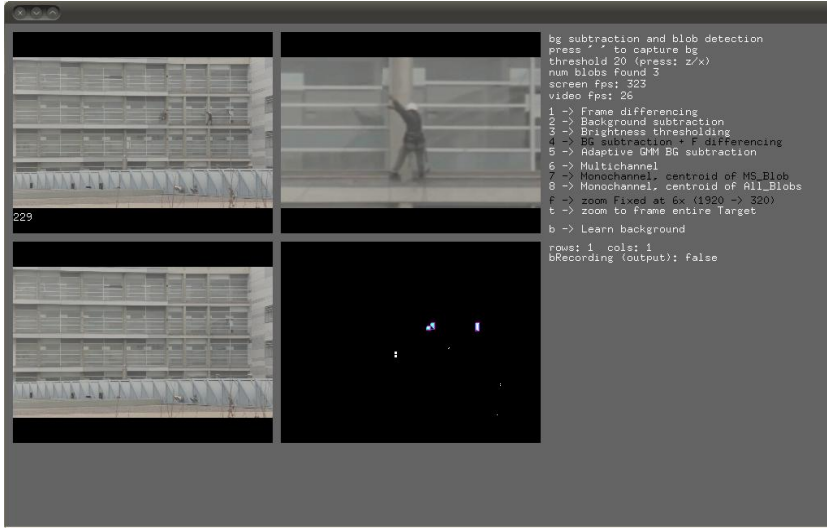


Fig. 25. Pantalla del Prototipo 1 mientras procesa el plano de vídeo original usado como material de partida para el cortometraje “at one's fingertips”.

Durante el procesado, observamos también el valor estético del material de análisis y detección generado por el sistema, y decidimos generar e incorporar algunos vídeos-análisis a los outputs como material adicional para el corto.

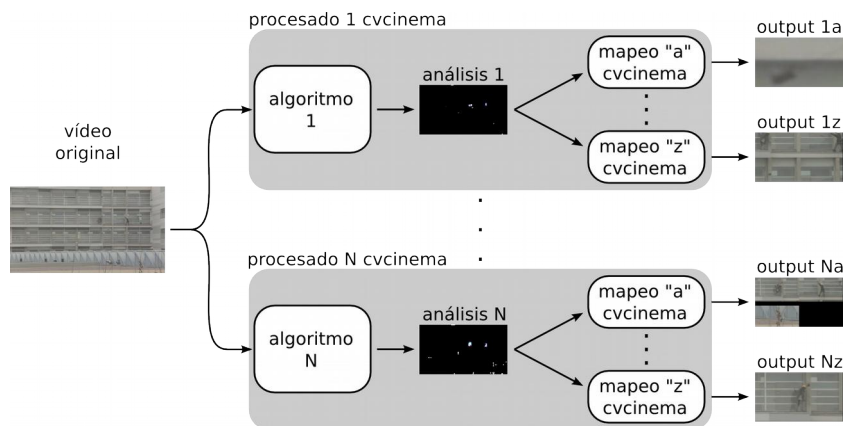


Fig. 26. El vídeo original es procesado por el Prototipo 1 con diferentes parámetros de análisis y mapeo, de manera que se obtienen diferentes resultados. De entre los resultados escogimos los más significativos, limitando la duración del corto a 7 minutos.

Como todos los vídeo-outputs y vídeo-análisis generados tenían la misma duración, al reproducirlos consecutivamente se concatenaba la acción, prolongando el balanceo del cubo a lo largo de toda la reproducción. En cuanto al ordenamiento de los vídeos en el montaje final, intervenimos (esta vez sin reservas) tomando la decisión de organizarlos en una escala de menor a mayor información, o de mayor a menor síntesis, según se mire. El motivo de este orden es generar expectación en el público, retrasando el desvelo de la acción que realmente están realizando los protagonistas.

vídeo	análisis		mapeo		
	umbral	algoritmo	canales	centrado en	zoom
análisis 2	20	FD	-	-	-
análisis 5	20	BGS+FD	-	-	-
análisis 3	8	BGS	-	-	-
análisis 4	15	FD	-	-	-
análisis 5	20	BGS+FD	-	-	-
análisis 1	20	ABGS	-	-	-
output 1	20	ABGS	Mono	blob más significativo	fijo
output 2a	20	FD	Mono	blob más significativo	variable
output 7	20	BGS	Mono	blob más significativo	fijo
output 3	8	BGS	Mono	blob más significativo	fijo
output 2b	20	FD	Mono	blob más significativo	fijo
output 2c	20	FD	Mono	cada blob un canal	fijo
output 8	15	BGS	Multi	cada blob un canal	fijo
output 5	20	BGS+FD	Mono	todos los blobs	variable
output 9	10	BGS+FD	Multi	cada blob un canal	fijo
output 10	10	BGS	Mono	todos los blobs	variable
original	-	-	-	-	-

Fig. 27. Lista de vídeos utilizados en su orden de aparición en el montaje final, y parámetros de análisis/mapeo con los que fue generado cada uno.

Finalmente añadimos al final del montaje el vídeo con el plano original que habíamos procesado con el sistema, con la acción inconclusa de pasarse el cubo, dejando insatisfechas las expectativas del público de ver cumplido el propósito de los obreros.



Fig. 28. Montaje en una sola secuencia de la selección de vídeos obtenidos con el cvcinema, con el vídeo original al final.

Una vez hecho el montaje, se generó la pista sonora a partir de un análisis del propio vídeo montado, y posteriormente se juntaron ambos en un solo audiovisual.

La generación del sonido se realizó con PureData¹⁸⁴. El audio de la película fue diseñado con la idea de conversión de las imágenes en sonido creando una base de sonido ambiente sintetizado coherente con la acción representada en el vídeo.¹⁸⁵

¹⁸⁴ Pure Data es un entorno de programación gráfica en tiempo real para audio, vídeo y procesamiento gráfico. Para ampliar información: <http://puredata.info/> (accedido a 3/8/2013)

¹⁸⁵ Para generar el sonido se desarrolló un programa o *patch* de PD en el que un sintetizador de sonido de viento [Wind Generator Patch] se utiliza como base sonora durante toda la proyección. Además se generó un segundo sonido

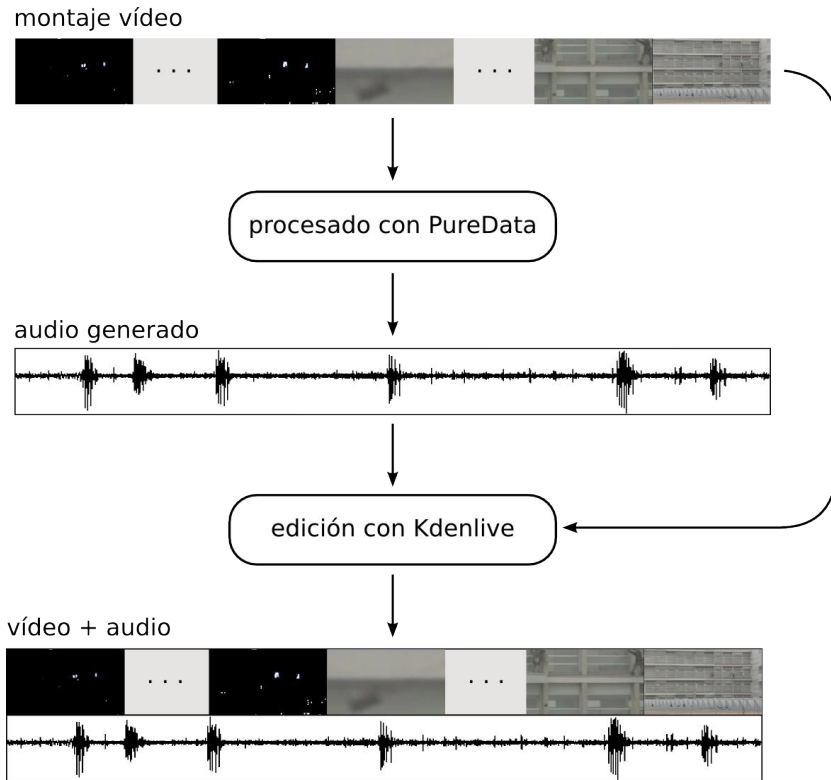


Fig. 29. Generación del audio a partir del vídeo y montaje final de ambas pistas en un programa de edición de vídeo.

mediante el *patch* [camera_to_wavetable] de Max Neupert, con el que se rellena una tabla de ondas sonoras (*wavetable*) con los valores en blanco y negro obtenidos mediante el escaneo una línea horizontal de los fotogramas del vídeo situada en la mitad del fotograma. Estos valores son interpretados como frecuencias sonoras durante la reproducción del film.

En un plano más reflexivo, y como sinopsis del corto, redactamos una interpretación personal del montaje final, y de la cual se deriva el título¹⁸⁶:

La vida tal como la conocemos está regida por el ritmo y ciclos desde sus mismos comienzos. Al final de cada ciclo, con la nueva experiencia adquirida, nos encontramos al borde de una bifurcación en nuestros caminos. A pesar de que pensamos que tenemos el control, la rama que escogemos depende de reglas que no conocemos. En matemáticas, esto concuerda con la definición de aleatorio, es decir, con un resultado “que no se puede determinar sino solamente expresar de forma probabilística”. A pesar de que cada día la humanidad incrementa la cantidad de conocimientos acerca del Universo, el campo es infinito. Cada verdad que alcanzamos abre una nueva serie de cuestiones. Si hay una Verdad, está al alcance de nuestras manos?

El cortometraje “at one's fingertips”^{187 188} ha sido exhibido en mayo de 2012 en el Experimental Film Festival Portland¹⁸⁹ y en el Montreal Underground Film Festival¹⁹⁰.

186 La expresión en inglés “at one's fingertips”, literalmente “en la yema de los dedos”, se usa para expresar que algo es de disponibilidad o accesibilidad inmediata, y es equivalente a la expresión en castellano “al alcance de la mano”. Véase la definición de “fingertip” en Oxford Dictionary Online. 2012. Oxford University Press. Enlace: <http://oxforddictionaries.com> (accedido el 27/11/12)

187 Se puede obtener más información en la entrada correspondiente del blog del proyecto, a través del siguiente enlace: <http://cvcinema.blogs.upv.es/2012/02/16/at-ones-fingertips-cvcinemas-first-short-film> (accedido a 31/7/2013).

188 El corto se puede visionar en línea a través del siguiente enlace: <http://vimeo.com/37181975> (accedido a 22/8/2013).

189 Se puede consultar más información sobre el Experimental Film Festival Portland en su página web: <http://effportland.com> (accedido a 31/7/2013).

190 Se puede consultar más información sobre el Montreal Underground Film Festival en su página web: <http://muff514.com> (accedido a 31/7/2013).

3.3.2 Aplicación del Prototipo 1 a conciertos en directo

Aunque la intención inicial al planificar la investigación era circunscribirla en el contexto del cine experimental, gracias a contactos con la agencia de producción musical Play Producciones¹⁹¹, tuvimos la oportunidad de verificar el funcionamiento del Prototipo 1 en varias actuaciones musicales en directo de dos de los grupos representados por dicha agencia. Las visualizaciones se realizaron en las actuaciones que se enumeran a continuación:

Conciertos del grupo "Wayne": en la sala "Matisse" de Valencia el día 28 de abril de 2012. En la sala "Mistika" de Xátiva el día 16 de junio de 2012. En la sala "Plantabaja" de Granada el día 30 de junio de 2012. En la sala "Burladero" del Puerto de Santamaría, Cádiz, el día 12 de Octubre de 2012.

Conciertos del grupo "Shining Crane": en la sala "Plantabaja" de Granada el día 30 de Junio de 2012. En la sala de exposiciones de la Facultad de Bellas Artes de Málaga el día 11 de octubre de 2012; en la sala "Milwaukee" del Puerto de

¹⁹¹ *Play producciones* es una agencia de organización y promoción de conciertos con base en Valencia. Para ampliar información al respecto se puede consultar su página web: www.playproducciones.com (accedido el 24/7/13).

Santamaría, Cádiz. El día 12 octubre de 2012. Así como las actividades realizadas en el Festival Monkey Week, como escenario 'Micro Abierto' del Teatro Muñoz Seca del Puerto de Santa María y en el Stand de Play Producciones de este mismo festival los días 12 y 13 de octubre de 2012.



Fig. 30. Conciertos con realización de visualizaciones en directo generadas con el cvcinema (Prototipo 1).

3.4 INSTALACIÓN CVCINEMA

Esta instalación reúne en un sistema todos los elementos puestos a prueba en los prototipos 1 y 2, además de incorporar una serie de dispositivos adicionales de hardware desarrollados expresamente para la instalación bajo la inspiración proporcionada por los referentes artísticos mencionado anteriormente. Al tratarse de un sistema en fase experimental, su configuración es flexible, de manera que se pueden seleccionar unos u otros dispositivos en función de las necesidades y del contexto de utilización. Al tratarse de un sistema modular se pueden disponer los módulos de la manera que mejor se adapte al espacio en cada ocasión. Esta configuración en concreto fue implementada para la sala de exposiciones de la Facultad de BB.AA. de la Universidad de Málaga y se expuso del 11 al 31 de octubre de 2012.

Además del propio sistema de realización automatizada, hemos incluido en el espacio expositivo la proyección del cortometraje "at one's fingertips", realizado en base a CvCinema, como ejemplo de aplicación práctica del mismo a una obra audiovisual, y para que el espectador pueda evaluar las aportaciones del lenguaje generado en el ámbito más próximo al cine experimental.

Aparte de la exposición en sí, en la que el público tiene la oportunidad de interactuar con el sistema, en la inauguración

se realizó una actuación musical en la que se configuró el CvCinema para generar una proyección en directo que reaccionara a partir de la actuación del grupo, de manera que se pudiese comprobar el potencial del sistema como complemento de la música en un concierto en vivo.

En el apéndice 7.3 Dispositivos de la instalación CvCinema (pag. 297) se puede consultar la lista de dispositivos empleados en la exposición y sus fichas técnicas.

En el apéndice 7.4 Volanderas de la exposición CvCinema (pag. 304) se muestran las volanderas diseñadas para publicitar la exposición¹⁹².

3.4.1 Subsistemas

Los dispositivos y las aplicaciones de software que componen el sistema CvCinema, en su configuración instalada en la sala de exposiciones de la Facultad de BB.AA. de la Universidad de Málaga, se pueden analizar desde un punto de vista lógico como una serie de subsistemas interconectados. Cada subsistema consta de uno o más dispositivos que permiten su funcionamiento (independientemente de los otros

¹⁹² El diseño gráfico tanto de los iconos de los dispositivos como del cartel principal y de las volanderas de la exposición corrieron a cargo de la ilustradora y diseñadora profesional Mar Hernández aka Malota. Sus trabajos están disponibles en la página web: <http://www.malotaprojects.com> (accedido a 01/09/2013).

subsistemas con los que se comunica, se encuentren operativos o no) y puede compartir uno o varios de estos dispositivos con otros subsistemas. Asimismo, igualmente desde un punto de vista lógico, cada subsistema funciona con su propio software, que en algunos casos está integrado dentro de la misma aplicación que hace funcionar varios subsistemas.

Clasificaremos los subsistemas en las siguientes categorías: de captura de imágenes, de visión artificial, de visualización de datos, de visualización de imágenes y de comunicaciones.

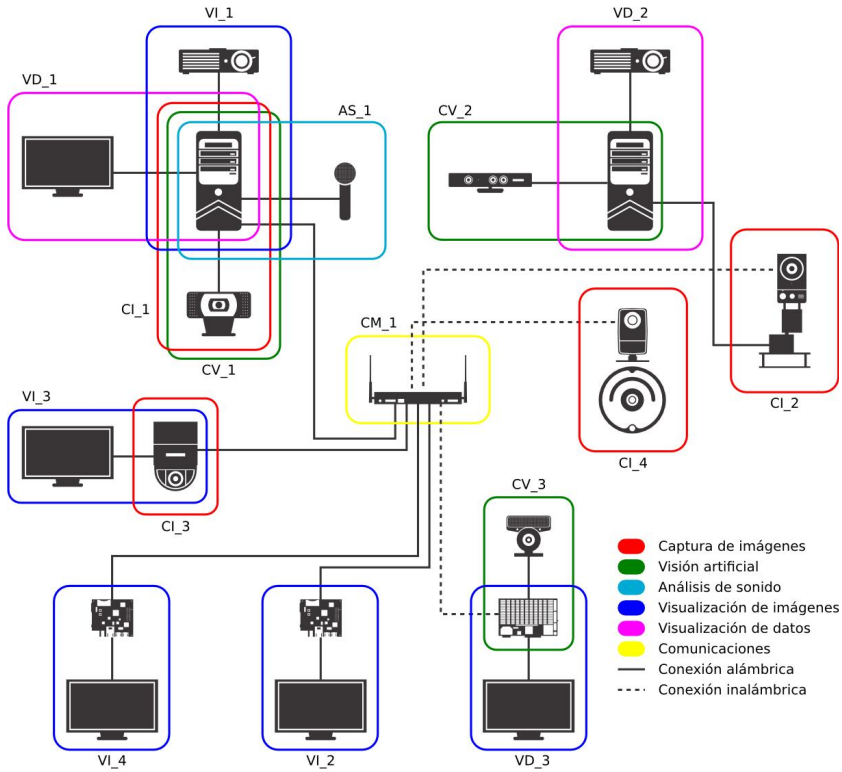


Fig. 31. Dispositivos y conexiones presentes en el sistema CvCinema en su configuración y distribución instalada en la exposición. Los dispositivos de cada subsistema están rodeados por marcos codificados por colores.

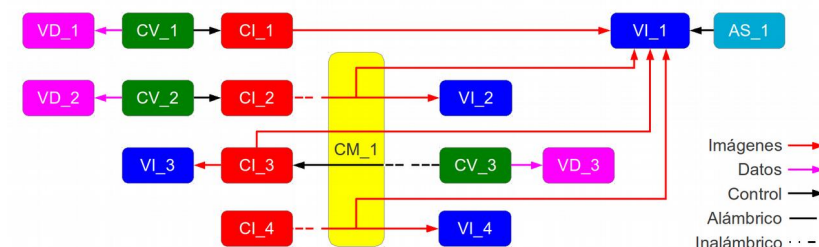


Fig. 32. Organigrama lógico de los subsistemas y señales que comunican vídeo, datos y control.

En el apéndice 7.5 Subsistemas de la instalación CvCinema (pág. 305) se pueden consultar las fichas de los subsistemas.

3.4.1.1 Subsistemas de captura de imágenes (C.I.)

Haciendo una analogía con el cine, un subsistema de captura de imágenes sería el equivalente a un operador de cámara con su equipo, ya sea con la cámara en un trípode, cámara en mano travelling o cualquier otra posibilidad. Según las instrucciones que recibe, el CI modifica sus parámetros de adquisición de imágenes.

Los detalles técnicos y el funcionamiento de los subsistemas CI_2, CI_3 y CI_4 se explican con más detalle en el apartado Hardware específico (pág. 193).

3.4.1.2 Subsistemas de visión artificial (C.V.)

Siguiendo la analogía con el cine, el subsistema CV sería el equivalente al director. Lleva a cabo el análisis de la escena,

establece la correspondencia o mapeo entre lo que detecta y los parámetros de adquisición de uno o más subsistemas de Captura de Imágenes, y les envían a estos la señal de control para realizar los ajustes en la forma en que se graba lo que ocurre. Constan de un dispositivo sensor de visión artificial que capta información óptica del entorno y un dispositivo de cálculo en el que se ejecuta la aplicación con el algoritmo de visión artificial y mapeo.

3.4.1.3 Subsistemas de visualización de imágenes (V.I.)

Estos muestran las imágenes de salida que producen los subsistemas de captura de imágenes. En el caso especial del VI_1 la visualización en una mezcla de las salidas de CI_1, CI_2, CI_3 y CI_4.

3.4.1.4 Subsistemas de visualización de datos (V.D.)

Muestran los datos de análisis y detección de los sistemas de visión artificial.

3.4.1.5 Subsistema de análisis de sonido (A.S.)

El es que realiza la labor de evaluar las frecuencias de sonido que se producen en la sala y, en base a este análisis, establecer los valores de transparencia asignados a cada

input del VI_1 para que este genere la visualización correspondiente.

3.4.1.6 Subsistema de comunicaciones (C.M.)

Gestiona la red por medio de la cual se comunican la mayoría de los subsistemas ya sea para transmitir imágenes, datos o señales de control.

3.4.2 Software¹⁹³

Como hemos mencionado anteriormente, que el sistema se pueda separar de forma lógica en subsistemas no implica necesariamente que cada subsistema haga uso exclusivo de su hardware y software. De hecho, la mayoría de aplicaciones de software del sistema integran el código necesario para el funcionamiento de varios subsistemas, y se ejecutan en un hardware de cálculo que, obviamente, también forma parte de esos mismos subsistemas lógicos. A continuación enumeraremos la lista de aplicaciones que se pueden encontrar en la instalación, en qué unidad de cálculo se ejecutan y los subsistemas lógicos a los que hacen funcionar:

¹⁹³ El código fuente del sistema es libre y está disponible en el repositorio: <https://github.com/dasaki/cvcinema> (accedido a 8/9/13)

Aplicación	Subsistemas lógicos	Características
Aplicación_1 (Workstation_1)	CV_1, CI_1, VD_1, VI_1	Se encarga tanto de la parte de análisis del prototipo 1 (cvcinema 2D), como de la gestión y visualización de los flujos de video en la pantalla principal. Hecha con oF.
Aplicación_2 (Workstation_2)	CV_2, VD_2, CI_2	Es la que realiza la detección de blobs en el espacio tridimensional con el sensor kinect (cvcinema 3D) y con estos datos reorienta la cámara robótica. Hecha con oF.
Aplicación_3 (Pico820)	CV_3, VD_3	Realiza el análisis de flujo visual captado desde el techo y con estos datos controla el movimiento de la cámara de videovigilancia. Hecha con PD.
Aplicación_4 (Workstation_1)	AS_1	Aplicación de análisis de sonido que establece en base a este los valores de opacidad de los flujos de video y manda estos valores a la Aplicación_1. Hecha con PD.
Aplicación_5a y 5b (Panda_1 y Panda_2)	VI_4, VI_2	Se trata del programa de código abierto Gstreamer que permite transmitir flujos de video en tiempo real a través de una red informática.
Aplicación_6 (Teensy)	CI_4	Es el programa encargado de controlar el robot Roomba para que realice su rutina de limpieza y recargue la batería.
Aplicación_7 (WidowX)	CI_2	Se encarga de comunicarse con la Aplicación_2, de la que recibe los datos con los que posiciona los servomotores de la torreta robotizada.

La Aplicación_1 incorpora el algoritmo del Prototipo_1, explicado anteriormente, que reencuadra los fotogramas de

la webcam Logitech generando una nueva imagen que será uno de los inputs utilizados para producir la imagen-mezcla que se visualiza en el VI_1 (proyección en la pantalla principal de la instalación). Los otros tres inputs de la mezcla se reciben via IP (por la red, a través del router). Por medio del protocolo OSC, la aplicación recibe de la aplicación de análisis de sonido los datos de opacidad que debe asignar a cada input. Con los cuatro inputs y los valores de opacidad se genera la mezcla. Finalmente la Aplicación_1 actualiza la interfaz de visualización de datos que muestra los ajustes del análisis así como los cuatro inputs. El diagrama de flujo se puede consultar en el apéndice 7.6 Diagrama de flujo de la Aplicación_1 (pág. 310).

La Aplicación_2 se corresponde con el Prototipo_2, y su funcionamiento se puede consultar en el apartado correspondiente, expuesto anteriormente.

Las aplicaciones Aplicación_3 , Aplicación_6 y Aplicación_7 se explican con detalle en en el siguiente apartado de hardware específico.

3.4.3 Hardware específico

Para realizar algunos de los subsistemas de la instalación fue necesario configurar y/o modificar parte del hardware comercial utilizado, para que tuviese la funcionalidad necesaria. A continuación se detallan los subsistemas que

requirieron este tipo de modificaciones y en qué consistieron las mismas.

3.4.3.1 Unidad móvil robotizada (CI_4)

Para disponer también de un punto de vista móvil que aportase otro tipo de imágenes a la mezcla generada como salida principal del sistema, decidimos incluir en la instalación un robot móvil con una cámara Axis m1011w incorporada. El robot en concreto es un iRobot Roomba 530, diseñado como aspirador doméstico, pero cuyas características lo convierten en un dispositivo ideal para la experimentación. La principal de ellas es que dispone de una interfaz de comunicaciones que permite acceder a la programación de los componentes del robot y utilizarlo como plataforma móvil. La programación del robot se realiza por medio del protocolo iRobot OI¹⁹⁴, proporcionado por el fabricante, el cual especifica los comandos necesarios tanto para establecer el movimiento deseado como para realizar la lectura de los datos proporcionados por los sensores incorporados en el robot.

En nuestro caso, aunque disponemos de experiencia suficiente como para aprovechar la potencialidad del Roomba

194 Las especificaciones del iRobot Open Interface están disponibles en: http://www.irobot.com/filelibrary/pdfs/hrd/create/Create%20Open%20Interface_v2.pdf (accedido el 14-03-2013)

como plataforma experimental (gracias a otros proyectos en los que usamos robots de características similares¹⁹⁵), decidimos seguir en la línea de respetar la naturaleza de los dispositivos incorporados a la instalación. De esta manera, mantuvimos el propósito original del robot utilizando su programación original como aspirador y únicamente añadimos las modificaciones necesarias para que realice sus labores periódicamente durante el horario de apertura de la exposición, además de “dotar de visión” a la máquina por medio de una pequeña cámara inalámbrica que permita mostrarnos su punto de vista mientras trabaja en su rutina de limpieza.

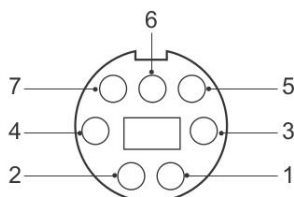
Otros modelos más avanzados de aspiradores Roomba incluyen la posibilidad de establecer una hora diaria de inicio de limpieza por medio de una serie de botones adicionales. Pero una vez que la programación del robot considera que la superficie de trabajo ha sido recorrida y limpiada en su totalidad, regresa automáticamente a su base de carga, y no vuelve a salir a limpiar hasta el día siguiente. Para la instalación nos interesaba que el robot estuviese en funcionamiento la mayor parte del tiempo posible,

195 El proyecto más significativo en el que he participado programando el comportamiento de este tipo de robots es la obra de teatro “Samuel Beckett's Quad, as performed by iRobot Create” (2011), dirigida por Matthew Gray y producida por Golan Levin, que desarrollé durante mi estancia de investigación en el Studio for Creative Inquiry de la Carnegie Mellon University. Más información en: <http://studioforcreativeinquiry.org/projects/quad> (accedido el 23/8/13)

regresando a cargar únicamente cuando el nivel bajo de la batería así lo aconsejase. De manera que decidimos aprovechar las posibilidades de programación a medida del robot para conseguir el comportamiento deseado.

De entre los comandos que proporciona el *Roomba Open Interface*, usamos únicamente los necesarios para llevar a cabo nuestro propósito: leer el nivel de la batería, detectar la presencia de la base de carga, mandar a cargar o mandar a limpiar.

Estos comandos se comunican al robot por medio de una interfaz serial en forma de conector accesible tras retirar la tapa/embellecedor de la parte superior del robot. El conector, además de los dos contactos necesarios para la comunicación serial, incluye también un conector de acceso a los polos de la batería para poder alimentar un dispositivo externo conectado al robot, eso sí, con la limitación de no poder sobrepasar un máximo de potencia, ya que la conexión está protegida por un fusible que limita la corriente disponible. Esta limitación de corriente, aunque no supone un problema a la hora de conectar un microcontrolador, si será, como veremos más adelante, un contratiempo cuando decidamos conectar un aparato que consuma más potencia, como es el caso de la cámara inalámbrica a incorporar al robot.



Pin	Name	Description
1	Vpwr	Create battery + (unregulated)
2	Vpwr	Create battery + (unregulated)
3	RXD	0 – 5V Serial input to Create
4	TXD	0 – 5V Serial output from Create
5	BRC	Baud Rate Change
6	GND	Create battery ground
7	GND	Create battery ground

Fig. 33. Esquema del conector de comunicación serial del robot.

Para comunicar al robot las operaciones que debe realizar, será necesario acoplarle un dispositivo con el programa que le envíe los comandos apropiados en el momento propicio. Dependiendo de la complejidad del comportamiento deseado este dispositivo puede ser un ordenador o simplemente un microcontrolador. En nuestro caso bastará el último para llevar a cabo la labor, lo que nos permite aprovechar la conexión a la batería del robot como fuente de energía. Para reducir al máximo la demanda energética, escogemos un modelo de placa de bajo consumo, con microcontrolador

compatible con la interfaz de programación Arduino¹⁹⁶, y de características similares al Arduino mini. El modelo en concreto es el Teensy 2.0, descrito en el apartado de hardware. El Teensy dispone entre sus conectores de un puerto serial compatible con la interfaz del Roomba, que también trabaja a 5 voltios (este voltage es habitual en dispositivos que trabajan con microcontroladores, y difiere del voltage estándar serial originalmente establecido en 12 voltios).

Tal como comentamos antes, la corriente máxima proporcionada a través del conector del roomba es insuficiente para alimentar la cámara IP que había que incorporar. Para evitar esta limitación había que tomar la alimentación directamente de la batería. El voltage nominal de la batería es de 14.4 voltios, por lo que era necesario añadir un circuito que convirtiese este voltage a 5 voltios. Para ello se pueden usar varias opciones, como un regulador de voltage (que disipa el exceso de energía en forma de calor) o un convertidor de voltage (que utiliza una técnica llamada switching para obtener la energía justa necesaria con una eficiencia cercana al 90%). Dado que estamos trabajando con un dispositivo móvil, lo más ventajoso será minimizar el gasto energético, utilizando un convertidor de voltage capaz de

¹⁹⁶ Arduino es una plataforma abierta de hardware y software de prototipado electrónico que permite la creación de objetos electrónicos interactivos. Más información en: www.arduino.cc (accedido el 9/11/12)

proporcionar la potencia de salida necesaria para alimentar la cámara y el microcontrolador, cuyo consumo conjunto está entorno a los 3 watt. El convertidor escogido fue el Hobbywing UBEC-3A (2-6S)¹⁹⁷, que proporciona una potencia máxima de 15W, más que suficiente para nuestro propósito.

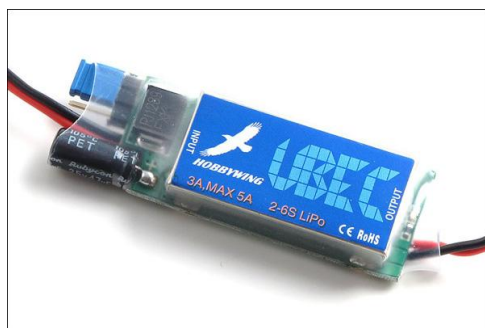


Fig. 34. Detalle del convertidor DC-DC Hobbywing 5v 3A

Para conectar el convertidor a la batería fue necesario desmontar parcialmente el robot y soldar un cable a los puntos donde ésta se conecta a la placa principal. Como precaución adicional, ya que estamos tomando la corriente directamente de la batería, sin circuitos de protección, y como esta trabaja a un voltaje considerablemente alto, se

¹⁹⁷ Los detalles técnicos del convertidor se pueden consultar en la página www.hobbywing.com/product_show.asp?id=209 (accedido a 9/05/2013).

añadió un fusible de 1A, en previsión de que se pudiera producir un cortocircuito accidentalmente.

La conexión entre los diferentes elementos se hacía a través de una pequeña placa con conectores, diseñada a propósito, que facilita la rápida conexión y desconexión de los componente durante la programación y el testeo del funcionamiento del robot.

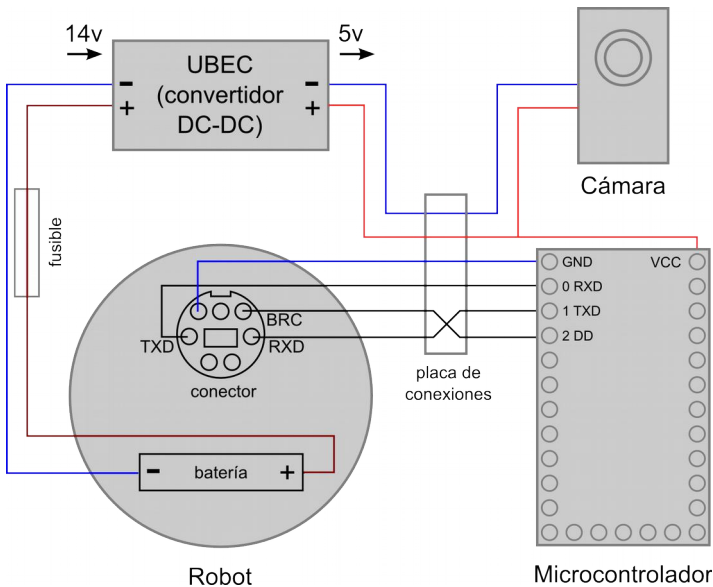


Fig. 35. Esquema de conexiones entre los elementos del sistema móvil robotizado.

El comportamiento escogido para el robot es muy simple, aunque conlleva una serie de consideraciones teniendo en

cuenta que debe estar en funcionamiento la mayor cantidad de tiempo posible durante la exposición. Básicamente se planteó que el robot debía realizar los movimientos propios de su rutina de limpieza, tal como viene preprogramada de fábrica, mientras la cámara que llevaba puesta se proporcionaba imágenes de estos movimientos desde su perspectiva. Para iniciar el programa estándar de limpieza el robot cuenta con un pulsador de inicio en la parte superior. También se ha incluido entre los comandos del protocolo de comunicaciones una instrucción para ordenar el inicio del programa de limpieza a través del conector de comunicación. El robot vuelve a su base de carga cuando necesita cargar la batería, o una vez que ha ocupado una cantidad de tiempo proporcional al tamaño del recinto donde opera. Tras acoplarse a la base, permanece en ella hasta que se le vuelve a ordenar el inicio del programa de limpieza.

Este comportamiento plantea una serie de problemas a resolver mediante la programación. En primer lugar, el área acotada para el robot es relativamente pequeña en comparación con la superficie de una casa, de manera que el programa del robot determina que está suficientemente limpia tras un tiempo de limpieza de aproximadamente media hora. Este período es mucho menor que la autonomía máxima que proporciona la batería, incluso con el consumo adicional de los dispositivos añadidos. Por lo tanto será necesario monitorizar la actividad del robot y el nivel de la batería de manera externa, para determinar cuándo un

regreso a la base de carga está motivado por la finalización del programa de limpieza (cuando aún quede carga en la batería) y cuando, por el contrario, realmente existe la necesidad de repostar energía. En segundo lugar, será necesario incluir en el algoritmo del programa externo la monitorización de la batería durante la carga, para poder iniciar nuevamente el programa de limpieza una vez que se complete el repostaje¹⁹⁸.

Además de recibir ordenes, el roomba proporciona a través del puerto de comunicaciones la información captada por los sensores que lleva incorporados y también datos de la batería, como nivel de carga o si se está cargando a través de la base de carga o a través del cargador. Estos datos se usan para verificar el estado en el que se encuentra el robot en cada momento.

Para la implementación, en vez de mandar los códigos del protocolo utilizado por el robot, se utilizó la biblioteca de código `RoombaSerial`¹⁹⁹. Esta biblioteca se encarga de gestionar la comunicación con el robot, haciendo uso a su vez de la biblioteca `NewSoftSerial` que permite realizar comunicaciones seriales a través de pines digitales genéricos

198 Al juntar estos requerimientos el algoritmo queda como se muestra en el diagrama de flujo que se puede consultar en el apéndice 7.7 *Estados y diagrama de flujo de la unidad móvil robotizada*, pág. 311

199 La biblioteca `RoombaSerial` fue creada en 2009 Chris P. Gilmer y está disponible en: <https://github.com/chrisgilmerproj/RoombaSerial> (accedido el 14/05/2013)

del microcontrolador, de manera que el puerto serial del mismo queda libre para poder depurar el código a través de un ordenador manteniendo el microcontrolador conectado en todo momento al robot. De la biblioteca `RoombaSerial` usamos únicamente los comandos `init()` (activar el robot), `safe()` (habilitar el modo seguro, que evita accidentes), `forceDock()` (orden de ir a la base de carga), `clean()` (orden de comenzar el programa de limpieza), `roomba.getCharge()` (requerir el nivel de carga de la batería), `updateSensors(n)` (actualizar la lectura del sensor "n") y `getSensorData(n)` (requerir el dato proporcionado por el sensor "n").

Durante la depuración del código fue posible comprobar que tras emitir la orden de limpieza, durante unos segundos el robot proporcionaba información errónea acerca de la conexión del cargador de la base, de manera que es necesario esperar un tiempo prudencial antes de suponer que el robot efectivamente se ha puesto a limpiar. Es por esto que se han puesto entre comillas "in base" en las líneas que salen del estado "UNDOCKING", que incluyen además la comprobación de la cuenta de tiempo que ha transcurrido desde que se dio la última orden de limpieza. Otro detalle importante, descubierto durante el depurado del código, es que cuando se envía al robot la orden de volver a la base mientras se encuentra ejecutando la rutina de limpieza, lo único que hace es parar de limpiar, y es necesario volver a emitir la orden de volver a la base tras una espera de al menos dos segundos. También fue necesario realizar un

promedio de lecturas consecutivas del valor de carga de la batería, ya que los datos proporcionados fluctuaban bastante, principalmente en los momentos en los que se comenzaba o se terminaba de cargar la batería.

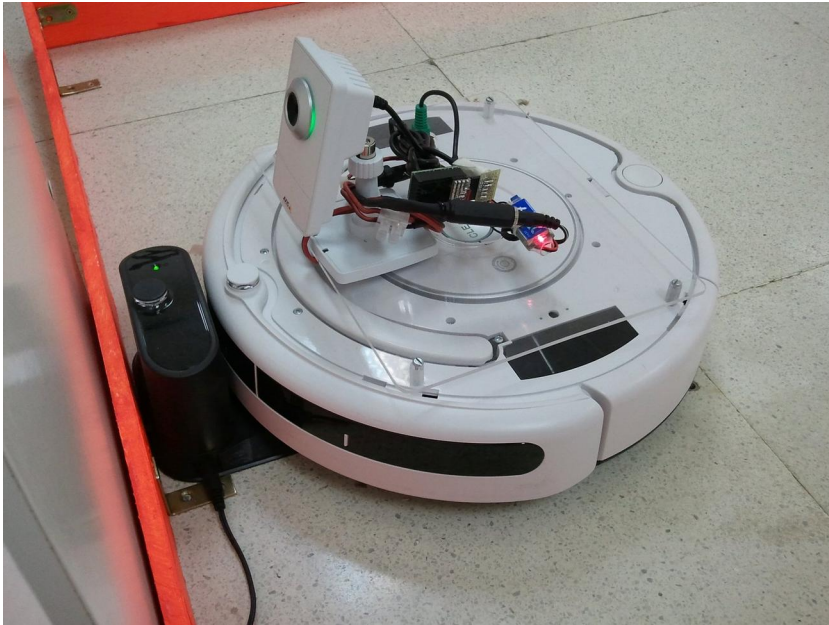


Fig. 36. Robot Roomba con el microcontrolador, el convertor de voltaje y la cámara Axis m1011w instalados.

3.4.3.2 Cámara inalámbrica robotizada (CI_2)

Este subsistema se compone de una torreta robótica Trossen Robotics WidowX a la que se ha incorporado una cámara inalámbrica D-Link DS-2230W. La torreta es realmente un kit que consta de un soporte con dos servomotores de alta calidad Robotis Dynamixel (a elegir entre los modelos RX-24F

y RX-28), y una placa Arbotix²⁰⁰ con microcontrolador compatible con el entorno de desarrollo Arduino, específicamente diseñada para trabajar con los servomotores Dynamixel desarrollados por Robotis, y que genera los niveles de voltaje y las señales de control necesarias para su funcionamiento. También incluía una pequeña subplaca "RX Bridge"²⁰¹ para convertir las señales de control al estándar utilizado por la serie de motores "RX" (la placa Arbotix viene normalmente preparada para la serie de servomotores AX).

Tras evaluar las diferentes alternativas decidimos optar por la torreta WidowX porque se suponía que su funcionamiento estaría garantizado y sería fácil desarrollar nuestro prototipo de cámara robotizada. En la realidad nos encontramos con una serie de problemas inesperados que narramos a continuación.

En primer lugar nos encontramos con que la documentación proporcionada por el vendedor del kit, Trossen Robotics, era pobre en términos de información. La única guía disponible en línea, la "WidowX RX-28 Robot Turret Assembly Guide", se refiere solo al modelo de torreta RX-28, sin mencionar los RX-24F que encargamos para la nuestra. Una de las primeras cosas que menciona el manual es que debemos prestar

200 Se puede consultar mas información sobre la placa Arbotix en: <http://www.vanadiumlabs.com/arbotix> (accedio el 14/05/2013)

201 Se puede consultar mas información sobre la subplaca RX Bridge en: <http://www.vanadiumlabs.com/rx.html> (accedio el 14/05/2013)

atención a la “etiqueta que identifica el servo de tilt” (el de panorámica vertical), etiqueta que no había en ninguno de los servos, pero más tarde supimos porqué. Decidimos seguir igualmente con el ensambaje de la torreta, hasta que nos dimos cuenta de que los soportes mencionados en las instrucciones no eran los mismos que los que vinieron en el kit. Se mencionaba un paso para alinear unos tornillos en unos agujeros que no se correspondían con los de nuestro soporte. Seguimos adelante obviando esta alineación, pero nos encontramos con varios problemas constructivos. En otro de los pasos tuvimos que retaladrar varias partes de plástico para que pasasen los tornillos. Y al final incluso faltaba un tornillo, el que debía fijar la subplaca “RX bridge” en su sitio. Otro detalle desconcertante es que, en vez de incluir en el kit un simple y económico adaptador/conector de barril para poder conectar el adaptador de corriente a la placa, la guía de ensamblaje sugería cortar y pelar los cables del adaptador y atornillarlos directamente a la placa. En vez de hacer esto optamos por la alternativa (en nuestra opinión, más inteligente) del conector/adaptador.

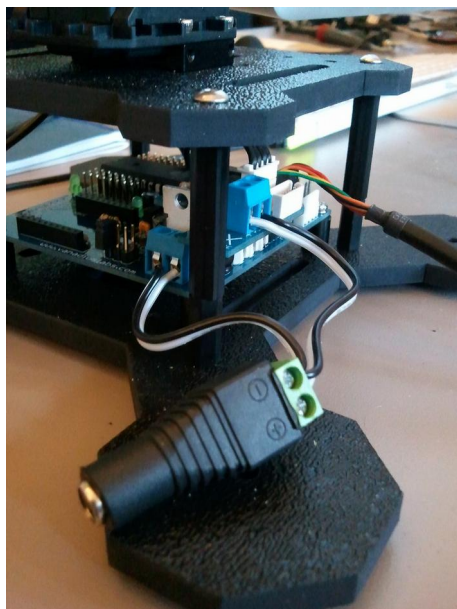


Fig. 37. Detalle del accesorio que permite conectar un adaptador de corriente con conector de barril a una placa preparada para cables pelados.

Una vez resueltos los problemas mecánicos y ensamblada la torreta, nos dispusimos a configurar el software para programar la torreta esperando que hubiese menos dificultades que con el hardware.

Siguiendo las instrucciones, usamos el entorno Arduino para instalar el firmware proporcionado por el fabricante en el microcontrolador, y ejecutamos el script de python que debía servir para probar la comunicación con la placa y verificar los comandos de control de los servomotores. Pero no funcionó.

Resumiendo la odisea, nos dimos cuenta de que los servomotores venían tal cual salieron de fábrica, sin ser debidamente configurados para su uso en la torreta (lo cual resolvió el misterio de la falta de la etiqueta identificativa). Así que *solo* tuvimos que averiguar como reprogramar los servos sin contar con el hardware específico que proporciona el fabricante para ello.²⁰²



Fig. 38. Torreta WidowX con la cámara D-Link instalada.

²⁰² Los detalles de la programación de la torreta se pueden consultar en el apéndice 7.2 Programación de la torreta WidowX, pág. 289

3.4.3.3 Cámara PTZ / PS3Eye (CV_3, CI_3, VD_3)

Este conjunto de subsistemas utiliza como sensor de entrada la cámara para videojuegos de Sony ps3eye. El flujo de píxeles obtenidos son analizados por un algoritmo de OpenCV desde el entorno para programación gráfica PureData en un miniordenador Pico820. El objeto de detección utilizado en Pure Data es [pdp_opencv_of_1k] que pertenece al proyecto *puredata_opencv*²⁰³. El objeto calcula el flujo óptico, tratando de correlacionar el movimiento de los píxeles de un cuadro con el siguiente, este algoritmo se conoce como correspondencia de bloques (subconjuntos de píxeles), siendo el tamaño de bloques variable, ya que se pueden ajustar en la programación. El objeto utiliza el método de Lucas / Kanade²⁰⁴ para la correspondencia de bloques y la comparación y seguimiento del flujo de los píxeles.

Tras aplicar el análisis de flujo óptico que obtiene del objeto [pdp_opencv_of_1k] el valor medio del flujo óptico, que indica con qué velocidad y en qué dirección del plano X-Y fluyen la mayoría de los píxeles de la imagen en un determinado

203 Los detalles del proyecto *puredata_opencv* se pueden consultar en la dirección: http://www.hangar.org/wikis/lab/doku.php?id=start;puredata_opencv (accedido a 14/05/2013)

204 Para obtener más información acerca del método Lucas/Kanade se puede consultar el correspondiente artículo de Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Lucas%E2%80%93Kanade_method (accedido a 3/8/2013)

momento. Como el sensor de detección (la cámara PS3eye) está situado en el techo y dirigida hacia el suelo, este valor varía en función del paso de los asistentes a la sala.

Lo valores de dirección en el plano X-Y se convierten a valores de velocidad y dirección de movimiento panorámico de una cámara de seguridad. Estos datos se envían a la cámara por red inalámbrica transformados en ordenes de control pan y tilt del protocolo de control HTTP propio de la cámara²⁰⁵, para ello se utiliza el objeto de Pure Data [httpget].

205 El protocolo de comunicaciones y control de la cámara Vivotek SD8121 se puede consultar en el manual de usuario disponible siguiente enlace: <http://www.use-ip.co.uk/datasheets/vivoteksd8121usersguide.pdf> (accedido a 3/8/2013)

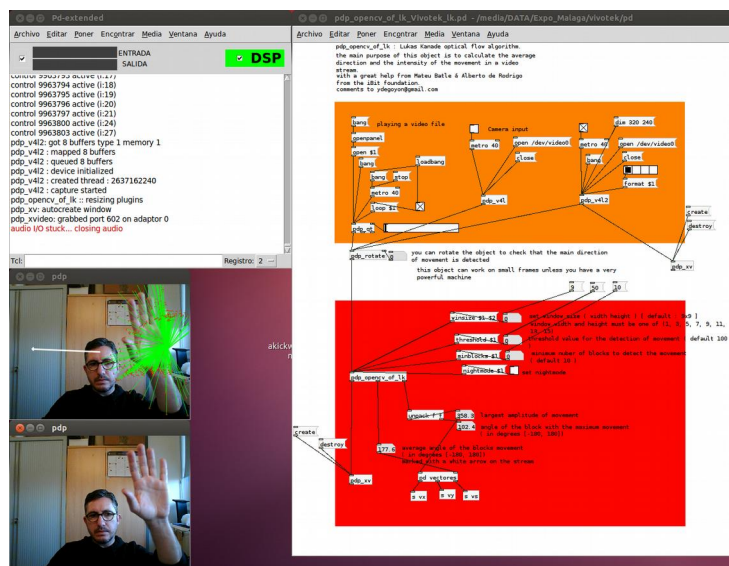


Fig. 39. Interfaz de la aplicación de análisis de flujo óptico.

3.4.4 Planificación

El espacio en el que realizamos la instalación es la sala de exposiciones de la Facultad de BB.AA. de la Universidad de Málaga, en su actual edificio del campus de El Ejido. La estancia de la sala estaba destinada originalmente a funcionar como aula de gran aforo para clases magistrales, lo que condiciona el diseño expositivo con elementos como ventanas, columnas, puertas de emergencia o una pendiente en la zona del suelo donde se ubicaban los asientos de los alumnos.

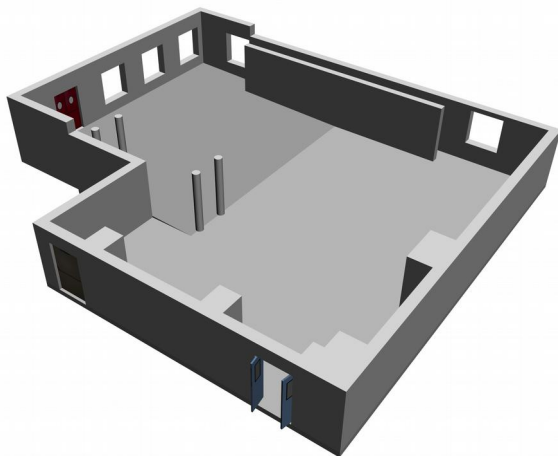
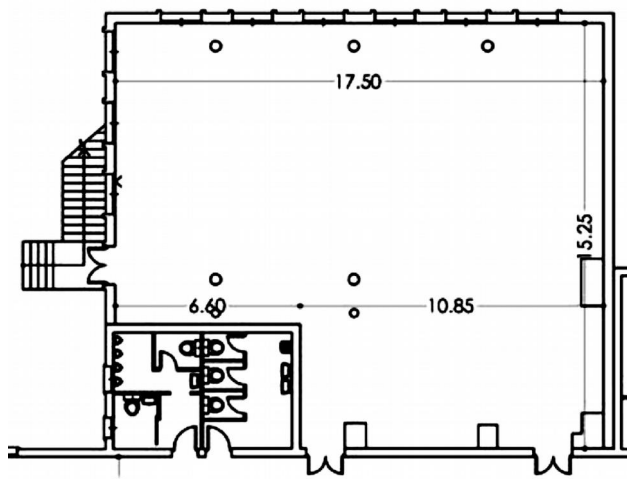


Fig. 40. Arriba, plano original en planta de la estancia reconvertida en sala de exposiciones. Actualmente las tres columnas que figuran en la parte superior del plano han pasado a formar parte de una pared que las une. Abajo, vista virtual en perspectiva de la sala. Nótese al fondo el desnivel del suelo (en un gris más oscuro), y el consiguiente cambio de altura en escalón en el techo falso.

Dado que en la sala se iban a realizar varias proyecciones, una de las primeras decisiones que se tomó fue la de clausurar las ventanas de manera reversible para la exposición. Otra de las consideraciones iniciales fue la de cómo organizar el espacio de manera que se asegurase un funcionamiento óptimo tanto el día de la inauguración de la exposición, en la que actuaría el grupo de música Shining Crane, como los días posteriores. Durante la actuación del grupo, los artistas debían ser el foco de atención de los sensores del sistema mientras que el resto de días de la exposición, resultaría interesante que fuese el público el que generase las reacciones del sistema. Surgía pues la duda de si preparar dos distribuciones distintas para los elementos en la sala, o una única distribución que sirviese en todas las situaciones. Pensando en ésta última opción, planteamos la posibilidad de ubicar el escenario de actuación del grupo en una posición centrada, de manera que no fuese necesario reubicar/ reorientar los sensores tras la actuación, ya que es la misma zona por donde pasaría el público durante la exposición, una vez retirados los elementos y aparatos necesarios para el concierto. Otro de los aspectos a tener en cuenta era la zona de movimiento del robot aspirador y el tipo de planos que este generaría. Contábamos con varias posibilidades de acotación del espacio en función de los sensores del robot. Por una parte podíamos construir un murete, que sería detectado por el robot gracias a sus sensores de distancia y choque. Otra opción era crear una

zona más elevada, cuyos límites serían detectados con los sensores de desnivel que incorpora el robot para evitar, por ejemplo, la caída por unas escaleras en un escenario doméstico. Tras deliberar al respecto incluimos ésta última opción en la alternativa del escenario central. El robot funcionaría sobre una mesa amplia que proporcionaría un punto de vista más elevado que el suelo.

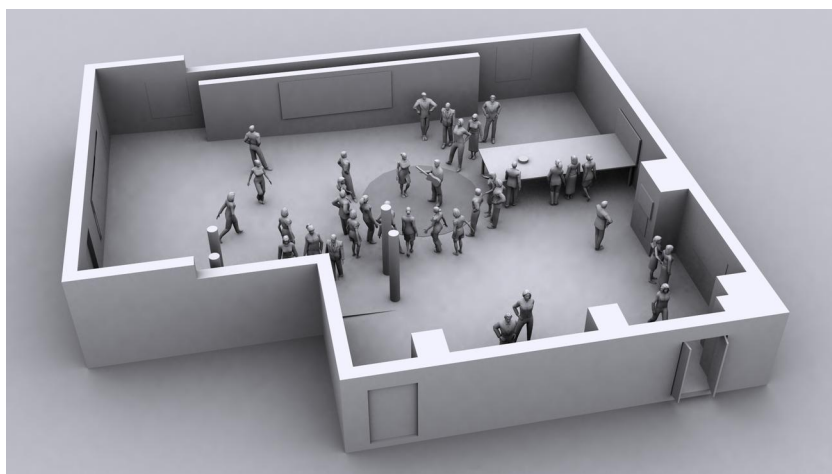


Fig. 41. Distribución inicial proyectada para que la ubicación de los sensores del sistema fuese permanente, sirviendo tanto para captar al grupo durante la actuación como para detectar al público tras el concierto. A la derecha, junto a la pared se ubicaría una mesa que acotaría el rango de movimientos del robot aspirador. En el extremo de la mesa pegado a la pared estaba previsto instalar un espejo de manera que se generasen también planos en los que el sistema cámara-robot se grabase a si mismo.

Dado que tendríamos que construir nosotros mismos cualquier elemento que decidiésemos incluir en la exposición, tratamos de buscar una alternativa a la mesa como elemento de delimitación de los movimientos del robot. Por una parte

nos interesaba que el espacio de movimiento del robot generase la mayor cantidad posible de imágenes del grupo, por otra parte asumimos que la auténtica naturaleza de la "visión" de este robot era el punto de vista contrapicado que se obtendría al grabar desde el suelo. Con estas consideraciones en mente planteamos otra alternativa, en la que el robot circularía alrededor del grupo durante el concierto y posteriormente se retiraría la barrera del escenario para que pudiese ocupar todo un cuadrado central.

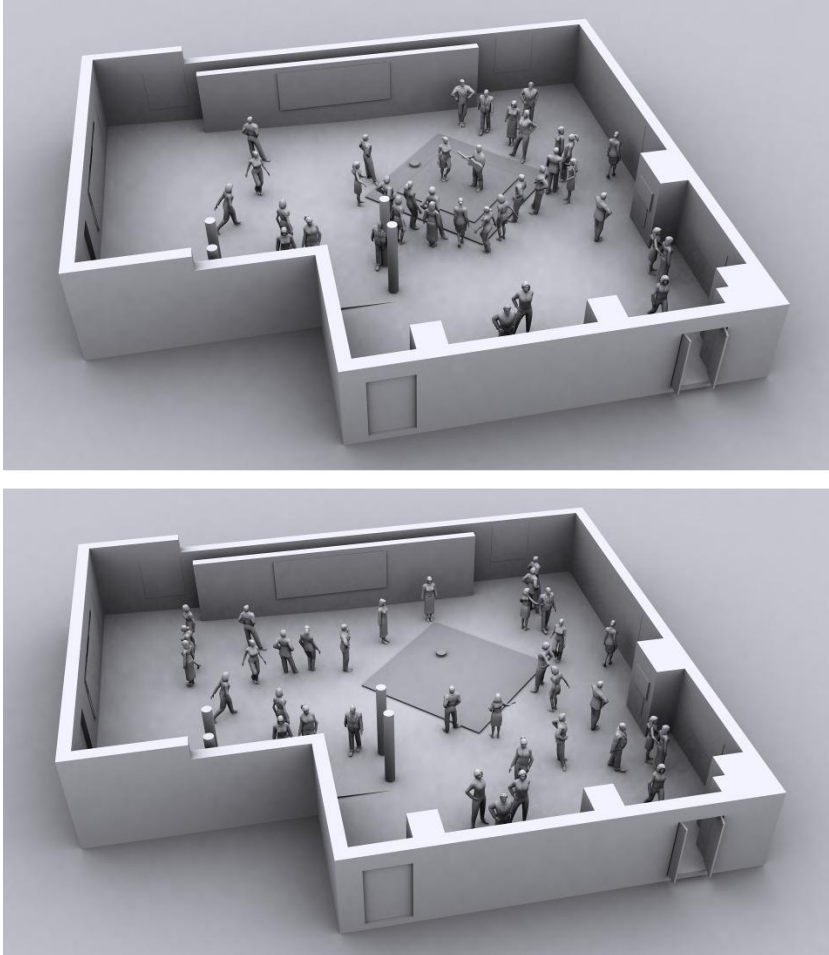


Fig. 42. Alternativa a la mesa para el robot aspirador. Durante el concierto captaría imágenes del grupo mientras un desnivel evita que interfiera en la actuación. Posteriormente se retiraría este desnivel para que circule libremente.

Tras comentar esta alternativa con los responsables de la productora del concierto (Play Producciones), vimos que

ubicar al grupo en el centro de la sala rodeado de espectadores no resultaba una disposición adecuada para potenciar la acústica, teniendo en cuenta el equipo de sonido disponible. De manera que fue necesario replantear la distribución en base a la ubicación ideal del grupo, junto a una pared o en una esquina y después colocar los sensores de manera que captasen adecuadamente a los componentes del mismo. Posteriormente, tras la actuación se reubicarían y/o reorientarían para captar al público en las principales zonas de paso, a excepción de los sensores y dispositivos de los subsistemas basado en la cámara de videovigilancia y la cámara PS3Eye que desde un principio se ubicaron en su posición definitiva por cuestiones prácticas; y los subsistemas del robot aspirador, para el cual se preparó una zona acotada que posteriormente dejamos en su posición inicial, en lugar de trasladarla al centro del espacio, tal como habíamos planificado. Otro cambio que incluimos fue usar la opción de levantar una barrera perimetral para limitar los movimientos del robot, ya que sería más económica y más sencilla de construir que una tarima elevada.

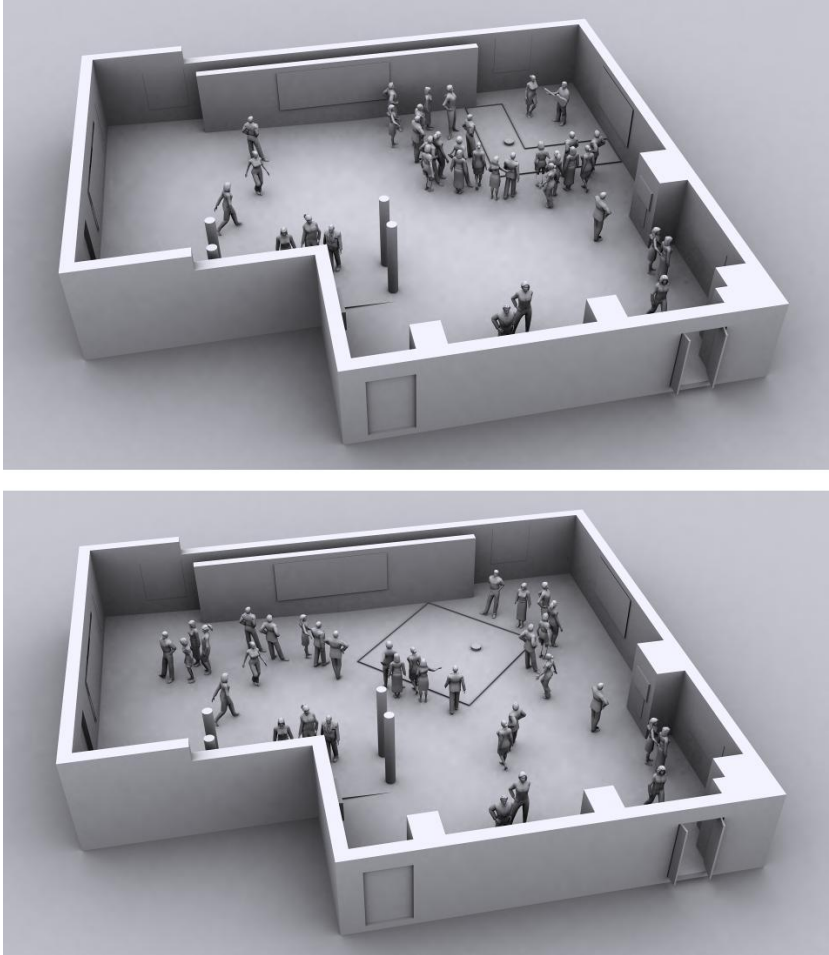


Fig. 43. Alternativa con el grupo ubicado en una esquina, y el área del robot móvil alrededor, acotada con una barrera (arriba). Esta opción planteaba trasladar el robot y la barrera al centro del espacio tras la inauguración, como se ve en la imagen de abajo, aunque finalmente se dejaron en su ubicación inicial y solamente se realizaron cambios de posición y orientación de algunos sensores del sistema.

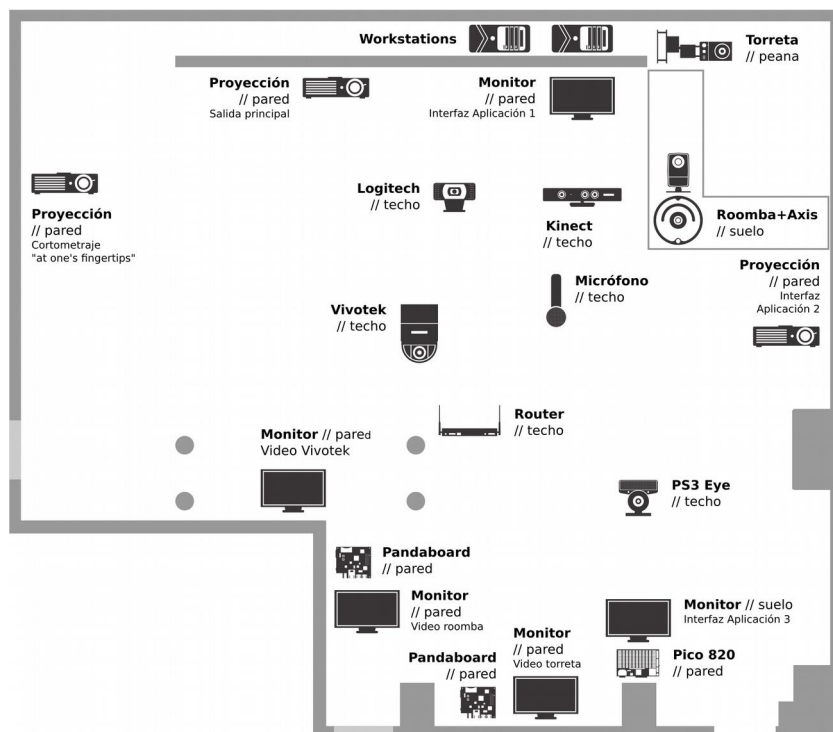


Fig. 44. Distribución de los dispositivos en la sala, en la configuración B, durante la exposición.

4. CONCLUSIONES / CONCLUSIONS

4.1 CONCLUSIONES EN CASTELLANO

4.1.1 Relaciones entre sonido e imagen

Aunque el estudio que nos ocupa se centra en la parte visual de los audiovisuales, en cada uno de los distintos experimentos que componen la investigación existe también una parte sonora, por lo que se generan varios tipos de relaciones entre las imágenes y los sonidos (ya sean estos más o menos musicales o aquellas más o menos abstractas).²⁰⁶

Desde la antigüedad el ser humano lleva utilizando las relaciones entre los sentidos de la vista y del oído para la síntesis de experiencias estéticas en las que la retroalimentación de estos dos sentidos da como resultado una nueva percepción más poderosa que cualquiera de las otras por separado. Tal como nos dice Chion, “no se «ve» lo

206 Se suele dar por supuesta la coexistencia de imagen y sonido en un audiovisual (lo cual parece lógico), y al vídeo o videocreación mudo se le suele incluir en esta categoría; sin embargo no está de más recordar que existe un rango completo de posibilidades, desde la imagen completamente muda, visualizada en silencio, hasta la audición carente por completo de imagen, si se realiza en completa oscuridad. Pese a ello, dado que nuestro mundo interior coexiste con lo que percibimos por medio de los sentidos, es más que probable que la mayoría de nosotros rellene el hueco que deje alguno de ellos, recordando o evocando sonidos en el caso del vídeo mudo, o imágenes en el de la audición ciega. Dado el peso relativo que tiene la visión en nuestro elenco de percepciones (hasta el punto de que relacionamos con asiduidad visible con verdadero), es más habitual este segundo caso, en el que introducimos en el vacío visual nuestras propias imágenes interiores provenientes de recuerdos o sintetizadas a partir de nuestra base de datos de imágenes.

mismo cuando se oye; No se «oye» lo mismo cuando se ve”²⁰⁷. La conjunción de imagen y sonido en el audiovisual puede dar lugar a varios tipos de valor añadido (de la imagen al sonido, del sonido a la imagen o mutuo) cuando cada uno modifica la percepción que tenemos del otro. Un claro ejemplo de sonido que añade valor a la imagen es el fuera de campo, cuando la sonorización describe un hecho que se nos vela a los ojos, como en el caso de muchas escenas de crímenes en el cine, donde no se ve la acción, sino que solo se escucha. En cuanto al valor que una imagen puede aportar a un sonido citamos directamente a Chion:

“El mismo sonido podrá, pues, sonorizar de manera convincente en una comedia la sandía que se aplasta y, en una película de guerra, el cráneo hecho papilla. Ese mismo ruido será en un sitio jubiloso, y en otro insoportable.”²⁰⁸

Aparte del valor añadido proporcionado por las relaciones de significado en el contrato audiovisual, también se pueden clasificar distintos tipos de relaciones sonido-imagen en base a la sincronización entre ambos. Cuando la sincronía es precisa e invariable en el tiempo, de manera que se asocian completamente los eventos visuales en la pantalla con los sonoros provenientes de los altavoces, como en el caso del doblaje o de los efectos especiales sonoros, hablamos de

207 Op. Cit. Pág. 76

208 Ibid

unificación. El caso completamente opuesto es la sincronía casual, que ocurre cuando no hay relación aparente de sincronía entre la imagen y el sonido, ambos se perciben de manera independiente y no es posible identificar una relación causa-efecto aparente, ni tampoco una pauta de sincronismo que permita anticipar las imágenes o los sonidos que pueden aparecer a continuación. Si existiese una pauta o patrón rítmico entre ambos fenómenos hablaríamos de sincronía estética, en la que se establecen puntos de sincronización siguiendo una estructura temporal que permite, tras identificar el patrón rítmico, prever los momentos sonoros y visuales en los que ocurrirá una sincronización.

En cuanto a los experimentos que nos ocupan, podemos observar que en cada una de las pruebas de campo que hemos tenido la oportunidad de realizar predomina un tipo de relación diferente entre la parte sonora y la visual, tal como exponemos a continuación.

4.1.1.1 Conciertos en vivo

En estos experimentos, realizados en directo, el sistema actúa como complemento a la actuación de un grupo musical, a modo de videojockey. Por medio del procesamiento en tiempo real del propio material capturado en el espacio de la actuación se genera una realización automática de la parte visual del espectáculo, de manera que la relación que se establece supedita la parte visual a la sonora. Sin embargo,

en nuestro caso, a pesar de que las imágenes actúan de complemento "suave", teniendo un peso significativamente inferior a la música en el conjunto del evento, no se ha establecido una relación o mapeo estricto entre los sonidos y la forma de procesar y visualizar las imágenes. Tal como se explica con detalle en la descripción técnica del sistema empleado en la realización, las imágenes mostradas provienen del reencuadre de la zona con mayor cantidad de movimiento a partir de un plano general de todo el escenario. La relación percibida por el espectador es de tipo casual²⁰⁹, ya que no existe una coincidencia clara o rítmica, ni siquiera un patrón definido en los cambios de imágenes. Aún así, en la medida que el movimiento natural de los músicos del grupo se corresponde con los cambios de ritmo e intensidad de cada pieza musical, sí que se puede intuir, observando las imágenes generadas por el sistema, que son los propios músicos los que establecen cierta relación indirecta entre su música y lo que aparece en las pantallas. Quizá las relaciones más claras que surgen sean, por una parte, el ritmo de cambio de plano, que varía en función de la cantidad de zonas de la imagen analizada que "compiten en intensidad de movimiento", o sea zonas cuya cantidad de movimiento es muy parecida. Cuando los valores de las zonas con mayor cantidad de movimiento no difieren sustancialmente entre sí,

209 Chion, Op. Cit. p. 76

cualquier pequeña variación en los valores puede hacer que la prioridad pase a una zona distinta, de manera que esta situación favorece la rápida sucesión de cambios bruscos de plano. Por otra parte la otra relación evidente se produce con la aparición de movimientos aparentes de cámara, o sea la sucesiones de fotogramas que por su proximidad espacial son percibidos como pertenecientes a un movimiento de cámara en vez de percibirse como un montaje en corte. Esto suele ocurrir cuando una zona tiene un valor de cantidad de movimiento claramente superior al resto de la imagen analizada, de manera que mantiene la atención del sistema a lo largo de fotogramas consecutivos. Otras relaciones indirectas que aparecen son aquellas en las que la iluminación del escenario hace de nexo entre la música y las proyecciones generadas por el sistema. Esto ocurre cuando el escenario cuenta con una iluminación dependiente del sonido, ya sea por medio de programación o a través de un operador humano. En este caso, si la iluminación entra en el campo de visión del plano general que el sistema analiza como imagen de partida, los cambios en la intensidad o en el color de los focos son interpretados como movimientos intensos, de manera que en los momentos en los que se producen estos cambios aparecerá en las pantallas controladas por el sistema la imagen del o los focos en cuestión.

En la práctica hemos podido observar durante las distintas actuaciones que este tipo de relaciones son bastante sutiles,

llegando a producir una especie de sinestesia en la que se intuye que el flujo de las imágenes y del sonido tiene cierta relación, pero sin llegar a los niveles estructurados del montaje rítmico.

Con respecto a la efectividad de los experimentos realizados en directo, pudimos contar con el juicio y la evaluación de los profesionales del sector con años de experiencia que gestionan la empresa Play Producciones. Estos nos indicaron que valoraban muy positivamente los resultados y la aportación al espectáculo de los sistemas puestos a prueba, viendo incluso potencial comercial en el caso de desarrollar un producto que pudiera ser manejado fácilmente por técnicos de imagen y sonido de este tipo de actuaciones. Además comentaron que los sistemas de detección y tracking también se podían utilizar para automatizar la iluminación de escenarios y platós en actuaciones en directo, de manera que un operario solo tuviese que asignar determinados focos a cada persona del escenario y el sistema mantuviese el foco apuntando a dicho objetivo de forma automática.

4.1.1.2 Exposición CVCinema

El sistema CVCinema fue instalado en la exposición homónima que tuvo lugar en la Facultad de BB.AA. de la Universidad de Málaga del 11 al 31 de octubre de 2012. Dicha instalación comprendía todos los elementos del sistema, instalados en dos configuraciones diferentes. Una

configuración fue la utilizada el día de la inauguración, teniendo en cuenta que actuaría en directo el grupo de música Shining Crane, de manera que los sensores y el micrófono con los que contaba el sistema se dirigieron hacia la zona donde se situaría el grupo durante la actuación y se calibraron para esa situación. El resto de días de la exposición se utilizó una segunda configuración, en la que los sensores y el micrófono se dirigieron hacia las zonas de paso de los espectadores en la sala y se calibraron nuevamente.

Tal como se explica en detalle en el apartado de descripción técnica de la instalación, las imágenes visualizadas en la pantalla principal se generaban realizando una mezcla de varios flujos de vídeo, a cada uno de los cuales se le asignaba en tiempo real un valor de opacidad. Estos valores de opacidad eran suministrados por un subsistema de análisis de sonido, que procesaba el audio capturado en directo de la sala por medio de un micrófono colgado en el techo. Durante la actuación, dado que el volumen del grupo de música sobrepasaba cualquier otra fuente sonora de la sala (personas hablando, etc.), la mezcla respondía a los sonidos de las canciones ejecutadas por el grupo. Durante el resto de la exposición, la mezcla de imágenes respondía a los sonidos del público, con el micrófono debidamente recalibrado para los niveles de ruido habituales durante las visitas a la sala. El funcionamiento del sistema tiene una respuesta con un retraso apenas perceptible, por lo que se puede considerar que funciona en tiempo real.

Vemos pues que en este experimento parte de la imagen tiene una relación directa con el sonido que se produce en vivo, y de hecho esta relación es de dependencia de la imagen hacia el sonido, en sincronía con picos de volumen que generaban un cambio en los valores de opacidad asignados a cada uno de los flujos de vídeo que componían la mezcla principal, a estos cambios de opacidad en los flujos visuales en dependencia de los flujos sonoros podríamos llamarlos cambios inter-flujo. La otra parte que varía en la imagen, esto es, los propios flujos de vídeo que varían según su evolución interna, no depende de las variaciones del sonido, a estos cambios podríamos denominarlos cambios intra-flujo.

El resultado de la primera configuración es que en algunos momentos la sincronización entre imagen y sonido es perceptible, pudiéndose relacionar los cambios que se producen en la pantalla con cambios en el sonido como golpes de percusión, y viendo un cierto paralelismo entre el ritmo de cambio de la imágenes y el nivel de cambio del sonido. En pasajes más lentos de una canción los planos tienen más duración en pantalla, mientras que otros momentos musicales más animados generan un mayor número de cambios de plano y por consiguiente planos de menor duración. Sin embargo, no todos los eventos visuales se aprecian en sincronía con los sonoros. En ciertos momentos ocurre que el sistema de análisis de sonido responde a variaciones que no somos capaces de identificar

como hitos sonoros susceptibles de ser la causa originaria de un efecto, en este caso un efecto visual, ya que no nos resultan suficientemente significativos. En otras ocasiones, aparece en pantalla un flujo de vídeo que incorpora variaciones intra-flujo (ya sea un montaje o un cambio en la dirección de movimiento de cámara) generadas independientemente del sonido por uno de los subsistemas de análisis de imagen, de manera que esta falta de sincronía causa una especie de efecto de arritmia al ser percibido junto con el sonido del concierto.

Tal como nos comentaron algunos de los asistentes a la inauguración, esta variedad de situaciones resultaba adecuada para el evento ya que acompañaba a los músicos sin quitarles el protagonismo. Se podían percibir ciertas relaciones musicovisuales sin que la sincronización llegara a ser constante y predecible hasta el punto de resultar monótona.

En la segunda configuración el ambiente sonoro del espacio expositivo era bastante tranquilo, ya que la presencia simultánea de personas se limitaba en el mejor de los casos a grupos de unos 5 visitantes. En este contexto, la calibración se ajustó para que el sistema de análisis sonoro enviara valores de opacidad al detectar cambios significativos en el sonido de la sala, como una subida de voz o un repunte percutor. El resultado es que la mayor parte del tiempo los espectadores no se apercebían de la relación entre el sonido y la imagen, ya que mientras el micrófono no captase

variaciones importantes, la mezcla de imágenes mostraba cambios suaves. Una vez que se le decía expresamente al visitante que existía una relación entre el sonido y la proyección principal, éste empezaba a experimentar investigando esta relación por medio de la generación de ruido a base de palmadas o por medio de la voz. Es importante mencionar que solamente instalamos un micrófono, y que el rango de captación del mismo estaba bastante limitado, al ser un micrófono vocal dinámico. Esto influyó también en el diseño de la calibración para esta segunda configuración, ya que si ajustábamos la sensibilidad para captar sonidos distantes provenientes de los extremos de la sala, en cuanto se generaban sonidos a menor distancia el sistema comenzaba a responder a variaciones tan pequeñas que producía un exceso de cambios de opacidad. Ante esta situación se optó por ajustar los niveles para los volúmenes de sonido producidos a menor distancia, siendo el rango efectivo de tres metros de diámetro aproximadamente.

4.1.1.3 Cortometraje "At one's fingertips"

El cortometraje "At one's fingertips" está montado a partir de uno de los experimentos del sistema CVCinema. De este experimento se obtuvo el material para componer la parte visual del cortometraje. Este material consiste por una parte en las imágenes filtradas en el proceso de análisis por visión artificial (en el que se genera un metalenguaje propio del

medio), y por otra en las imágenes de salida obtenidas por medio de un reencuadre variable del plano general. Este reencuadre genera un montaje con cortes de plano y movimientos de cámara aparentes. Tras disponer el material recabado en la pista visual del corto, tal y como se explica en detalle en el apartado de descripción técnica de los experimentos, el componente sonoro se generó con un programa o *patch* hecho a propósito con en entorno de programación Puredata. El patch se utilizó para analizar la parte visual ya montada, y generar una pista de audio en la que el sonido varía en función de los valores de color de los píxeles de una zona determinada de la imagen. Como parte constante del audio, con el programa se generó por medio de síntesis un sonido ambiental de fondo que simulaba una brisa de viento.

Aquí la relación entre el sonido y la imagen es opuesta al caso anterior. El audio es dependiente de la imagen, siendo una parte del mismo generado a partir de ella, mientras que otra parte es independiente de la imagen y se regula por medio de otros parámetros.

Aunque el sonido dependiente de la imagen es de carácter fragmentario, al percibirse claramente una relación causa-efecto entre ambos por medio de la síncreis, el resultado es un efecto materializador, dándole a la imagen una textura de realidad, y creando una identificación entre el espacio plano de la pantalla y un posible espacio real, en oposición a lo que sería un sonido puntuador o simbólico. El

movimiento de las manchas a las que el sistema ha reducido la imagen de partida, al variar en la zona seleccionada para establecer la síntesis sonora, genera cambios en el sonido. Asociamos este movimiento a lo que percibimos con nuestros oídos, de manera que las sucesivas repeticiones de las que se compone el corto nos permiten anticipar los cambios sonoros e identificar las manchas con los sonidos, a pesar de no tener relación natural alguna. La materialización con la que el sonido variable añade valor a la imagen se ve reforzada por el sonido constante de brisa, que sumerge la audiovisión en un cierto universo de fondo, y añade, ahora sí, connotaciones simbólicas dependientes de las convenciones con respecto a este tipo de sonidos (soledad, desierto, misticismo, etc.).

4.1.2 Creatividad computacional al alcance de la mano

En los experimentos realizados en esta investigación hemos seguido una búsqueda de conocimiento artístico, realizada con un planteamiento que encaja en las categorías de creatividad formuladas por Boden²¹⁰, presumiendo la posibilidad de que los resultados obtenidos del sistema permitan establecer relaciones entre el funcionamiento del computador a la hora de analizar el entorno con herramientas de visión artificial y las características que

210 Véase el apartado 2.2.3 Niveles de responsabilidad creativa , pág. 87

identifican algunas experiencias estéticas del ser humano. Al juntar disciplinas habitualmente separadas como la visión artificial y los audiovisuales estamos propiciando la creatividad combinacional. Además, como expusimos anteriormente, incorporando algunos de los resultados del sistema en audiovisuales en las pruebas de campo hemos ampliado el espacio conceptual del cine experimental en un caso y de los visuales en realizaciones de conciertos en directo en otro caso, lo cual entraría dentro de la categoría de creatividad exploratoria. Por último, un análisis de lo que el sistema desarrollado considera "interesante", comparado con lo que los humanos solemos valorar estéticamente puede llevarnos a identificar nuevos parámetros estéticos positivos (en el caso de que ambos, computador y humano, coincidan) o negativos (en el caso de que no coincidan), con la posible transformación del espacio conceptual estético de los audiovisuales (creatividad transformacional). En los apartados dedicados a los experimentos vimos como se produce esta simbiosis entre humano y computador, que comparten las tareas creativas con distintos niveles de responsabilidad en los diversos momentos y tareas del proceso creativo.

Aunque, evidentemente, nuestro sistema no tiene las características necesarias para ser considerado como un sistema creativo, supone una aportación a las iniciativas que dirigen sus esfuerzos hacia la consecución de un dispositivo capaz de proporcionar nuevas experiencias estéticas al ser

humano de manera creativa y autónoma. Dentro del esquema de niveles de responsabilidad creativa humano-computador propuesto por McCormack²¹¹, podríamos situar nuestro sistema en algún punto entre la herramienta y el asistente.

Aunque la mayoría de iniciativas audiovisuales que exploran nuevas estrategias basadas en computación creativa siguen reduciéndose al ámbito experimental, hoy ya contamos en nuestros dispositivos móviles con aplicaciones capaces de igualarnos como cineastas, sintetizando nuestras memorias en forma de vídeos editados automáticamente o eligiendo de una serie de fotogramas aquella que mejores cualidades estéticas ofrece como fotografía²¹². Este tipo de aplicaciones son un ejemplo práctico de cómo los dispositivos pueden hacerse cargo de tareas que hasta ahora requerían no solo de ciertos conocimientos técnicos, sino también de conocimientos sobre teoría de comunicación y estética, además de capacidades creativas.

Otros productos que han llegado ya al mercado incluyen un hardware específico con un dispositivo emisor que es localizado por el sistema de detección de manera que es capaz de realizar el seguimiento y grabar deportistas en

211 Op. Cit, MCCORMACK, pág.97.

212 Si el lector desea obtener más información al respecto bastará con introducir en un buscador de internet términos en inglés como: "automatic video editor", etc.

movimiento como un surfista o un esquiador con una cámara.²¹³

En el futuro, independientemente del grado que alcancemos de fusión humano-máquina (vaticinada por pensadores como Ray Kurzweil²¹⁴), nuestros cohabitantes sintéticos colaborarán activamente con nosotros en la creación de todo tipo de obras creativas, y llegarán a ser nuestros maestros y mentores a la hora de explorar nuevas experiencias estéticas.



Adaptado del original con el permiso de los autores: McCormack, J., et al. (2012) "Ten Questions Concerning Generative Computer Art" (versión extendida), Leonardo, MIT Press, publicado en línea en febrero de 2013: http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/LEON_a_00533.

Fig. 45. Esquema que plantea un hipotético escenario futuro en el que el computador es quien instruye al humano en tareas creativas cediéndoles paulatinamente la responsabilidad creativa.

213 Dos ejemplos de este tipo de sistema se pueden consultar en: http://www.21best.com/21_best/electronic/security/video/pan_tilt/Follows-you-automatic-pan-head.html y <http://www.movensee.com/> (accedido a 29/8/13).

214 Op. Cit., KURZWEIL, pág. 56

4.1.3 Futuras líneas de investigación

Cuando el territorio a explorar está poco transitado es fácil que tomemos rumbos poco definidos, sobre todo cuando la meta es tan ambiciosa como la de que las máquinas alcancen autonomía creativa en el campo del cine experimental. La imaginación juega un papel importante a la hora de plantear experimentos, y del resultado de estos experimentos dependerá que las vías imaginadas se confirmen como transitables o se consideren caminos sin salida. Esta imaginación es la que vemos materializada en las obras de ciencia ficción que tratan el tema²¹⁵.

No es difícil imaginar que con el avance de la tecnología podamos disponer en nuestros hogares de un dispositivo capaz de detectar nuestro estado de ánimo y, habiendo aprendido y comprendido cómo somos, nuestros gustos y preferencias, generar instantáneamente para nosotros un entretenimiento audiovisual único con la medida de interactividad adecuada y que incluya, porqué no, como actores a nuestros caracteres históricos favoritos (ficticios o reales). Podríamos ver (o vivir) una película de una saga de Star Wars, con un Clint Eastwood de mediana edad haciendo

215 Una de las obras más significativas es el relato "El hombre bicentenario" de Isaac Asimov en el que un robot que cobra autoconsciencia exhibe su capacidad creativa a la hora de crear relojes singulares. El relato (publicado en castellano en el libro "Cuentos Completos II de Isaac Asimov", trad. Carlos Gardini, Ediciones B, Santiago de Chile, 1998) fue adaptado a la gran pantalla en 1999 en el film homónimo "The bicentennial man", dirigido por Chris Columbus.

de Maestro Jedi y luchando contra un malvado Lord Sith interpretado por Béla Lugosi, todo ello dirigido al estilo del *plugin Stanley Kubrik*, del *plugin Steven Spielberg*, etc. En cualquier momento que decidiésemos (o que el sistema estimase oportuno) podríamos intervenir en la acción y/o variar el rumbo de la historia.

También resulta posible prever, con la multiplicación de dispositivos con cámaras cuyo contenido es compartido con nuestro entorno social, un documentalista computacional que nos narre cualquier fragmento de nuestra vida o de la de nuestros allegados a partir del material grabado de la multitud de cámaras que habrá por todas partes. Podremos elegir el tono, el estilo, etc. o dejar que lo elija el sistema.

Para acercarnos a estas fantasías será necesario seguir experimentando en el futuro con sistemas que, por ejemplo, apliquen técnicas de visión artificial para analizar una base de datos de films y determinar los parámetros más relevantes que distinguen a un autor de otro, elaborando en función a estos parámetros nuevas obras (sería algo así como, valga la expresión, el "plugin Spielberg" o el "plugin Hitchcock" de un robot creador de películas).

Un sistema así, para ser considerado creativo según las posturas actualmente predominantes al respecto en ámbito de la creatividad computacional, debe satisfacer requisitos como el de ser capaz de evolucionar de manera que el acto creativo tenga una repercusión sobre el propio sistema. Así,

con un incremento de tiempo para dos mismos inputs no se produciría el mismo output:

tiempo n:

input 1 → sistema → output 1

tiempo n+1:

input 1 → sistema → output 2

Otra gran línea de investigación que se abre es la que trabaja en el mundo virtual. De manera similar a nuestra imaginación, a través de la cual "vemos" cosas que no son materiales pero que existen en nuestra mente, el mundo virtual juega el papel de la imaginación del computador. Al igual que nos ocurre a nosotros, en ella las posibilidades se multiplican al no tener las limitaciones del medio físico. Para ello se podría trabajar tanto con estrategias generativas como con la adaptación al mundo virtual de material ya registrado del mundo físico, creando, por ejemplo, un sistema que muestre creatividad combinatoria con el nivel de sutileza que encontramos en algunos humanos a partir de una gran base de datos y de una serie de reglas combinatorias.

Estas son solo algunos ejemplos de posibles líneas de investigación venideras en este campo fértil y escasamente explorado, que pueden dar muchos frutos en el futuro.

Quizá estas líneas resuelvan cuestiones que se nos plantean ahora, y cuyas respuestas dejamos para otros estudios, como ¿Implica la creatividad necesariamente humanidad o inteligencia? ¿Podemos llamar creativos a los sistemas de la naturaleza que encuentran soluciones brillantes ante las dificultades que se encuentran? ¿Existe la creatividad solo en la mente humana como un mero etiquetado de ciertos comportamientos o es el universo creativo por ontología, con sus transformaciones, degeneraciones y regeneraciones, creando nuevas configuraciones de materia? ¿Que peso tiene la parte emocional en el acto creativo y cómo podemos cuantificarlo?

Lo cierto es que con la progresiva incorporación de los dispositivos "inteligentes" a todos los ámbitos de nuestras vidas comenzamos a delegar en ellos cada vez más. En el ámbito creativo y expresivo de las Bellas Artes y del cine en particular hasta ahora solo nos limitaba nuestra imaginación. En el futuro, ¿que maravillas imaginarán nuestros compañeros computacionales para nosotros?

4.2 CONCLUSIONS IN ENGLISH

4.2.1 Relationships between sound and image

Although this study is centred in the visual part of the audiovisuals, in every of the different experiments that compose the research, there is also an audible side, therefore several types of relationships are generated between images and sounds (these being more or less musical or those more or less abstract).²¹⁶

Since ancient times, man has used the relationship between the senses of sight and hearing for the synthesis of aesthetic experiences, in which these two senses feedback results in a more powerful way than any of the other senses separately. As Chion tells us, "We never see the same thing when we also hear; we don't hear the same thing when we see as well"²¹⁷. The combination of image and sound in audiovisual can lead

²¹⁶ The coexistence of image and sound in an audiovisual is often taken for granted (which seems logical), and mute video or video art is often included in this category, but it is worth remembering that there is a full range of possibilities, from completely moving image, displayed in silence, until auditions completely devoided of images, if performed in complete darkness. Nevertheless, given that our inner world coexists with what we perceive through the senses, is more than likely that most of us fill the gap that leaves one of them, remembering or recalling sounds in the case of mute video, or images in the blind audition. Given the relative weight of vision in our cast of perceptions (to the extent that we regularly associate visible with true), is most frequent the latter case, in which we introduce in the visual gap our own inner images from memories or synthesized from our database of images.

²¹⁷ Op. Cit. Pág. 76

to various types of added value (the image to the sound , the sound to the image or both) when each modifies the perception we have of the other. A clear example of sound that adds value to the image is the off-screen effect, when the sound describes a fact that is veiled to sight, as in the case of many crime scenes in movies where the action is not seen but only heard. As for the value that an image can add to a sound, in Chion's own words:

"The same sound can convincingly serve as the sound effect for a crushed watermelon in a comedy or for a head blown to smithereens in a war film. The same noise will be joyful in one context, intolerable in another."²¹⁸

Aside from the added value provided by the relations of meaning in the audiovisual contract, different types of sound-image relations can also be classified based on the synchronization between the two. When the timing is precise and unchanging over time, so that the visual events on the screen are bound with the sound from the speakers, as in the case of dubbing or special sound effects, we talk of unification. The case is completely opposite to casual synchrony, which occurs when there is no apparent synchronic relationship between image and sound, both are perceived independently and cannot identify a cause-effect relationship, nor a pattern of synchronism to anticipate the

218 Ibid

images or sounds that may come after. If there is a rule or rhythmic pattern between both phenomena, we would speak of aesthetic sync, where synchronization points are introduced following a temporary structure that allows, after identifying the rhythmic pattern, to foresee audio and visual moments where synchronization will happen.

As for our experiments, we can observe that in each of the field tests we had the opportunity to make, a different relationship predominates between the sound and the visual parts, as set forth below.

4.2.2 Live concerts

In these experiments, performed live, the system acts as a complement to the performance of a musical group, as a VJ. Through real-time processing of the footage recorded in the actual action space, an automated visual of the show is generated, so that the relationship established makes the visual part dependent on the sound. However, in our case, even though the images act as a "soft" complement, having a significantly lower weight than the music throughout the event, there is no tight relationship or mapping established between sounds and the way to process and display images. As explained in detail in the technical description of the system used in the performance, the pictures displayed are the areas with the highest amount of movement, reframed from a wide shot of the entire stage.

The relationship perceived by the viewer is of the casual type²¹⁹ since there is no clear or rhythmic match, or even a clear pattern of image changes. Still, to the extent that the natural movement of the musicians of the group corresponds with change of pace and intensity of each track, it can be assumed, watching the images generated by the system, that it is the musicians themselves who provide some indirect relationship between their music and what appears on screen. Perhaps the clearest relationships arising are, firstly, the shots' change rate, which varies depending on the number of zones of the analysed images that are "competing in motion intensity", that is, areas where the amount of movement is very similar.

When values of the areas with greatest amount of movement do not differ substantially from each other, any small change in the values can give the priority to a different area, so that this situation favours the rapid succession of shot cuts. Moreover, the other obvious relationship occurs with the appearance of virtual camera movements, i.e. the sequences of frames which, by means of proximity, are perceived as belonging to a camera movement rather than perceived as an edit cut.

This usually occurs when an area has a clearly superior value amount of movement compared to the rest of the analysed

219 Ibid

image, so that it keeps the attention of the system along consecutive frames. Other indirect relationships that appear are those in which the stage lighting acts as a link between music and projections generated by the system. This scenario occurs when the lighting is sound dependent, either automated by programming or manually managed by a human operator. In this case, if the illumination enters the field of vision of the general plane that system scans as source image, changes in the intensity or the colour of the spotlights are interpreted as high intensity movements, so that, in the instants these changes happen, the spotlights will appear on the screens controlled by the system.

In practice, we have observed during the various shows that these relationships are quite subtle, producing a kind of synaesthesia in which we sense that the flow of images and sound has a certain relationship, but without reaching the levels of structured rhythmic editing.

With regard to the effectiveness of live experiments, we were able to have the judgement and evaluation of industry professionals with years of experience managing the company Play Productions. They told us they highly valued the results and the contribution of tested systems to the show, even foreseeing commercial potential in the case of developing a product that could easily be handled by the image and sound technicians of this kind of show. They commented that the detection and tracking systems could also be used to automate stage lighting and sets in live

performances, so that an operator only had to assign each spotlight from the stage to a selected person and the system would automatically keep it aiming at that subject.

4.2.3 CVCinema exhibition

The CVCinema system was installed in the homonym exhibition held at the Faculty of Fine Arts of the Universidad de Málaga from 11 to 31 October 2012. This installation comprised all elements of the system installed in two different configurations. One configuration was used on the day of the opening, considering the Shining Crane band would perform live, so that sensors and microphone accounted in the system headed for the area where the band would be situated during the performance, and calibrated for that situation. The remaining days of exposure, a second configuration was used, in which the sensors and the microphone were directed towards areas above the spectators in the room and calibrated again.

As explained in detail in the installation's technical description section, the images displayed on the main screen were generated by performing a mixture of several video streams, each of which was assigned an opacity in real-time. Such opacity values were provided by a sound analysis subsystem that processed the audio stream captured from the room through a microphone hung on the ceiling. During the performance, since the volume of the music group

surpassed any other sound source in the room (people talking etc.), the audio mix was responsive to the sound of the songs performed by the band. During the rest of the exhibition, the blending of images reacted to the sounds of the public, with the microphone properly recalibrated for normal noise levels during visits to the room. The system's response had a barely perceptible delay, so that it could be considered to be working in real time.

We see that, in this experiment, part of the image is directly related to the sound that is produced live, and in fact this relationship is dependent on the image to the sound, in sync with volume spikes that generated a change in the opacity values assigned to each of the video streams composing the main mix. These visual flows' opacity changes dependent on audio streams might be called inter-flow changes. The other part that varied in the image, that is, the actual video streams that vary according to their internal evolution, do not depend on variations of sound. These changes could be named intra-flow changes.

The result of the first configuration is that, at times, the synchronization between image and sound is perceptible, enabling us to relate the changes occurring on the screen with changes in sound as percussion hits, and noting some parallels between the rate of change of images and the sound change level. In slower passages of a song, shots lasted longer, while other more dynamic musical moments generated a greater number of image cuts and therefore

shorter shots. However, not all visual events can be seen in sync with the audio. At times, the sound analysis system respond to variations which cannot be identified as sound landmarks that could be the cause originating an effect, in this case a visual effect, because they seem insufficiently significant. At other times, the display shows a video stream that includes intra-flow variations (either a cut or a change in the direction of camera movement) generated despite of sound by one of the subsystems of image analysis, so that this lack of synchronization causes a kind of arrhythmia effect when perceived along with the sound of the concert.

As pointed out by those attending the opening, this variety of situations was appropriate for the event, as it accompanied the musicians without removing their prominence. Certain audiovisual relationships could be perceived without synchronization to become constant and predictable to the point of being monotonous.

In the second configuration, the sound ambiance of the exhibition space was fairly quiet, as the simultaneous presence of persons at best was merely of groups of about 5 visitors. In this context, the calibration was adjusted so that the sound analysis system could send opacity values when it detected significant changes in the sound of the hall, as a raised voice or a sound hit. The result is that most of the time the audience would not notice the relationship between sound and image, because as long as the microphone did not

capture important variations, mixing images showed only small changes.

Once the visitor was told that there was a relationship between the sound and the main projection, he began to experiment investigating this relationship through noise generation based on clapping or through voice. It is noteworthy that there was just one microphone installed and that the capture range was quite limited, being a dynamic vocal microphone. This also influenced the design of the calibration for the second configuration, since if we adjusted the sensitivity to sounds coming from the far ends of the room, whenever a sound was generated at a shorter distance, the system began to respond to such small variations that it produced massive opacity changes. In this situation, it was decided to adjust the sensitivity levels for sounds produced at a shorter distance, the effective range being about three meters in diameter.

4.2.4 "At one's fingertips" shortfilm

The short-film "At one's fingertips" is edited based on one of CVCinema system's experiments. The footage needed to compose the visual part of the film was obtained from it. This material consists partially of the images filtered in the process of vision analysis (which itself generates a meta language of the actual medium), and partially of the output images obtained by a variable reframing of the wide angle

shot fed into the system. This reframing generates an editing with cuts and apparent camera movements. After arranging the material obtained in the short-film's visual track, as explained in detail in the section on the technical description of the experiments, the sound component was generated with a program or patch made on purpose with Puredata programming environment. The patch was used to analyse the visual part already edited and create an audio track in which the sound varies depending on the color values of the pixels in a given area of the image. As fixed part of the audio, an ambient background sound simulating a wind breeze was synthesized with the program.

Here, the relationship between sound and image is opposite to the previous case. The audio is partially dependent on the image, a portion thereof being generated from it, while the other is independent of the image and is regulated by means of other parameters.

Although the sound dependent on image is of a fragmentary nature, as there is a clearly perceptible cause-effect relationship established among them through synchresis, the result is a materializing effect, giving the image a texture of reality, and creating an identification between the flat surface on the screen and a possible real space, as opposed to what would be a punctuating or symbolic sound. The movement of the spots to which the system has reduced the initial image, generates changes in the sound every time it modifies the target area on which the the sound synthesis depends. We

associate this movement to what we perceive with our ears, so that the successive repetitions in the short-film allow us to anticipate sound changes and identify the spots with the sounds, despite not having any natural relationship. The materialization with which the variable sound adds value to the image is enhanced by the constant sound of a breeze, which immerses the audio-vision in a certain background universe and adds now symbolic connotations dependent on conventions regarding this kind of sound (solitude, desert, mysticism etc.).

4.3 Computational creativity at hand

In the experiments conducted in this research, we performed a search for artistic knowledge, with an approach that fits into the categories of creativity made by Boden²²⁰, assuming the possibility that the results of the system may establish relationships between the operation of the computer analysing the environment with artificial vision tools and features that identify some aesthetic experiences of human beings. Bringing together normally separate disciplines such as computer vision and audiovisual creation we are encouraging audiovisual combinational creativity. Moreover, as we discussed above, incorporating some of the results of

220 Op. Cit., BODEN, page 90.

the system in audiovisual field tests, we expanded the conceptual space of experimental film in one case and visual production of gigs in another case, which falls within the category of exploratory creativity. Finally, an analysis of what the system developed considers "interesting", compared to what we, as humans, use to appreciate aesthetically, can lead to identifying new positive aesthetic parameters (in case that both computer and human agree) or negative (in case they do not agree), with the possible transformation of conceptual space of visual aesthetic (transformational creativity). In the sections dedicated to the experiments, we saw how a symbiosis proceeds between human and computer, both sharing creative tasks with different levels of responsibility in the various stages and tasks of the creative process.

Although, obviously, our system does not have the features necessary to be considered a creative system, it is a contribution to the efforts directed towards the achievement of a device capable of providing new aesthetic experiences to human beings, creatively and autonomously. Within the schematic of levels of creative agency between a computer and a human that McCormack²²¹ proposed, our system could be placed somewhere between the tool and the assistant. Although most audiovisual initiatives that explore new

221 Op. Cit., MCCORMACK, page 97

strategies based on creative computing do not go beyond experimentation, nowadays we already have applications in our mobile devices capable of matching us as filmmakers, of summarizing our memories in the form of videos edited automatically or choosing from within a number of frames the one that has the best aesthetic qualities as pictures²²². Such applications are a practical example of how the devices can take over tasks that until now required not only certain technical skills, but also knowledge of communication theory and aesthetics, as well as creative abilities.

Other products that have already hit the market include a specific hardware with a transmitter which is localized by the detection system so that it is able to track and record a moving athlete, such as a surfer or a skier, with a camera²²³.

In the future, regardless of how we achieve human-machine fusion (predicted by think tanks like Ray Kurzweil²²⁴), our synthetic cohabitants will collaborate actively with us in creating all kinds of creative works, and become our teachers and mentors when exploring new aesthetic experiences.

222 If the reader wishes to obtain more information about this matter, it will suffice to use a web browser typing a search like: "automatic video editor", etc.

223 Two examples of such a system can be browsed at: http://www.21best.com/21_best/electronic/security/video/pan_tilt/Follows-you-automatic-pan-head.html y <http://www.movensee.com/> (accessed on 29/8/13).

224 Op. Cit., KURZWEIL, page. 56



Adapted from the original with the permission of the authors: McCormack, J., et al. (2012) "Ten Questions Concerning Generative Computer Art" (extended version), Leonardo, MIT Press, published on-line in February 2013: http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/LEON_a_00533.

Fig. 46. This schematic shows an hypothetical future scenario in which the computer is the one instructing the human in creative tasks, progressively leaving him the creative responsibility.

4.4 Future research lines

When the area to explore is almost virgin territory, it is easy to take ill-defined paths, especially when the goal is as ambitious as that of machines achieving creative autonomy in the field of experimental cinema. Imagination plays an important role when planning experiments, and the results of these experiments depend on the confirmation of the imagined pathways as passable or they show up as dead ends. This imagination is what we see embodied in works of science-fiction on the subject²²⁵.

²²⁵ One of the most significant works is the tale "The bicentennial man" by Isaac Asimov, in which a robot that becomes self conscious exhibits his creative abilities by building distinctive clocks. The tale (published in *The Complete Stories, Volume II*, HarperCollins, 1994) was adapted to screen in 1999 in the homonym film "The bicentennial man", directed by Chris Columbus.

It is not hard to imagine that with the advances of technology, we will have in our homes a device capable of detecting our mood and, having learned and understood how we are, our tastes and preferences, will instantly generate for us a unique visual entertainment with the adequate level of interactivity including, why not, our favourite historical characters as actors (fictional or real). We could see (or live) a film of the Star Wars saga with a middle-aged Clint Eastwood playing Jedi Master and fighting against an evil Sith Lord played by Bela Lugosi, all directed in the style of the *Stanley Kubrick plugin*, the *Steven Spielberg plugin*, etc. Whenever we decide (or the system deems appropriate), we could intervene in the action and /or change the course of the story.

It is also possible to predict, with the proliferation of devices with cameras whose content is shared in our social environments, a computational documentary that narrates any piece of our life or our relatives' lives, based on recordings from the multitude of cameras that will be everywhere. We will choose the tone, style, etc. or let the system choose.

To get closer to making these fantasies reality, it will be necessary in the future to continue experimenting with systems that, for example, apply computer vision techniques to analysing a database of films and determining the most relevant parameters that distinguish one author from another, preparing new works according to these parameters

(it would be something like, forgive the expression, a "Spielberg plugin" or a "Hitchcock plugin" in a moviemaker robot).

Such a system, to be considered creative according to the currently dominant positions in this matter in the field of computational creativity, would have to meet requirements such as being able to evolve so that the creative act has an impact on the system itself. Thus, with a time increment for the same two inputs it would not produce the same output:

time n :

input 1 → system → output 1

time n +1:

input 1 → system → output 2

Another major line of research that opens is working in the virtual world. Similar to our imagination, through which we "see" things that are not material but which exist in our minds, the virtual world plays the role of the imagination of the computer. As happens to us, on it possibilities multiply by not having the limitations of the physical environment. This could work with both generative strategies as with the adaptation to the virtual world material recorded from the physical world, creating, for example, a system that shows combinational creativity in a subtlety level found in some

humans, based on a great database and a series of combinational rules.

These are just some examples of possible areas of research in this fertile and sparsely explored field, which may bear much fruit in the future.

Perhaps these lines resolve today's questions, whose answers we leave for now to other studies, such as: Does creativity also necessarily imply humanity or intelligence? Can we call nature systems that find brilliant solutions to the difficulties it faces creative? Does creativity exist only in the human mind as a mere labelling of certain behaviours, or is the Universe creative by ontology, with its transformations, degenerations and regenerations, creating new configurations of matter? What is the weight of the emotional aspect in the creative act and how can we quantify it?

The truth is that, with the progressive addition of "smart" devices to all aspects of our lives, we begin to delegate to them more and more. In the creative and expressive field of Fine Arts and in cinema in particular, we are limited only by our imagination. In the future, what kind of wonders will our computational fellows imagine for us?

5. RESÚMEN

/

RESUM

/

ABSTRACT

5.1 Resumen

En este estudio práctico sobre nuevas estrategias de lenguaje audiovisual se utilizan sistemas innovadores de hardware y software de visión artificial a la hora de buscar otras aplicaciones artísticas de los recursos cinematográficos tanto en la adquisición (encuadre, movimientos, fuera de campo, etc.) como en el montaje (fundidos, cortes, elipsis, metáforas, etc.).

La hipótesis que aquí se propone es que **las herramientas y técnicas de visión artificial pueden ser utilizadas para generar nuevos lenguajes audiovisuales en el campo del cine interactivo**. Para demostrar esta hipótesis se siguen una serie de pasos consecutivos que han permitido llevar una investigación progresiva sobre la base de un estudio de referentes artísticos. A partir de este estudio se han sintetizado una serie de conceptos clave identificados tanto en las obras artísticas como en los debates críticos referenciados. Con estos conceptos como guía se han elaborado una serie de estudios experimentales previos al desarrollo de los prototipos que finalmente componen el sistema completo expuesto al público tras ser finalizado. Tanto de las pruebas de campo de los estudios experimentales como de la exposición del prototipo final se extrajeron una serie de conclusiones a modo de evaluación de los resultados globales del estudio. Finalmente, a partir de

estas conclusiones se han perfilado posibles líneas futuras de investigación.

Como resultado, por una parte se han obtenido relaciones entre sonido e imagen que son singulares en el empleo de recursos como el ritmo de cambio de plano, la interdependencia sonido-imagen o el tipo de sincronía sonido-imagen en comparación con los audiovisuales desarrollados habitualmente por otros medios en contextos similares; por otra parte se ha demostrado, por medio de una serie de experimentos de campo, que depositar parcialmente la responsabilidad creativa de audiovisuales en un dispositivo automático puede proporcionar nuevas experiencias estéticas al espectador.

5.2 Resum

En aquest estudi pràctic de noves estratègies de llenguatge audiovisual s'utilitzen sistemes innovadors de hardware i software de visió artificial a l'hora de triar altres aplicacions artístiques dels recursos cinematogràfics tant en l'adquisició (enquadrament, moviments, fora de camp, etc.) com en el muntatge (fosos, talls, el·lipsi, metàfores, etc.). La hipòtesi que ací es proposa és que **les ferramentes i tècniques de visió artificial poden ser utilitzades per a generar nous llenguatges audiovisuals en el camp del cine interactiu**. Per a demostrar esta hipòtesi es segueixen una sèrie de passos consecutius que han permet portar una investigació progressiva sobre la base d'un estudi de referents artístics. A partir d'aquest estudi s'han sintetitzat una sèrie de conceptes clau identificats tant en les obres artístiques com els debats crítics referenciats. Amb aquets conceptes com guia s'han elaborat una sèrie d'estudis experimentals previs al desenvolupament dels prototips que finalment componen el sistema complet exposat al públic després de ser finalitzat. Tant de les proves de camp dels estudis experimentals com de l'exposició del prototip final es van extraure una sèrie de conclusions a manera d'avaluació dels resultats globals de l'estudi. Finalment, a partir d'aquestes conclusions s'han perfilat possibles línies futures d'investigació. Com resultat, d'una banda s'han obtingut

relacions entre so i imatge que són singulars en l'ús de recursos com el ritme de canvi de pla, la interdependència so-imatge o el tipus de sincronia so-imatge en comparació amb els audiovisuals habituals en altres mitjans i contextos semblants; d'altra banda s'ha demostrat, per mitjà d'una sèrie d'experiments de camp, que depositar parcialment la responsabilitat creativa d'audiovisuals en un dispositiu automàtic pot proporcionar noves experiències estètiques a l'espectador.

5.3 Abstract

In this case study about new strategies of audiovisual language innovative computer vision, hardware and software systems are used to search for other artistic applications of cinematographic resources, both in the acquisition (framing, movements, off-screen, etc.) and the editing (fades, cuts, ellipses, metaphors, etc.).

The hypothesis proposed here is that **the tools and computer vision techniques can be used to generate new audiovisual languages in the field of interactive cinema**. To prove this hypothesis, a number of consecutive steps were taken, that have allowed to lead a progressive research based on a study of artistic references. From this study we have synthesized a number of key concepts identified both in the artistic pieces and in the critical debates referenced. With these concepts, a series of experimental studies have been conducted prior to the development of the prototypes finally integrated into the whole system exposed to the public after completion. A number of conclusions have been extracted from both the field tests of the experimental studies and the exhibition of the final prototype, as evaluation of the overall results of the study. Finally, from these conclusions, possible future lines of research have been outlined.

As a result: firstly, certain relationships between sound and image were obtained, that are unique in the use of resources such as the change-rate level, the sound-image interdependence or the type of sound-image synchronization, compared with visuals normally developed by other means in similar contexts; and secondly, it has been demonstrated through a series of field experiments, that partially depositing creative responsibility of audiovisual on an automatic device can provide new aesthetic experiences to the viewer.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ABEL, R., Ed., *Encyclopedia of Early Cinema*, Routledge 2005.
- ASTRUC, Alexandre. *Naissance d'une nouvelle avant-garde: la caméra-stylo*. Écran Français, n. 144, 1948.
- BAZIN, A., *¿Qué es el cine?*, Ed. Rialp, 2001.
- BENJAMIN, W., *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*, (1936) traducción de Jesús Aguirre. Ed. Taurus, Madrid 1973.
- BLACKWOOD, W., *Edinburgh Encyclopaedia*, Ed. David Brewster, 1830, Edimburgh.
- BODEN, M. A., *Artificial Intelligence and Natural Man*, Hassocks, Sussex: The Harvester Press, 1977.
- BODEN, M. A., *Mind as machine: a history of cognitive science*, Oxford University Press, 2006.
- BODEN, M. A., *The Creative Mind: Myths and Mechanisms*, London: Routledge, pp. 1-10, 2004.
- BODEN, M. A. y EDMONDS, E.A., *What is generative art?* Digital Creativity 20(1-2): 21-46, 2009.
- BORDWELL, D. y THOMPSON, K. *Film history, an introduction*, Ed. McGraw-Hill, 2003.
- BORDWELL, D. y THOMPSON, K. *El arte cinematográfico*, Ed. Paidós, 1995.
- CARDOSO, A., et al., *Converging on the Divergent: The History (and Future) of the International Joint Workshops in Computational Creativity*, AI Magazine, Volumen 30, Número 3, 2009.
- CHAPUIS, A. and EDOUARD G.. *Le Monde Des Automates: Etude Historique et Technique*. 2ª ed. Geneva, Switzerland: Ed. Slatkine 1984.
- CHEROUX, C., *Breve historia del error fotografico*. Ediciones Ve. Mexico, 2009.
- CHION, M., *La audiovisión*, trad. Antonio López Ruiz, Paidós Comunicación, Barcelona, 1993.
- CHION, M., *Audio-Vision: sounds on screen*, transl. Claudia Gorbman, Columbia University Press, New York, 1994.
- CHOU, H., et al., *Automated Lecture Recording System*, International Conference on System Science and Engineering, 2010.
- COHEN, H., *The further exploits of AARON, painter*, Stanford Humanities Review, volumen 4, número 2: Constructions of the Mind, 1995.
- COLTON, S., *Creativity Versus the Perception of Creativity in Computational Systems*, AAAI Symposium, 2008.
- COLTON, S., y WIGGINGS, G., *Computational Creativity: The Final Frontier?*, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Volumen 242, ECAI 2012.
- COSTANDI, M., *Evolutionary origins of the nervous system*, 2009.

- DE LA METTRIE, J. O., *El Hombre Máquina*. Trad. Ángel J. Cappelletti. Ed. Universitaria De Buenos Aires , 2ª ed. 1962.
- DI CHIO, F., CASETTI, F., *Cómo analizar un film*, Ed. Paidós, 2009.
- EISENSTEIN, S., *La forma del cine*, Siglo XXI editores, 2005
- FERNÁNDEZ LABAYEN, M.: *Pensar el cine: un repaso histórico a las teorías cinematográficas*. Portal de la Comunicación. Institut de la Comunicació-Universitat Autònoma de Barcelona, 2008.
- FULLER, B., *Operating Manual for Spaceship Earth*. Carbondale, Ill.: Southern Illinois University Press, 1969.
- GIEDION, S., *Mechanization takes command: a contribution to anonymous history*, Oxford University Press, 1948.
- GUTIERREZ, B., *Serendipia, la innovación como sorpresa*, Yorokobu, nº 39 de abril de 2013.
- HOLLAND, O., *Artificial Ethology*, Oxford University Press, 2001.
- IGLESIAS, R., *La robótica como experimentación artística*, tesis doctoral, Facultad de BB.AA., Universidad de Barcelona, mayo 2012.
- IRVINE, M., *Early Digital Computers at Bell Telephone Laboratories*, Annals of the History of Computing, IEEE, Volume 23, Issue: 3, Jul-Sep 2001, pp. 22-42.
- ISAAC, A., *Cuentos Completos II de Isaac Asimov*, trad. Carlos Gardini, Ediciones B, Santiago de Chile, 1998.
- JEFFERSON, G., *The mind of mechanical man*, British Medical Journal, 25 de junio de 1949.
- KAMEDA, Y. Et al., *Carmul : Concurrent Automatic Recording For Multimedia Lecture*, Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University, 2002.
- KANDEL, E., *Principles of Neuroscience*, 4a edición, McGraw-Hill, 2000, New York
- KOETSIER, T., *On the prehistory of programmable machines: musical automata, looms, calculators*, Mechanism and Machine Theory 36, 2001.
- KRACAUER, S., *Teoría del cine*, Ed. Paidós, 1989.
- KRUEGER, *Artificial Reality II*, Addison-Wesley, 1990.
- KURZWEIL, R., *The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence*, Penguin Books, 1999
- LAMPI, F., et al., *A Virtual Camera Team for Lecture Recording*, MultiMedia, 15(3), pp. 58-61, 2008.
- LEVIN, G. *Computer Vision for Artists and Designers: Pedagogic Tools and Techniques for Novice Programmers*. Journal of Artificial Intelligence and Society, Vol. 20.4. Springer Verlag, 2006
- LEWITT, S., *Paragraphs on Conceptual Art*, Artforum, 1967.

- LOCKE, John W., *Experiments in Camera Movement: Venice 1896 to Venice 2003 / Lumière to Sterbak*, en Jana Sterbak: From Here to There, Montréal: Musée d'Art Contemporain de Montréal, pp. 99-109
- MAJID AL-RIFAIE, M., y BISHOP, M., *Weak vs. Strong Computational Creativity*, 5th AISB Symposium on Computing and Philosophy, University of Birmingham, UK, 2012.
- MANOVICH, L., *The Automation of Sight: From Photography to Computer Vision*, en *Electronic Culture: Technology and Visual Representation*. Ed. Timothy Druckrey. New York: Aperature, 1996. 229-239
- MANOVICH, L. *The Language of New Media*, MIT Press, 2001.
- MANOVICH, L., *Software takes command*, Bloomssbury Academic, 2013.
- MCCORMACK, J., y D'INVERNO, M. (Eds.), *Computers and Creativity*, Springer, 2012.
- MCCORMACK, J., et al., *Ten Questions Concerning Generative Computer Art*, Leonardo, MIT Press, aceptado en julio de 2012, publicado en línea en febrero de 2013, pendiente de publicación a 31/05/2013.
- MCLUHAN, Marshall, *Comprender los medios de comunicación*, Ed. Paidós, 1996.
- METZNER, P., *Crescendo of the Virtuoso: Spectacle, Skill, and Self-Promotion in Paris during the Age of Revolution*. Berkeley: University of California Press, 1998.
- MIRZOEFF, N., *Una introducción a la cultura visual*, Ed. Paidós, 2003.
- MOLINER, M., *Diccionario del uso de español*, Editorial Gredos S.A., 3ª Edición, 2007.
- MONTIEL, A., *Teorías del cine: un balance histórico*, Ed. Montesinos, 1992.
- MULLENDER, S., *Specification of the Digital TV Director*, University of Twente, The Netherlands, 1994.
- NAGAI, K., *Automated Lecture Recording System with AVCHD Camcorder and Microserver*, Center for Multimedia and Information Technologies, Kumamoto University, Japan. SIGUCCS, 2009.
- NEEDHAM, J., *Science and Civilization in China: Volume 4, Physics and Physical Technology; Part 2, Mechanical Engineering*. Taipei: Caves Books Ltd, 1986.
- NOLL, Michael A., *Human or Machine: A Subjective Comparison of Piet Mondrian's 'Composition with Lines' and a Computer-Generated Picture*, The Psychological Record, Vol. 16. No. 1, (January 1966), pp. 1-10.
- O'PRAY, Michael. *Avant-garde film: forms, themes and passions*, Wallflower Press, 2003
- PARKS, D. H. and FELS, S. *Evaluation of background subtraction algorithms with post-processing*. IEEE International Conference on Advanced video and Signal-based Surveillance, Fairfax, Virginia, 2008.
- PECORI, F., *Cine, forma y método*, Gustavo Gili, 1977.

- PÉREZ-BUSTAMANTEAMÓN, Blanca, *El Live cinema: Hacia el transmedia y la desaparición de la forma*, Comunicación21, número 2, octubre 2012.
- PINHANEZ, C. y Bobick, A., *Intelligent Studios: Using Computer Vision to Control TV Cameras*, IJCAI'95 Workshop on Entertainment and AI/Alife, 1995.
- RANJAN, et al., *Dynamic Shared Visual Spaces: Experimenting with Automatic Camera Control in a Remote Repair Task*, CHI 2007 Proceedings, San Jose, CA, USA
- REICHARDT, J. *Cybernetic Serendipity. Getting Rid of Preconceptions*. en: Studio International, vol. 176, no 905. Noviembre, 1968. pág. 176.
- ROSENFELD, A., *From Image Analysis to Computer Vision: Motives, Methods, and Milestones, 1955-1979*, Computer Vision Laboratory, Center for Automation Research, University of Maryland, 1998.
- SALT, B., *Film Style and technology*, Ed. Starword, 2009.
- SELIGMANN, D. D., *Computer Vision and Art*, IEEE magazines, abril-junio, 2007.
- SIMON, R., *Percy Grainger: the pictorial biography*, p. 127, Whitston Pub. Co., 1983.
- SMITHSON, R., *Art through the camera's eye*, (aprox 1971), en Robert Smithson: The Collected Writings, Ed. Jack Flam, University of California Press, Ltd., London, England, 1996.
- STILES, K. y SELZ, P. (Eds.), *Theories and Documents of Contemporary Art: A Sourcebook of Artists' Writings*, Univ. of California Press, Berkeley, CA, 1996.
- SUN, X., et al., *Region of Interest Extraction and Virtual Camera Control Based on Panoramic Video Capturing*, IEEE Transactions on Multimedia, 2005.
- SZELISKI, R., *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Springer, 2011.
- TAIMINA, D., *Historical Mechanisms for Drawing Curves*, Hands On History, ed. Amy Shell-Gellasch, MAA Notes vol.72, 2007.
- TRUFFAUT, F., *Une certaine tendance du cinéma français*. Cahiers du Cinéma, n. 31. Enero 1954.
- TRUFFAUT, F., *Las películas de mi vida*, Mensajero Ediciones, S.A., 1976.
- TURING, A., *Computing Machinery and Intelligence*. Mind 49: 433-460, 1950.
- TURNER, S., *Demonstrating Harmony: Some of the Many Devices Used To Produce Lissajous Curves Before the Oscilloscope*, Rittenhouse Journal of the Scientific, febrero de 1997.
- VV.AA., *Arts and Robots Workshop*, Intelligent Robots and Systems 2007, San Diego, EE.UU / Intelligent Robots and Systems 2008, Niza, Francia.
- VV.AA., *Technology and autonomous mechanisms in the mediterranean: from Ancient Greece to Byzantium*, Proceedings of the European Control Conference, Kos, Greece, July 2-5, 2007.
- VV.AA. *Automatons since the Renaissance*, Enciclopedia Britannica Online.

VV.AA., *Computational Creativity: Coming of Age*, en *AI Magazine*, Volumen 30, Número 3, 2009.

WILKES, J., Ed., *Encyclopaedia Londinensis*, 1812.

YOUNGBLOOD, G., *Expanded Cinema*, P. Dutton & Co., Inc., New York, 1970.

ZIVKOVIC, Z., *Improved adaptive Gaussian mixture model for background subtraction*, International Conference Pattern Recognition, UK, agosto, 2004.

ZIVKOVIC, Z., Heijden, F. van der, *Efficient Adaptive Density Estimation per Image pixel for the Task of Background Subtraction*, *Pattern Recognition Letters*, vol. 27, no. 7, pages 773-780, 2006.

7. APÉNDICES

7.1 Fichas de referentes artísticos

Soft cinema (2002-2004). Lev Manovich.

Una parte de la investigación de Manovich sobre el lenguaje de los medios visuales gira entorno a la generación de nuevos discursos mediante el uso de material de partida almacenado en bases de datos. La acción narrada por el Soft Cinema está dividida en un número de partes secuenciales, cada una de las cuales supone un cortometraje. Al comienzo de cada segmento, el programa genera una nueva composición visual y selecciona además los clips y animaciones que se proyectarán, y en qué orden se verán. Este proceso se repite para cada parte de la narración.²²⁶

Brake lights (2004). Scott Hessels.

En este caso, una narración audiovisual es controlada por un sistema informático que selecciona los planos previamente grabados de entre una serie de diálogos de una pareja, con distintos tonos de intensidad emocional. Esta selección se realiza tomando como input, la densidad de luces de freno de los coches en una autopista de Los Ángeles captadas por una

226 Más información en <http://www.softcinema.net/?reload> (accedio el 4/8/2013)

cámara. Jugando con el término inglés brake, que significa freno, pero es también un anacronismo del pretérito del verbo break, que significa ruptura, según haya más o menos coches frenando, se seleccionan planos que tienden más hacia la ruptura o hacia la reconciliación, respectivamente, en una escala de cinco emociones: ira, irritación, indecisión, esperanza y amor.²²⁷

The boss of it all (2006). Lars von Trier.

Siguiendo su línea de experimentación con la deconstrucción del lenguaje del cine y la separación entre ficción y realidad, el director se sirve de un sistema creado por él y denominado *Automavision*©²²⁸: un sistema automatizado de grabación desarrollado para limitar la influencia humana y permitir que el azar muestre una perspectiva libre de convencionalismos narrativos y estéticos. Una vez escogidos de forma arbitraria los parámetros de la cámara y los micrófonos, el sistema crea una lista de variaciones aplicables a la imagen (inclinación, panorámica, enfoque, apertura, posición vertical y horizontal) y al sonido (filtros, niveles, etc.).

227 Más información en <http://www.dshessels.com/artworks/brakelights/index.htm>
(accedio el 4/8/2013)

228 Más información en http://thenewgamer.com/content/journals/g_turner/2007/04/automavision_lookey
(accedio el 4/8/2013)

Wavelength (1967). Michael Snow.

Se describe generalmente como un zoom-in de 45 minutos en un loft. El interés de la película proviene de la naturaleza discontinua de este zoom, que se inicia y se detiene haciendo pausa en episodios narrativos y muestra campos de color. También puede ser catalogada como parte de un estilo de cámara en movimiento, si el movimiento de cámara se entiende como el movimiento del cuadro.²²⁹

Dog Star Man (1961-64). Stan Brakhage.

Película sin audio compuesta por imágenes, fotogramas aleatorios y a veces superpuestos. el concepto de la visión con los ojos cerrados en sus películas, y su trabajo pueden parecer experimentos en la percepción. El nombre de Brakhage se ha convertido en sinónimo de cine experimental no sólo por las innovaciones técnicas que incorporó en sus obras —el montaje acelerado y la manipulación directa del film con pintura, collage, incisiones o raspaduras, de forma que en ocasiones creaba imágenes sin requerir de la cámara cinematográfica—, sino también por la densidad intelectual y el carácter no-narrativo de su cine que lo colocan como uno

229 Más información en <http://www.medienkunstnetz.de/works/wavelength/> (accedio el 4/8/2013)

de los cineastas experimentales norteamericanos más importantes del siglo XX.²³⁰

Les Mystères du château de Dé (1929). Man Ray.

Man Ray, conocido sobre todo como fotógrafo, decidió que la mejor manera de hacer una película era mover la cámara. Un artista que había trabajado con imágenes fijas de personas y objetos, se encuentra con una tecnología que le permite obtener imágenes en movimiento a través del espacio y realiza una película con todo el potencial de esa tecnología, que encuentra su máxima expresión de libertad de movimientos con la cámara transportable a mano.

Olympia (1938). Leni Riefenstahl.

Fue el primer largometraje filmado en unos Juegos Olímpicos. Se utilizaron técnicas fílmicas avanzadas que, más tarde, se convertirían en estándar de la industria cinematográfica, tales como ángulos de cámara inusuales, cortes abruptos, primeros planos extremos, fijación de cámaras en el estadio para filmar al público. Realmente tiene que ver con una nueva tecnología

230 Más información en <http://www.fredcamper.com/Film/BrakhageL.html> (accedio el 4/8/2013)

Ballet Mécanique (1924). Fernand Léger.

Este es un temprano ejemplo de un artista visual haciendo un trabajo experimental con imágenes en movimiento. Se compone de imágenes que fragmentan el mundo, como era de esperar en un cubista. Sin embargo, esta película también es un ejemplo de interrogación a la cámara en movimiento por un artista, ya que una secuencia incluye imágenes tomadas por una cámara colocada sobre un objeto de curvado en un parque de diversiones.

Triptico Elemental de España (1953-61). José Valdelomar.

Val del Omar, cineasta e inventor de aparatos experimentales de efectos visuales, concibió cada uno de estos elementales en parte como demostración de una técnica en particular: el sonido diafónico en Aguaespejo granadino y la tactilvisión en Fuego en Castilla, a las que sumaba cuando tenía ocasión el desbordamiento apanorámico. Dicho énfasis no está en cambio presente en Acariño galaico –su film más austero–, aunque reaparecería en otras tentativas posteriores respecto al formato Bi-Standard o al procedimiento de Palpicolor²³¹

Una de las particularidades del Tríptico es que Val del Omar pretendía que su proyección se sucediera en orden inverso al

231 Más información en http://www.valdelomar.com/cine2.php?lang=es&menu_act=5&cine1_cod=6 (accedio el 4/8/2013)

de las fechas de realización de los distintos "elementales". Otra es la intención que tenía de añadir una cuarta pieza –a partir de materiales que rodó y elaboró mucho después– que hiciera las veces de "vórtice" (prólogo o epílogo) de las demás, convirtiendo así el tríptico en tetralogía elemental.

Idioterne (1998). Lars von Trier.

En los idiotas, provocadora desde su título, es una mirada crítica sobre una sociedad burguesa, un estado de falso bienestar imposibilitado para la verdadera felicidad.

Segunda película del revolucionario movimiento cinematográfico Dogma (Dogma 2), un manual de reglas creada por los directores Lars Von Trier y Thomas Vinterberg, a partir de un manifiesto, en el que se comprometen a filmar sus películas sin utilizar música, ni decorados, ni iluminación artificial, y rodando cámara en mano. Decir quizá que es como una programación del rodaje en el que el equipo humano se reduce en cierta medida a autómatas.

Schwechater (1958). Peter Kubelka.

Este film se caracteriza por su concisión y precisión, por una organización formal basada en el fotograma como unidad y en el montaje determinado por proporciones métricas preestablecidas, lo que Eisenstein había llamado montaje métrico. Kubelka trabaja mediante partituras, y con énfasis

en el ritmo y la combinatoria de las imágenes (y de las imágenes y sonidos).²³²

Arabesque (1975). John Whitney.

Esta película es una especie de música visual, se relaciona con un sentido esotérico o misticista de resonancias orientales, muy característico de California, y con inmediatas prolongaciones en el arte psicodélico de los light-shows, los arabescos gráficos, el video grafismo abstracto y la sensualidad melodiosa de la música pop. Realizada con ordenadores analógicos contruidos a base de bricolaje.²³³ Si esto es una cita ponerlo entre comillas??? Otra opción es reescribirlo.

Videoplace (1975). Myron Krueger.

Con el fin de realizar sus ideas de una «realidad artificial» comenzó a desarrollar su propio sistema informático, con el dominio de los problemas técnicos de reconocimiento de imágenes, análisis de imagen y una respuesta en tiempo real. Este sistema puede combinar las imágenes de vídeo en directo de los visitantes con imágenes gráficas, usando varios

232 Más información en <http://www.iaa.upf.edu/cinexp/cinexp.html> (accedio el 4/8/2013)

233 Ibid.

programas para modificarlos. En «Videoplace» los visitantes pueden interactuar con 25 programas basados en diferentes patrones de interacción. El objetivo final sería desarrollar un programa capaz de aprender de forma independiente.²³⁴

From here to there (2003). Jana Sterback

En esta instalación audiovisual se combinan medios primitivos con tecnología actual. El dispositivo de movimiento de la cámara es un perro. Una micro cámara fue colocada en un terrier y se utilizó un dispositivo electrónico para realizar la transmisión inalámbrica de la señal de vídeo. Se produjo la combinación de una cámara ligera y un cachorro para experimentar la fusión de la tecnología y lo orgánico. El perro como sistema de locomoción de la cámara. Después las imágenes fueron grabadas y Jana Sterbak las procesó para su posterior proyección. Esta instalación presentada en 2003 en Venecia se compone de los siguientes elementos: una micro-cámara, tecnología inalámbrica de transmisión audiovisual, un perro con la cámara integrada, sonido ambiente, música, pantallas múltiples, y las imágenes en movimiento. Quitar esto, esta repetido . Con este trabajo

234 Más información en <http://www.medienkunstnetz.de/works/videoplace/> (accedio el 4/8/2013)

experimental Sterbak crea una nueva forma de mover la cámara y de adquirir imágenes y sonidos.²³⁵

La Région Centrale (1971). Michael Snow.

Para la realización de este film, Snow utilizó un dispositivo robótico desarrollado específicamente para el proyecto, que permitía programar una infinidad de maneras de mover la cámara, girando alrededor de un punto central. La película de tres horas es puro movimiento continuo filmado día y noche en el extremo norte de Québec y muestra un paisaje salvaje sin presencia humana, ni delante ni detrás de la cámara.²³⁶

El resultado de los movimientos de cámara poco convencionales fue el film se convirtió en algo más que documental del entorno de la localización. Los movimientos hipnóticos y la deconstrucción de las relaciones espaciales hacen del film una expresión de las relaciones cósmicas entre el espacio y el tiempo.

235 Op. Cit., p. 73

236 Más información en <http://www.medienkunstnetz.de/works/region-central/>
(accedio el 4/8/2013)

7.2 Programación de la torreta WidowX

Estos son los pasos necesarios para configurar y programar los motores de la torreta:

- 1.- Buscar enlaces en internet con información sobre los servos²³⁷.
- 2.- Encontrar un adaptador serial USB a la conexión con estándar RS485, que es la que utilizan los servos Dynamixel (por suerte disponíamos de un adaptador USB-RS232 y otro RS232-RS485, entre el material del laboratorio).
- 3.- Conectar todo al servo, por un lado las salidas de datos "+/-" del adaptador RS485, y por otro la alimentación de 12v.

²³⁷ En concreto los enlaces más informativos fueron:
<http://www.hizook.com/blog/2010/03/14/robotis-dynamixel-servos-overview-applications-tear-down-and-open-source-software>
y <http://code.google.com/p/arbotix/wiki/RxBridge>

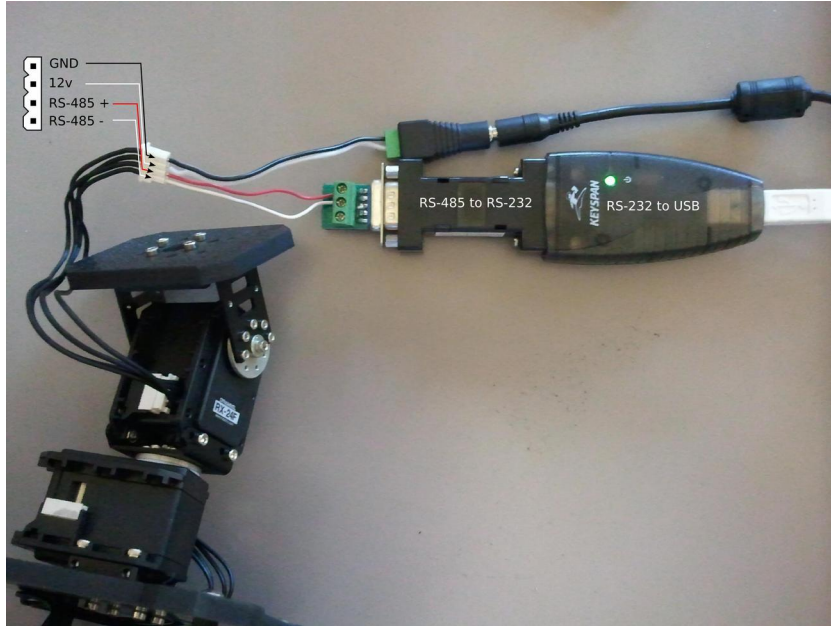


Fig. 47. Detalle de la conexión del servo al adaptador RS485 y al adaptador de corriente de 12v.

4.- Configurar el servo "tilt" con el identificado "2" (ambos servos vienen de fábrica con el identificador "1"). Para ello seguimos las instrucciones publicadas por Travis Dayle en su blog (disponibles en el primer enlace mencionado en el punto 1). Descargamos la biblioteca `lib_robotis.py` proporcionada por Dayle y escribimos el script de python "`change_id.py`" para cambiar el ID del servo en cuestión, con el siguiente código:

```
#!/usr/bin/python
from lib_robotis import *
```

```
dyn = USB2Dynamixel_Device('/dev/ttyUSB0')
p = Robotis_Servo( dyn, 1 )
p.write_id( 2 )
```

Ejecutamos el script y verificamos el id del servo con un comando de la biblioteca lib_robotis:

```
$ python lib_robotis.py -d /dev/ttyUSB0 -scan
```

lo cual nos mostró en pantalla el resultado correcto:

```
Scanning for Servos.
Warning: servo_config.py not found. Using defaults.

FOUND A SERVO @ ID 2
```

Así que etiquetamos debidamente cada servo con su ID.

5.- Tras echar un vistazo al código de la biblioteca lib_robotis.py de Travis Deyle y al manual de los servomotores²³⁸, nos dimos cuenta de que la configuración de fábrica de los servos establece una velocidad de transmisión de datos de 57142 baudios. El firmware de arduino, pensado para motores reconfigurados, estaba preparado para una comunicación a 1.000.000 baudios, de manera que la placa Arbotix no se comunicaría con los servos a la velocidad estándar de fábrica. Así que buscamos en el código del firmware la parte que establecía la velocidad de comunicación, que estaba en la línea 34 del fichero

238

Más

info:

http://support.robotis.com/en/techsupport_eng.htm#product/dynamixel/rx_series/rx-24f.htm

CommExt.pde. Modificamos el código cambiando el valor de inicialización de la comunicación con los servos, de 1000000 a 57142:

```
BioloidController bioloid = BioloidController(57142);
```

Tras instalar el firmware en la placa Arbotix, vimos por primera vez como los servos se movían a su posición inicial tras conectar la torreta a la corriente.

6.- Comprobar el funcionamiento de la torreta. Tras ejecutar el script CommExt.py (que se encuentra en la misma carpeta que el sketch CommExt.pde), comprobamos que se recibían datos desde la placa Arbotix, lo cual confirmaba que la comunicación era correcta.

7.- Escribir un programa para controlar la torreta. En la página de documentación del Arbotix hay disponible un script de demostración escrito en python, que está preparado para controlar la torreta con un joystick²³⁹. Este script nos sirvió como punto de partida para escribir un sketch en processing para controlar la torreta con el ratón.

239 El script de demostración está disponible en el enlace: http://www.trossenrobotics.com/productdocs/Dynamixel_PanTilt.zip (accedido a 14/05/2013)

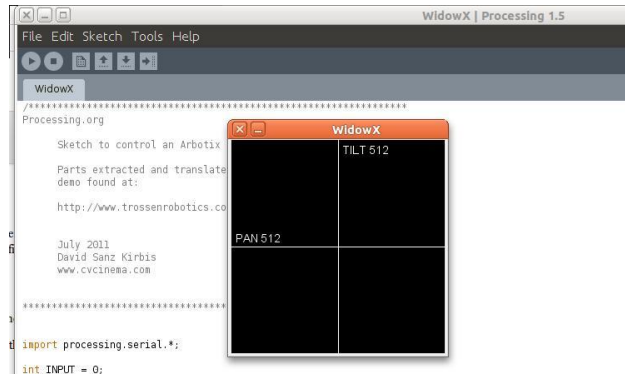


Fig. 48. Pantalla del sketch de processing para controlar la torreta con el ratón.

8.- Cambiar la velocidad de comunicación serial de los motores. Como notamos que la respuesta del movimiento de la torreta no era lo suficientemente rápida cuando mandábamos comandos a ambos servos a la vez, decidimos intentar aumentar la velocidad de transmisión de datos de la comunicación serial. Tras mirar la documentación del servomotor RX-24F²⁴⁰ vimos que hay un registro en la memoria de los motores que establece la velocidad de comunicación, y que las velocidades está codificadas de manera que para establecer una velocidad de 57142 baudios hay que programar en ese registro el número 34, y para establecer una velocidad de 1000000 hay que programar un

valor de 1. Confirmamos este dato inspeccionando el código del fichero ax12.cpp de la biblioteca Arduino Bioloid Library:

```
void ax12Init(long baud){  
  UBRR1L = (F_CPU / (8 * baud) - 1 );
```

Con respecto al parámetro F_CPU (frecuencia de la CPU), en el código de arduino (Arbotix) figura como 16000000, de manera que la fórmula queda: $\text{registro} = (16000000 / (8 * 57142) - 1) = 34$; y para la velocidad que nos interesa: $\text{registro} = (16000000 / (8 * 1000000) - 1) = 1$.

Así que hubo que modificar la biblioteca lib_robotis.py mencionada anteriormente para incluir una función para cambiar ese registro.

Este cambio no resultaba carente de riesgos, ya que si tras programar una velocidad de transmisión de datos mayor no podíamos establecer comunicación con los servos por medio del Arbotix, nos sería imposible volver a programarlos, ya que la combinación de adaptadores USB-RS232-RS485 que estábamos usando no alcanzaba esa velocidad de comunicación²⁴¹. La función que tuvimos que añadir a la biblioteca, tras la línea 281 del fichero lib_robotis.py es:

²⁴¹ Dico Hameldo explica en su blog una manera de programar los motores sin el hardware de programación específico del fabricante. Link: <http://dikoharneldo.wordpress.com/2010/12/04/how-to-change-dynamixel-id-with-out-usb2dynamixel/> (accedido el 14/05/2013)

```
def write_baudrate(self, new_baudrate):  
    ''' changes the servo baudrate  
    '''  
    return self.write_address( 0x04, [new_baudrate] )
```

Luego, en la misma carpeta en la que se ubica esta biblioteca, creamos un script llamado `change_baud.py` con el siguiente código:

```
#!/usr/bin/python  
  
from lib_robotis import *  
dyn = USB2Dynamixel_Device('/dev/ttyUSB0')  
p = Robotis_Servo( dyn, 1 )  
p.write_baudrate(1)
```

Por último conectamos cada servo al ordenador a través de los adaptadores USB-RS232-RS485 y ejecutamos el script para cada uno de ellos (cambiando el valor del ID).

Afortunadamente, tras restituir la velocidad de comunicación que habíamos reducido como se muestra en el punto 5, comprobamos que la operación había salido bien y todo funcionaba correctamente.

Ya solo quedaba crear una montura sencilla en "L" para instalar la cámara sobre la torreta de manera que pudiesemos ajustar el encuadre con la mayor libertad de movimientos posible.

Con posterioridad a la configuración y programación de los motores de la torreta, un programador independiente desarrolló una biblioteca para ser usada en el entorno de desarrollo arduino que facilita estas labores. Esta biblioteca

está disponible en el link:

<http://savageelectronics.blogspot.com.es/2011/08/actualizacion-biblioteca-dynamixel.html> (accedido a 2/8/13).

7.3 Dispositivos de la instalación CvCinema

Los dispositivos con los que contamos para la instalación son los que se enumeran a continuación. En los enlaces a internet incluidos en la descripción de cada dispositivo se pueden encontrar las características técnicas detalladas de de cada dispositivo.

	<p>Cámara USB <u>Logitech_C920</u></p>  <p>Cámara web de alta gama, capaz de registrar imágenes a una resolución de 1920x1080 píxeles con una tasa de 30 fotogramas por segundo. Su principal característica es la de proporcionar imágenes de una resolución suficiente como para que se pueda realizar un re-encuadre de un plano seleccionando una porción de la imagen total.</p> <p>http://www.logitech.com/product/hd-pro-webcam-c920</p>
--	---

	<h3>Sensor 3D <u>Kinect</u></h3>  <p>Tras ser descifrada su codificación por un <i>hacker</i> (permitiendo su uso con ordenadores personales), este periférico de la consola Xbox ha supuesto una revolución en la comunidad de artistas electrónicos y desarrolladores independientes. Digitaliza el espacio en tres dimensiones en tiempo real, a una tasa de 30 veces por segundo.</p> <p>Los datos que produce son pares de fotogramas profundidad-color de 640x480 píxeles de resolución cada uno. El fotograma de profundidad contiene valores codificados en una escala propia de 0 a 2048. Este valor junto con la posición XY del píxel en el fotograma se convierten por medio de una ecuaciones en datos de posición espacial XYZ en milímetros del punto detectado en el espacio correspondiente a ese píxel. El fotograma de color complementa el dato espacial permitiendo la reproducción de la textura del espacio escaneado.</p> <p>http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131033.aspx</p>
	<h3>Cámara USB <u>PS3Eye</u></h3>  <p>Su excelente calidad y la capacidad de registrar hasta 120 fotogramas por segundo han propiciado el uso de este periférico de la videoconsola Playstation 3 de Sony en proyectos interactivos y de detección en tiempo real, tras haber sido <i>hackeada</i> para poder usarse con ordenadores personales.</p> <p>http://us.playstation.com/ps3/accessories/playstation-eye-camera-ps3.html</p>

	<p>Cámara <u>Axis_m1011w</u></p>  <p>Se trata de una cámara IP transmite imágenes por red via WiFi, y cuyo consumo reducido propicia su uso en aplicaciones alimentadas por baterías. http://www.axis.com/products/cam_m1011w/index.htm</p>
	<p>Cámara <u>D-Link_DCS_2230</u></p>  <p>Esta cámara IP inalámbrica proporciona hasta 1920x1080 píxeles de resolución, con una tasa de 15 fps. http://www.dlink.com/es/es/support/product/dcs-2230-full-hd-wireless-day-night-camera</p>

	<p>Videocámara <u>Vivotek_SD8121</u></p>  <p>Cámara de videovigilancia de alta velocidad de movimiento y 360º de giro horizontal continuo. Tanto el control (posición, velocidad, zoom, enfoque, etc.) como la recepción de imágenes se realizan por conexión de red, lo cual permite su manejo remoto. http://www.vivotek.es/products/show/107/speed-domo-ip-h-264-zoom-12x-d%C3%ADa-noche-instalaci%C3%B3n-en-interiores</p>
	<p>Micrófono Beringer <u>ULTRAVOICE_XM8500</u></p>  <p>Micrófono dinámico omnidireccional. http://www.behringer.com/EN/Products/XM8500.aspx</p>

	<p>Torreta robótica Trossen Robotics <u>WidowX</u></p>  <p>Torreta de servomotores Robotis RX-24F de alta velocidad y potencia, que se controlan desde un ordenador a través de un microcontrolador Arbotix conectado al puerto USB. Permite un giro panorámico horizontal continuo de 360º y vertical de 180º. http://www.trossenrobotics.com/widowxrobotarm</p>
	<p>Robot aspirador <u>Roomba</u></p>  <p>Robot aspirador iRobot Roomba 530, popular en proyectos experimentales por dispositivo robusto y fácilmente programable. http://www.irobot.com/Roomba</p>

	<h3>Microcontrolador Teensy</h3>  <p>Placa electrónica de prototipado programable desde un ordenador con el entorno Arduino. Integra un microprocesador AVR y una serie de conectores de entrada y salida de señales analógicas o digitales, algunos de los cuales se pueden usar como puerto de comunicación serial. Estos conectores permiten programar el comportamiento del hardware conectado a los mismos.</p> <p>http://www.pjrc.com/teensy/</p>
	<h3>Miniordenador <u>Pandaboard</u> (2 unidades)</h3>  <p>Ordenador integrado experimental, con un procesador ARM utilizado en algunos dispositivos tipo tableta. El diseño de esta placa es abierto y cuenta con la asistencia de una comunidad de desarrolladores que se apoyan mutuamente a la hora de encontrar soluciones en cada proyecto en el que se utiliza.</p> <p>http://pandaboard.org/</p>

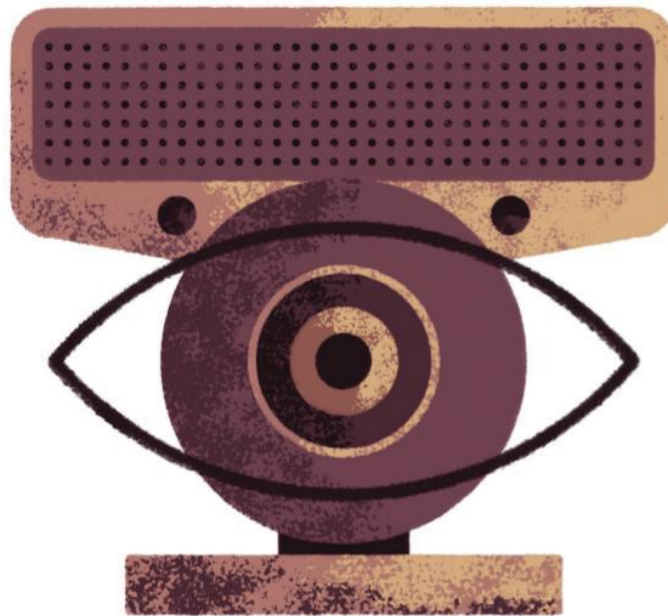
	<p>Miniordenador Axiomtek <u>Pico_820</u></p>  <p>Ordenador integrado para uso industrial, con un procesador Intel Atom, similar al de los <i>netbooks</i>. Su pequeño tamaño y bajo consumo lo hacen ideal para aplicaciones de robótica móvil que requieran una potencia de procesamiento considerable. http://www.axiomtek.com/products/</p>
	<p><u>Workstation</u> (2 unidades)</p>  <p>Ordenador sobremesa de altas prestaciones capaz de procesar datos con rapidez superior a un ordenador convencional.</p>
	<p>Pantallas (5 unidades)</p> <p>Puestas a disposición por la Facultad de BBAA de la Universidad de Málaga.</p>
	<p>Proyectores (2 unidades)</p> <p>Puestos a disposición por la Facultad de BBAA de la Universidad de Málaga.</p>

7.4 Volanderas de la exposición CvCinema

COMPUTER VISION CINEMA

Del 11 al 31 de octubre de 2012

Sala de exposiciones de la Facultad de Bellas Artes de Málaga



CvCinema es una exposición que muestra los resultados del proyecto "APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL EN REALIZACIONES AUDIOVISUALES" financiado por la Universitat Politècnica de València. Perteneció a la línea de investigación "tracking video" del grupo de investigación **Laboratorio de Luz** (www.laboluz.org) de la Facultad de Bellas Artes de Valencia, y está formado por Francisco Sanmartín (investigador principal), Maribel Domenech y M^a José Martínez de Pisón, además de David Sanz Kirbis como investigador contratado dentro del programa FPU del Ministerio de Educación y Ciencia.

Anverso

Día 11 de octubre,
inauguración a las
18:30h

Con la actuación del grupo **Shining Crane**
organizada por Play producciones.



El proyecto **CvCinema** supone una aportación en las investigaciones que se están realizando en la actualidad sobre nuevas estrategias de lenguaje audiovisual propiciadas por las tecnologías de la imagen y su automatización.

Esta aportación es posible gracias al empleo de sistemas innovadores de hardware y software de visión artificial a la hora de buscar nuevos usos de los recursos

audiovisuales, tanto en la adquisición (encuadre, movimientos, etc.) como en el montaje (encadenados, fundidos, cortes, etc.).


El blog del proyecto se puede consultar en la página www.cvcinema.com.

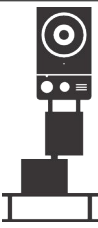



Reverso


7.5 Subsistemas de la instalación CvCinema

Subsistemas de Captura de Imágenes


CI_1	
	<p>Este subsistema de captura de imágenes se corresponde con la parte del prototipo 1 que realiza la operación de reencuadre, seleccionando una porción de la imagen total que capta por medio de la cámara. Comprende los dispositivos Workstation_1, Logitech_C920 y la parte correspondiente de la Aplicación_1. Según los cambios que realice, generará movimientos aparentes de cámara (panorámicas y zoom) o saltos equivalentes a montajes de planos diferentes.</p>


CI_2	
	<p>Se trata de una unidad de vídeo robotizada compuesta por la cámara inalámbrica D-Link DCS-2230, montada sobre la torreta WidowX. Ésta recibe comandos de control que manejan la posición de los dos servomotores y permiten generar planos típicos de una cámara montada en un trípode, o sea panorámicas horizontales y verticales.</p>

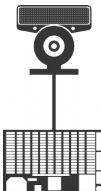
CI_3	
	<p>Este CI es la cámara de videovigilancia Vivotek, capaz de realizar rápidos barridos de cámara, así como de cambiar el zoom y el enfoque. Sus funciones de posicionamiento se controlan por comandos de red, con varias posibilidades de manejo, que producen diferentes tipos de plano. Aparte de poderse enviar un comando que establezca la orientación, el zoom y el enfoque, también se puede controlar indicando la velocidad horizontal y vertical, lo cual genera planos de panorámica continua constante.</p>

CI_4	
	<p>Está unida móvil está compuesta por el robot aspirador Roomba_530 y la cámara inalámbrica Axis m1101w. Es la única unidad de captura de imágenes que no está bajo el control de un subsistema de visión artificial, sino que varía la orientación de la cámara en función de los movimientos derivados del programa de limpieza del robot. Por el tipo de movilidad del robot y por la posición de la cámara apuntando hacia delante, generará planos tipo travelling frontal, similares a los planos subjetivos de un filme, y panorámicas horizontales.</p>

Subsistemas de Visión Artificial

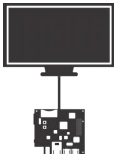
CV_1	
	<p>El CV_1 consta de la cámara web Logitech C920 como sensor y la Workstation_1 como dispositivo de cálculo y la parte de la Aplicación_1 que implementa las funciones de visión artificial explicada en el prototipo 1, produciendo parámetros de control que establecen la forma en la que el CI_1 debe realizar reencuadres de las imágenes captadas por la cámara.</p>

CV_2	
	<p>Cuenta como sensor con la cámara 3D Kinect, conectada a la Workstation_2, que ejecuta la parte de la Aplicación_2 que analiza la escena tridimensional tal como se ha explicado en el apartado dedicado al Prototipo_2. Realiza los cálculos y las señales de control necesarios para posicionar el CI_2 de manera que apunte al punto más alto de la persona que más cerca se encuentre de la torreta.</p>




CV_3	
	<p>Sus dispositivos son la cámara PS3Eye como sensor y la placa Pico820 como hardware de cálculo, que ejecuta la Aplicación_3 explicada anteriormente. Tras realizar el análisis de la imagen captada con la cámara envía las señales de control pertinentes al CI_3.</p>

Subsistemas de visualización de imágenes


visión artificial ~ cine interactivo

<p>VI_1</p>  <p>Comprende la Workstation_1, un proyector y la parte de la Aplicación_1 que visualiza la mezcla de imágenes en base a los parámetros que recibe de la Aplicación_4 de análisis de sonido.</p>	<p>VI_2</p>  <p>Por medio de la Aplicación_5a, muestra en un monitor las imágenes que recibe del CI_2 a través de la red.</p>
<p>VI_3</p>  <p>Visualiza las imágenes del CI_3 a través de un monitor conectado directamente a la salida analógica de la cámara Vivotek.</p>	<p>VI_4</p>  <p>Por medio de la Aplicación_5b, muestra en un monitor las imágenes que recibe del CI_4 a través de la red.</p>


Subsistemas de visualización de datos

<p>VD_1</p>  <p>Visualización de los datos de detección del CV_1.</p>	<p>VD_2</p>  <p>Visualización de los datos de detección del CV_2.</p>	<p>VD_3</p>  <p>Visualización de los datos de detección del CV_3.</p>
--	--	--

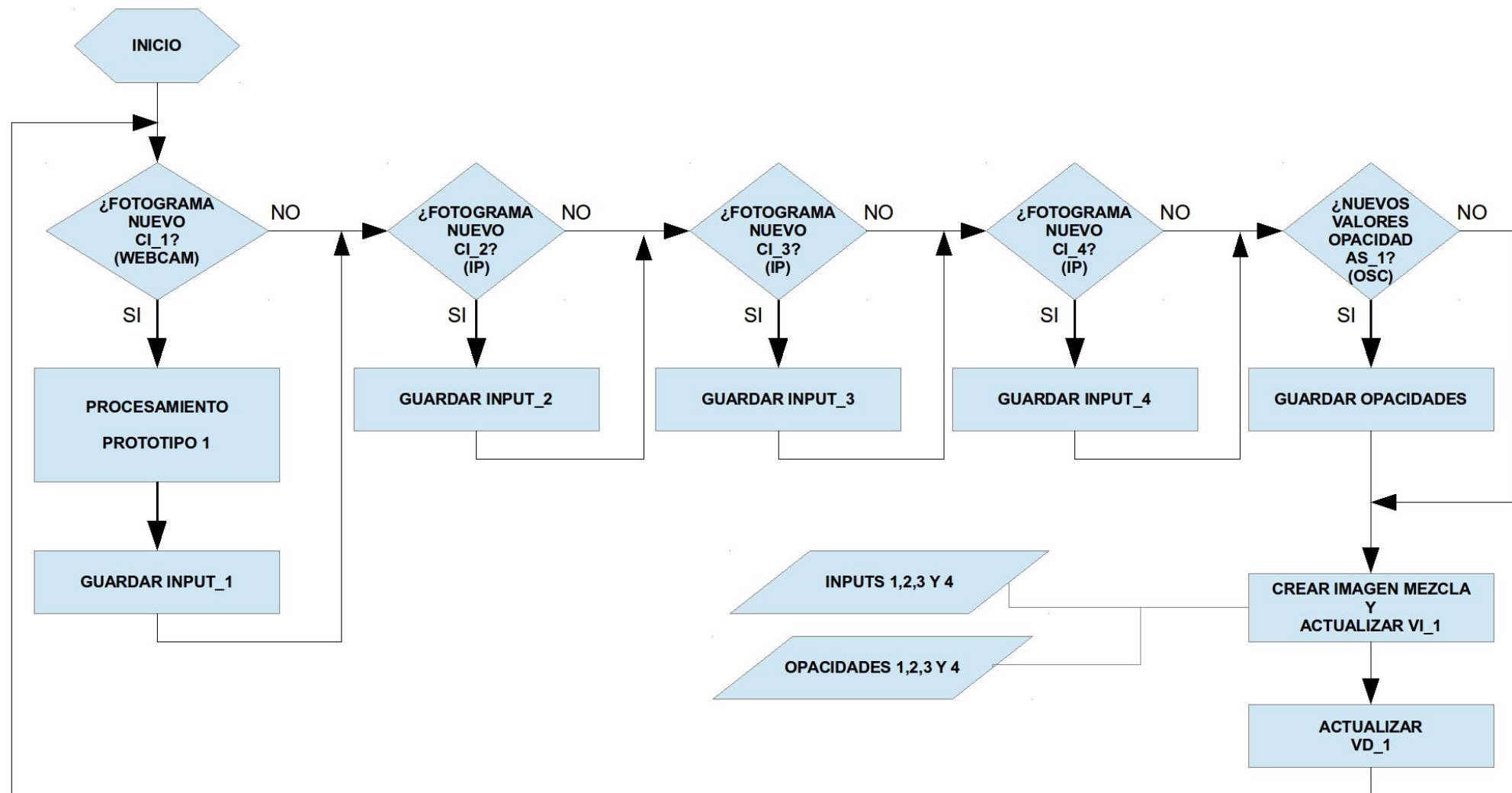
Subsistema de análisis de sonido

AS_1	
 A stylized icon of a workstation computer tower with a microphone on top, representing the audio analysis system.	Se compone de la Workstation_1, el micrófono y la Aplicación_4.

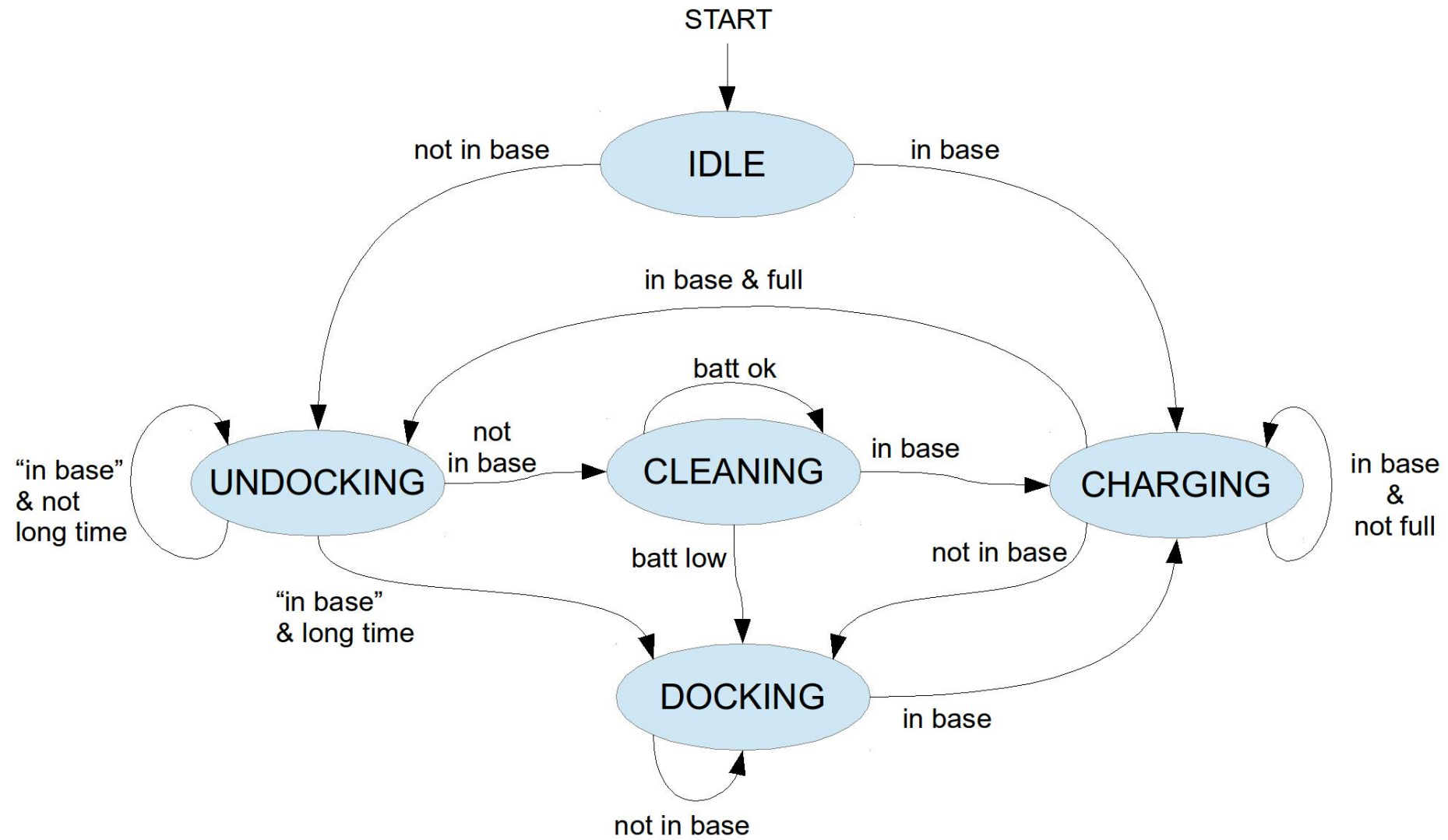
Subsistema de comunicaciones

CM_1	
 A stylized icon of a network router or switch, representing the communication system.	En este caso se trata de un router cableado y un router inalámbrico conectados entre sí.

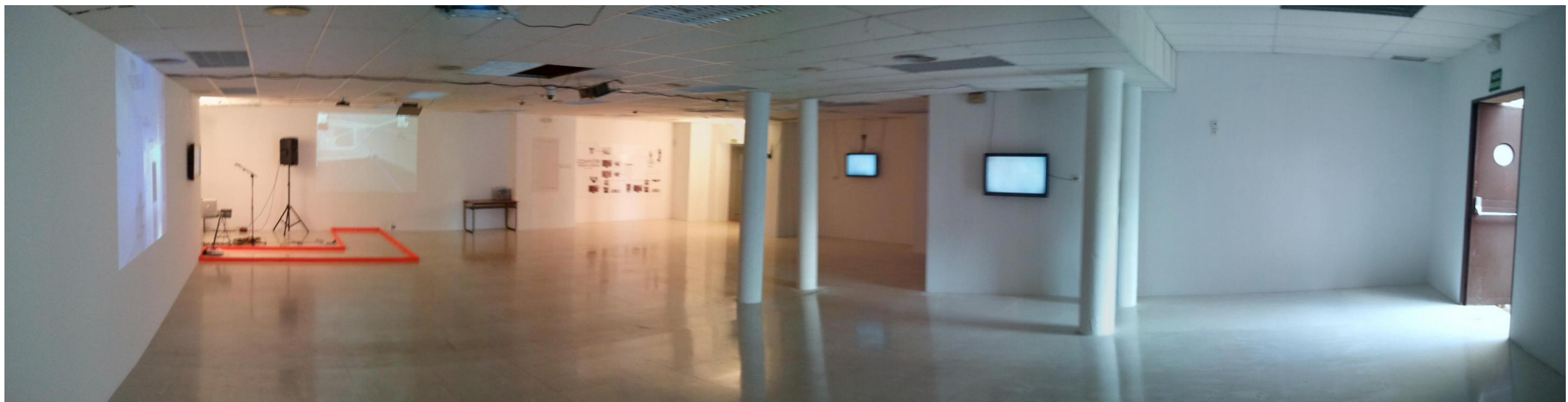
7.6 Diagrama de flujo de la Aplicación_1

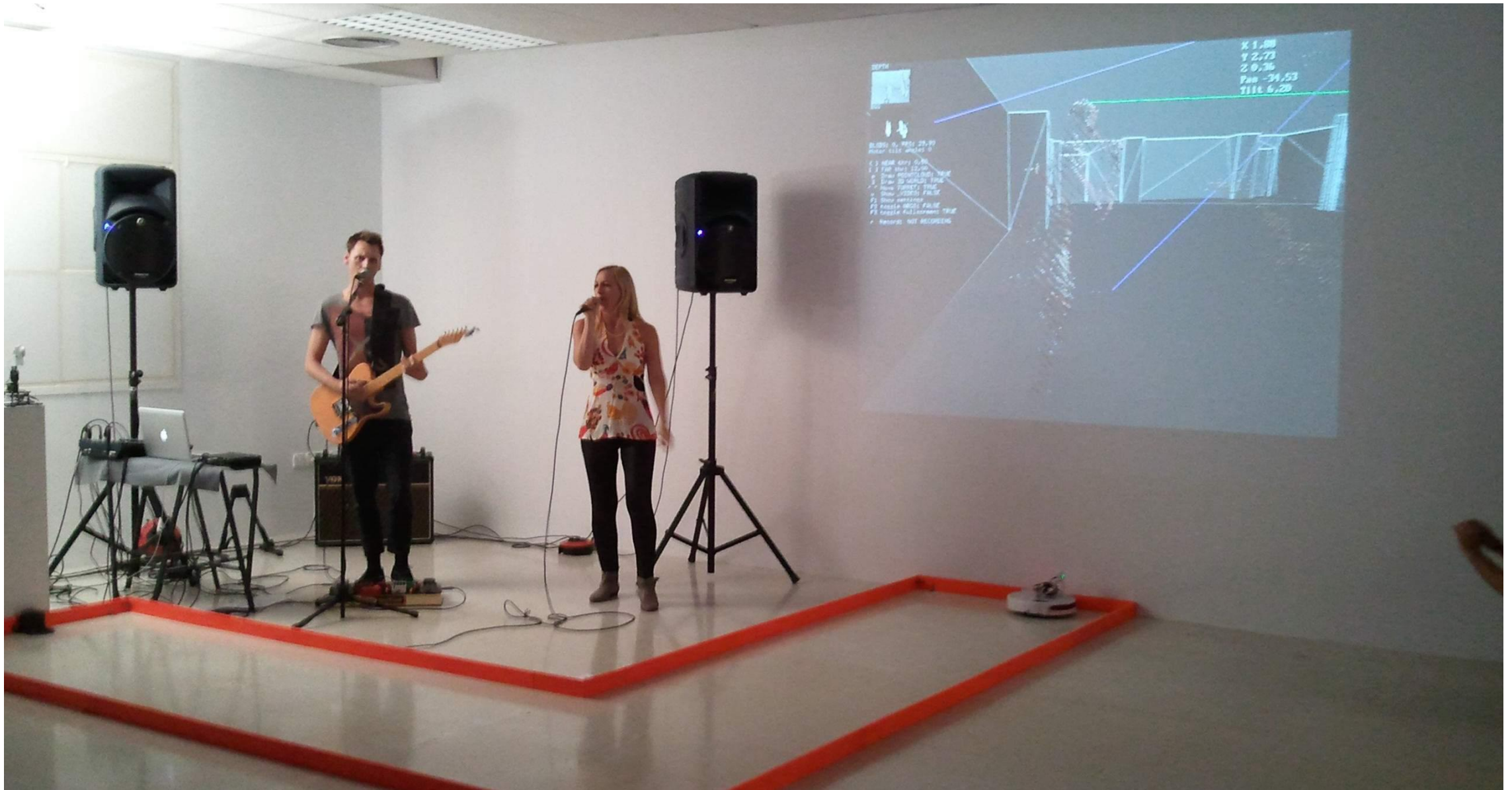


7.7 Estados y diagrama de flujo de la unidad móvil robotizada



7.8 Documentación gráfica de la exposición CvCinema



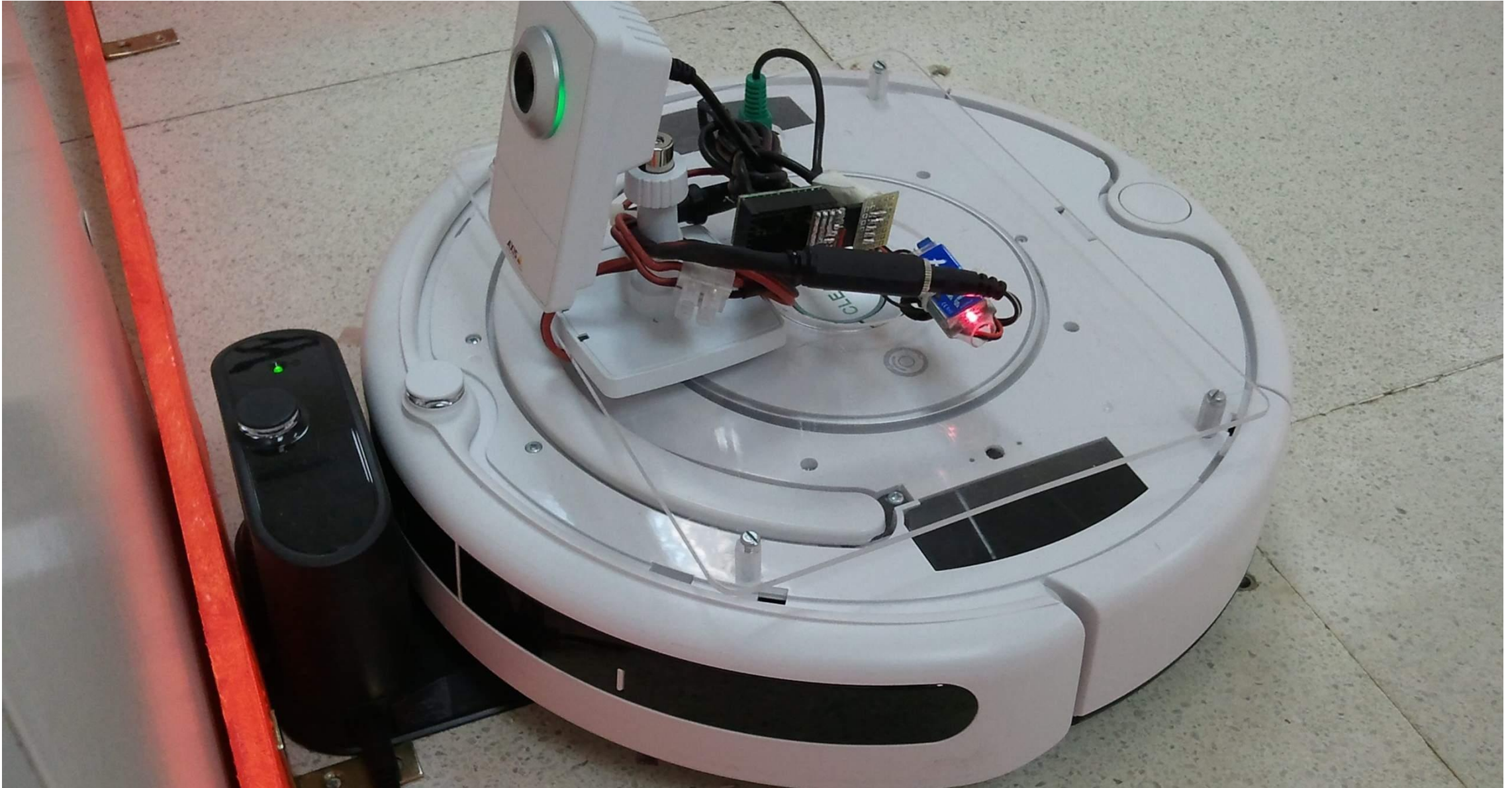














7.9 Difusión de resultados

Aparte de los festivales en los que se proyectó el cortometraje "At one's fingertips"²⁴² y de la instalación "CvCinema" expuesta en Málaga²⁴³, durante el desarrollo de esta investigación se han hecho públicos tanto los resultados parciales de los experimentos y prototipos como el resultado final materializado en el sistema CvCinema, en una serie de eventos y/o medios de comunicación que procedemos a enumerar a continuación:

fecha	Evento/medio
04/05/2011	Presentación del proyecto en el Studio for Creative Inquiry de la Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, Estados Unidos.
02/07/2011	Presentación del proyecto en Dorkbot Pittsburgh 33 http://dorkbot.org/dorkbotpgh/archives.html
13/09/2011	Charla "Experiencias con visión artificial aplicada al arte", Centro Multimedia del Centro Nacional de las Artes, Mexico DF, Mexico. Más información en: http://www.arteymultimedia.blogspot.com.es/2011/09/avisos.html (accedido a 30/8/13)

242 Véase el apartado 3.3.1 Aplicación del Prototipo 1 al cine experimental, pág. 173

243 Véase el apartado 3.4 INSTALACIÓN CVCINEMA, pág. 185

13/04/2012	Conferencia "Experiencias with computer vision and art", Conferencia Internacional de Arte y Tecnología Technarte 2012, en la Alhóndiga de Bilbao. Más información en: https://www.alhondigabilbao.com/documents/10140/435371/Technarte.pdf (accedido a 30/8/13)
05/10/2012	Presentación del proyecto en la mesa redonda "Circuitería Tostada. Open Source, Circuit Wok" en la Muestra Internacional de Música y Audiovisuales Avanzados 2012, Espai Rambleta, Valencia.
10/10/2012	Artículo en el Diario Sur "Una obra de arte con cámaras y sensores 3D" (digital e impreso). Versión digital: http://www.diariosur.es/v/20121010/cultura/obra-arte-camaras-sensores-20121010.html (accedido a 30/8/13)
12/10/2012	Artículo en el diario La Opinión (ed. impresa, Málaga)
27/10/2012	Presentación del proyecto en Pecha Kucha Night Valencia vol.12
08/11/2012	Charla en la Fundación Autor como parte del curso "Taller del a música: 360º en la producción de un evento musical" Más información en: http://fundacionautor.org/cursodetalle.php?id=139 (accedido a 30/8/13)
21/11/2012	Conferencia "Computer Vision Cinema" en el Salón de Actos de la facultad de Bellas Artes de la Universidad de Murcia Más información en: http://tv.um.es/video?id=40451 (accedido a 30/8/13)
06/01/2013	Artículo en el periódico diario Levante (eds. digital e impresa) Versión digital: http://www.levante-emv.com/ingenio/2013/01/06/prot

	otipo-vision-artificial-realizacion-audiovisual-automat ca/964776.html (accedido a 30/8/13)
06/01/2013	Artículo en el periódico diario Las Provincias (eds. digital e impresa) Versión digital: http://www.lasprovincias.es/agencias/20130106/comunitatvalenciana/comunitat/prototipo-vision-artificial-para-realizacion_201301061107.html (accedido a 30/8/13)
06/01/2013	Artículo en el diario 20 Minutos (ed. digital) http://www.20minutos.es/noticia/1694088/0/vision-artificial/realizacion-audiovisual/automatica/ (accedido a 30/8/13)

7.10 Imágenes e ilustraciones de algunos autómatas fascinantes



Fig. 49. Autómata musical de Al-Jazari (fuente: <http://commons.wikimedia.org>)



Fig. 50. Tocadora de laúd atribuida a Giovanni Torriani (fuente: <http://www.khm.at>)

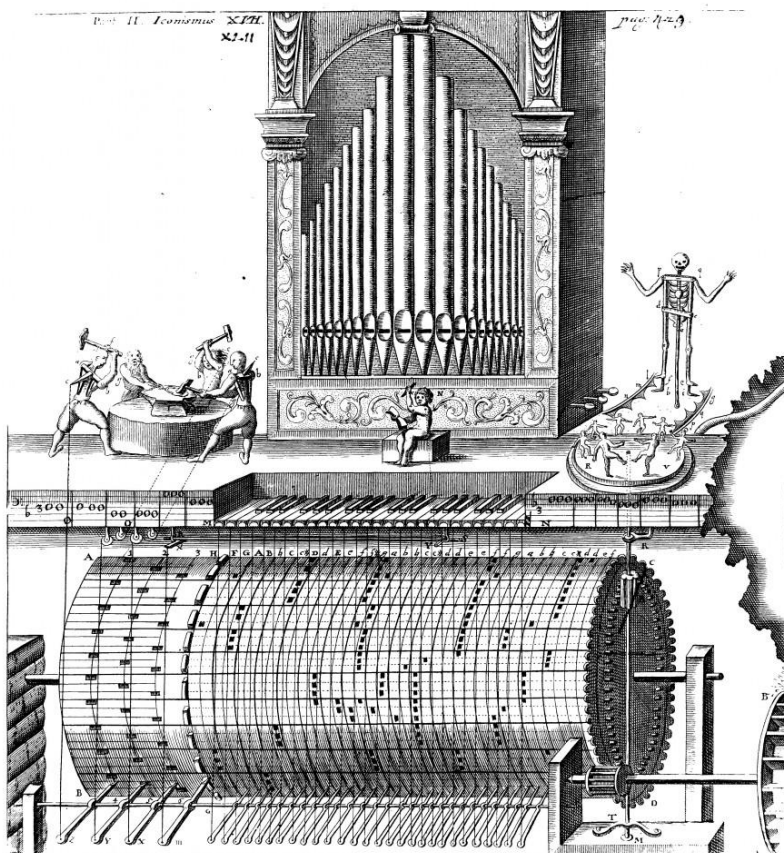


Fig. 51. Órgano hidráulico de Athanasius Kircher (fuente: <http://www.stanford.edu/group/kircher/>)

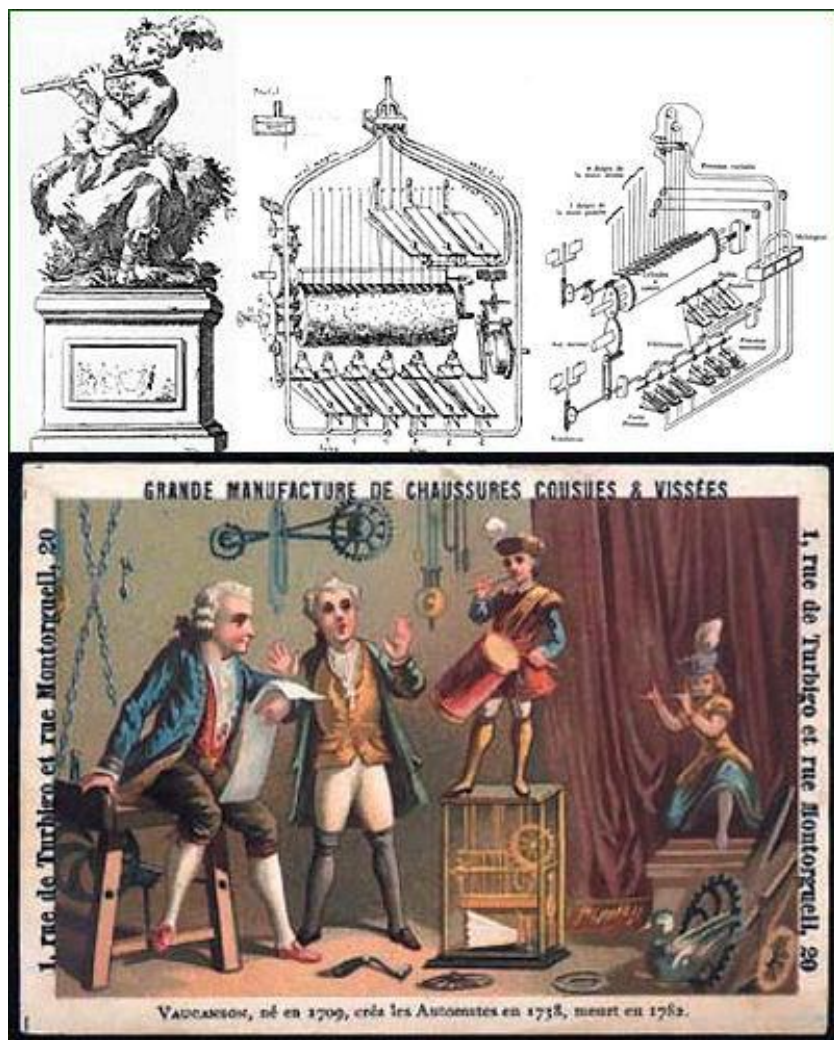


Fig. 52. *Flûteur automate* y *Tambourinaire* de Jacques Vaucanson (fuente: <http://commons.wikimedia.org> y <http://www.musicamecanica.org>)



Fig. 53. Escritor-dibujante de los Maillardet (fuente: <http://commons.wikimedia.org>)

