

Desmontar para montar.

La ingeniería inversa como metodología artística

[Dismantle to Assemble: Reverse Engineering as an Artistic Methodology](#)

MARC ANGLÈS CACHA  0000-0002-1820-0794

Universidad de Barcelona, Barcelona, España.

Resumen

Este ensayo visual titulado *Desmontar para montar* explora la ingeniería inversa, comúnmente asociada al ámbito de la informática, como metodología artística. En este sentido, las fotografías, los diagramas y los sonidos utilizados para documentar el desmontaje de los aparatos electrónicos actúan del mismo modo que las migas de pan en el famoso cuento *Hänsel y Gretel* de los Hermanos Grimm. Es decir, permiten revertir el camino ya andado y analizar el papel de los distintos componentes internos de los dispositivos tal como determina la definición más convencional de la ingeniería inversa. No obstante, la posibilidad de reciclar las piezas internas de los aparatos, así como el material gráfico que documenta su desmontaje y su puesta en relación con el concepto de *Postproducción* de Nicolas Bourriaud permite llevar la ingeniería inversa un paso más allá. Concretamente, el acto destructivo contra el aparato se convierte en un puente entre dos disciplinas aparentemente desvinculadas, arte y tecnología, que nos ayuda a comprender el significado y la simbología de los componentes electrónicos, así como sus protocolos de uso cerrados hasta el punto de desarticular la opacidad tecnológica que impera en los aparatos electrónicos contemporáneos.

PALABRAS CLAVE: Tecnología, opacidad, ingeniería inversa, arte, metodología.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO / HOW TO CITE THIS PAPER

Anglès Cacha, M. (2023). Desmontar para montar. La ingeniería inversa como metodología artística. *Umática. Revista sobre Creación y Análisis de la Imagen*, 6, 111-129.

<https://doi.org/10.24310/Umatica.2023.v5i6.17818>

Umática. 2023; 6:111-129

Artículo original
Original Article

Correspondencia/
Correspondence
Marc Anglès Cacha
marcangles@ub.edu

Financiación/Fundings
Sin financiación

Received: 29.10.2023
Accepted: 26.12.2023



Fotografía de las piezas que configuran uno de los reproductores DVD que se utilizó para la obra de producción propia *RAL 3020*. En esta imagen se puede apreciar cómo los componentes siguen funcionando y reproducen, a través de una televisión, el video *RAL 3020*.

Abstract

This visual essay titled *Dismantle to assemble* explains the reverse engineering, commonly associated with the field of computing, as an artistic methodology. In this sense, pictures, diagrams and sounds used to document how I dismantled electric devices act as breadcrumbs in the famous tale *Hänsel and Gretel* by the Brothers Grimm. This is, they allow us to reverse the path already taken and analyse the role of the different internal components of the electronic devices, as the traditional definition of reverse engineering determine. However, the possibility of recycling the internal components of electronic devices, as well as the graphic materials that document their disassembly and their connection with Nicolas Bourriaud's concept *Postproduction*, allow bringing reverse engineering to a next level. Specifically, the destructive act against the electric device becomes a link between two apparently disassociated disciplines, art and technology, which helps us understanding the meaning and symbology of internal electronic components, as well as their closed use protocols with the objective of reversing the technological opacity that we find in contemporary electrical devices.

KEY WORDS: Technology, opacity, reverse engineering, art, methodology.

Presentación

Hänsel cogió a su hermana por la mano y siguió el rastro de guijarros, que brillaban como monedas recién fundidas y les mostraban el camino (Grimm y Grimm, 1985, p. 116).

Desde hace años, mi práctica artística ha consistido en desmontar aparatos electrónicos con el objetivo de revertir la opacidad tecnológica. Así pues, he abierto ordenadores, reproductores de DVD y teléfonos móviles para entender cómo funcionan internamente los dispositivos electrónicos que imperan en los distintos ámbitos de la sociedad contemporánea, incluyendo aquellos que desde hace décadas también forman parte de la práctica artística (Mora, 2012). No obstante, este proceso no siempre es fácil ya que la gran mayoría de aparatos electrónicos se presentan como cajas herméticas o, utilizando el término empleado por el teórico de los *new media* Alexander Galloway, *cajas negras* que ocultan el enigma de su funcionamiento (Galloway, 2010).

Sin embargo, estos actos, *a priori* destructivos contra los aparatos, son una de las metodologías más utilizadas en informática: la ingeniería inversa. En el ámbito del *software*, se define la ingeniería inversa como: "The process of analyzing a subject system to: 1- Identify the system's components and their interrelationships and 2- Create representation of the system in another form or at a higher level of abstraction" (Chikofsky y Cross, 1990, p. 15).

Por otro lado, uno de los elementos más importantes de la ingeniería inversa es la documentación rigurosa de aquello que ha sido manipulado. Como afirma Michel G. Rekoff:

The documentation created in the present iteration of the reverse engineering process becomes part of the existing data that will be assimilated when the elements of the present iteration become the item of a subsequent iteration. It is useful to prepare an exploded drawing of the item in terms of its elements and to briefly describe the disassembly procedure. It is important to direct attention to any peculiar functions, operations, configurations, materials, or finishing methods. (Rekoff, 1985, p. 252)

Así pues, líneas de código, diagramas, dibujos, esquemas, modelos 3D o fotografías son solo algunos de los medios para documentar el desmontaje del aparato. No se establece una única metodología de documentación; cada medio se adapta al proceso en cuestión. La variedad no es poca y, en consecuencia, los resultados no se basan en un estándar.

En este contexto, mi metodología para documentar un proceso de ingeniería inversa y que nace de un interés artístico se basa en tres fases. En primer lugar, tomo fotografías de cada uno de los componentes que configuran el aparato electrónico en un fondo infinito de

color blanco. En esta etapa, me interesa la fotografía como una herramienta que “ha estado tautológicamente ligada a la verdad y a la memoria” (Fontcuberta, 2016, p. 17). Es también importante el uso del fondo infinito y el color blanco, que pretende aislar las piezas de cualquier contexto o ruido visual y centrar al máximo la atención en el dispositivo fotografiado. En segundo lugar, documento la conexión entre piezas mediante esquemas basados en una mezcla de lenguaje técnico y artístico que, pese a no responder a las necesidades de la ingeniería en el sentido más estricto del término, permiten orientarme en cuanto se refiere a su funcionamiento, organización y lógica interna. Finalmente, la tercera fase es la grabación de los sonidos emitidos por los aparatos electrónicos durante su funcionamiento. Es en este punto donde la sutileza se hace más evidente, ya que los zumbidos electrónicos o por fricción, me ofrecen la posibilidad de distinguir las piezas.

A pesar de que la ingeniería inversa provenga del ámbito de la informática, podemos encontrar cada vez más experiencias que aplican esta metodología a la actividad artística. Por ejemplo, en el uso del análisis de esculturas para facilitar su comprensión interna, la topología de la pieza y su modelado mediante modelos 3D articulables (Chang, 2021), así como el desmontaje de productos en el diseño para modificar los objetos según los hábitos de consumo o peticiones de los usuarios (Smith et al., 2012). No obstante, este artículo no solo pretende describir un método, un modo de hacer, sino que también quiere abordar el espíritu crítico y la capacidad de denuncia de la ingeniería inversa al utilizarla como medio artístico.

Para mis investigaciones, comprender la técnica, esto es, el conjunto de procedimientos de una metodología concreta, es básico. Para esta tarea, el ámbito artístico es el espacio idóneo para desarrollar estas acciones y reflexiones, ya que se sirve de la resistencia creativa de acción y replanteamiento del discurso para poner en cuestión modelos de normalidad y consumo contemporáneos. En este sentido, los dispositivos electrónicos se convierten mediante la práctica artística en elementos retóricos, es decir, mecanismos que sirven para identificar, visualizar y denunciar aspectos clave de las nuevas tecnologías y la sociedad contemporánea. Por ejemplo, la lógica hermética bajo la cual operan los aparatos electrónicos y sus consecuencias biopolíticas en términos de control de la población y de transmisión sesgada de conocimiento. Por este motivo, las relaciones entre arte y tecnología que impulsan esta peculiar visión de la ingeniería inversa deben ser puestas de relieve cuando se trata de potenciar la poética de la tecnología y sus aparatos, porque “de variadas maneras—incluso en formas políticas a veces irreconciliables— asumen en cada momento el entorno técnico del que son parte y actúan en consecuencia” (Kozak, 2012, p. 8).

Así pues, entre la ingeniería inversa y la apropiación artística, hay un punto de encuentro entre metodologías capaz de modificar la función y significado de las piezas a través de acciones como el *hacking*, por ejemplo. Sin embargo, es importante no entender el *hacking* cómo un mero gesto basado únicamente en desmontar aparatos electrónicos o alterar códigos informáticos. El teórico Lev Manovich identificó la llegada de los *new media* como una época

de posibles cambios, en la cual Internet y las nuevas tecnologías abren la puerta a una sociedad más horizontal, descentralizada y de conocimiento colectivo por su forma de funcionar en red (Manovich, 2017). Como afirma Yochai Benkler:

El entorno informativo en red incrementa cualitativamente el rango y la diversidad de información disponible para los individuos. Y lo hace posibilitando que fuentes comerciales y no comerciales, preponderantes y alternativas, domésticas o foráneas, produzcan información y se comuniquen con cualquier persona. Esta diversidad modifica radicalmente el universo de opciones que los individuos pueden considerar abiertas para ellos, y les proporciona una base más rica para formarse juicios críticos sobre cómo podrían vivir sus vidas y, a través de esta oportunidad para la reflexión crítica, por qué deberían valorar la vida que escogen. (Benkler, 2015, p. 175)

Por este motivo, el *hacking* es más que un recurso técnico de acción, es un movimiento de resistencia que, partiendo de los principios democráticos que propiciaron el nacimiento de Internet, se convierte automáticamente en una posición política. Una forma de entender o de habitar la red, así como de afrontar la interacción con los aparatos electrónicos, basada en el libre acceso a la información (Levy, 2001) y el *Procomún*, esto es, "una forma alternativa de espacio institucional donde los agentes humanos pueden actuar libres de las especificaciones exigidas por los mercados" (Benkler, 2015, p. 186) y los fabricantes.

En cierto modo, documentar los procesos que configuran una investigación son la base que permitirá recurrir a formas u objetos ya existentes para generar espacios de resistencia. Como afirma Nicolas Bourriaud en su ensayo *Postproducción*: "servirse de un objeto es forzosamente interpretarlo" (2009, p. 22). Siguiendo sus palabras, la ingeniería inversa, así como las fotografías y todo el material resultado de la documentación, se elevan más allá de la mera documentación técnica o funcional como una constelación de signos, imágenes y dinámicas que la sociedad ha estandarizado y establecido en su día a día.

De hecho, como una posible respuesta crítica a la tecnología y su modelo dominante, es decir, de globalización capitalista, de mercado y de grandes corporaciones, se sitúan los *Medialabs*, *Makespaces* y los *Hacklabs*. En nuestro país, el *Medialab Matadero* y *Vallekas Hacklab* en Madrid, los *Jueves abiertos* en Hangar: Centre de Producció i Recerca Artística en Barcelona, el *Medialab de Tabakalera* en Donostia-San Sebastián y el *Downgrade Hacklab* de Zaragoza (Roig, 2007, p. 206) son solo algunos ejemplos de aquellos espacios donde se dota de sentido metafórico a los dispositivos. Enseñar a desarticular aparatos electrónicos, aprender a montar redes de telecomunicación o compartir conocimientos, son acciones que posicionan a la persona usuaria como ente crítico al tener la capacidad de proyectar una imagen del *hacking* y la ingeniería inversa como una cultura de la información libre. Así pues,

citando de nuevo al artista, docente y ensayista Joan Fontcuberta sobre el nuevo rol de la imagen en la era digital:

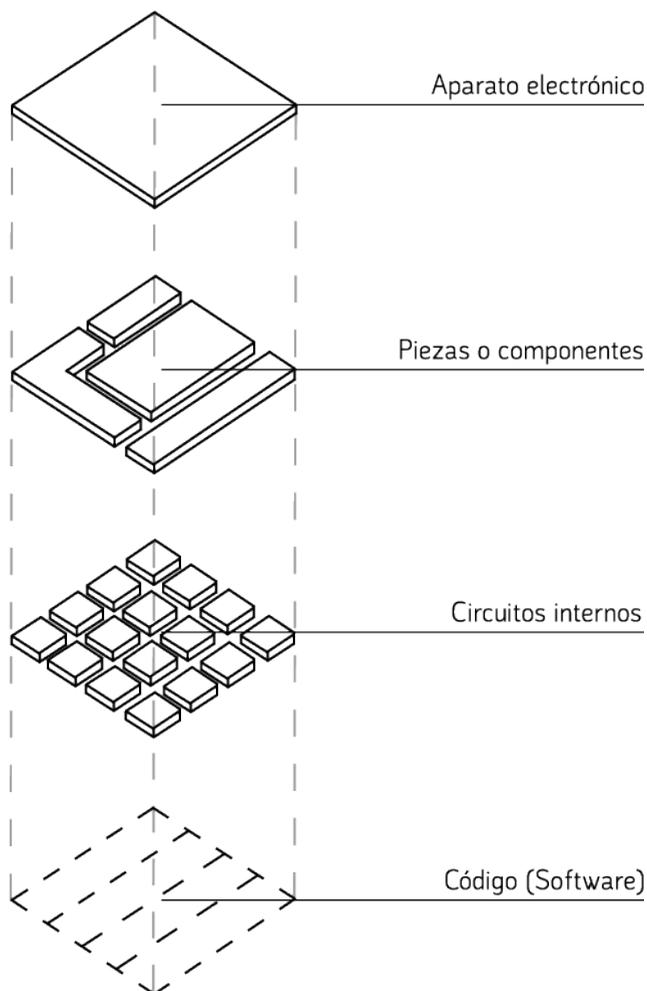
La postfotografía quiebra hoy esos vínculos: en lo ontológico, desacredita la representación naturalista de la cámara; en lo sociológico, desplaza los territorios tradicionales de los usos fotográficos. Más que hacia una ontología de la imagen, es hacia esos nuevos escenarios adonde deseo enfocar mi examen: ¿qué funciones seguirá desempeñando la fotografía? ¿Cómo se ven trastocados sus roles sociales (foto familiar, turística, periodística, etc.) en los nuevos contextos culturales y políticos que se avecinan? ¿Para qué empleamos las imágenes en la actualidad? (Fontcuberta, 2016, p. 17)

En este punto del texto, cabe decir que la totalidad de objetos, símbolos y documentos con los que trabajo se manifiestan útiles para otros colectivos, procesos e investigaciones. "Nada es mío, pero todo me pertenece", afirmaba el artista Luca Carrubba (2008), por eso, todo el material generado es compartido. Y es describiendo esta manera de trabajar que me vuelvo a encontrar a Bourriaud y su concepto de postproducción, del cual me nutro y complemento con influencias de la ética hacker y el código abierto que hablan de ir más allá de los aparatos electrónicos para descifrar el componente político que se esconde detrás del código informático (Stallman, 2004, pp. 37-38). Trabajando con esta metodología se genera una posibilidad de creación de nuevos elementos a partir de otros ya producidos, siempre, bajo su modificación y puesta en común.

El prefijo <<post>> no indica en este caso ninguna negación ni superación, sino que designa una zona de actividades, una actitud. Las operaciones de las que se trata no consisten en producir imágenes de imágenes, lo cual sería una postura manierista, ni en lamentarse por el hecho de que todo <<ya se habría hecho>>, sino en inventar protocolos de uso para los modos de representación y las estructuras formales existentes. Se trata de apoderarse de todos los códigos de la cultura. (Bourriaud, 2009, p. 14)

Por otro lado, la metodología de la ingeniería inversa abordada desde la práctica artística, la postproducción y el pensamiento crítico es capaz de revelarnos una nueva característica de la caja negra tecnológica: su capacidad de articularse y reforzarse mediante distintos niveles de profundidad. Como se puede observar en el siguiente diagrama que constituye la base para entender este ensayo visual, el aparato electrónico se desarticula en mi práctica artística con el objetivo de identificar sus componentes internos principales. No obstante, estas piezas internas también se pueden desmontar en piezas más pequeñas, como por ejemplo circuitos internos; y los circuitos internos también pueden ser desarticulados hasta llegar a niveles completamente intangibles.

Según Bruno Latour, vivimos en una sociedad de *blackboxing*, esto es, de cajas negras dentro de cajas negras donde la opacidad es promovida por el relato hegemónico a la vez que determina nuestro comportamiento y se expande más allá de los aparatos electrónicos (Latour, 2021, pp. 229–231). En este sentido, la opacidad es tan fuerte y está tan arraigada que, a pesar del carácter analítico de la disección de los aparatos y la maquetación de sus imágenes, es capaz incluso de impregnar la disposición de las fotografías que configuran este ensayo visual. En pocas palabras, el modelo social *blackboxing* me impulsa a imaginar, una y otra vez, los aparatos desde sus superficies metálicas, es decir, desde sus carcasas y hacia sus profundidades.



Esquema de producción propia sobre los niveles de profundidad de la ingeniería inversa.



Fotografía de producción propia de un ordenador portátil.



Fotografías de producción propia de los componentes internos que configuran un ordenador portátil. Estas imágenes son el resultado de mi metodología para documentar un proceso de ingeniería inversa.



Fotografía de producción propia de un reproductor de DVD.

Fotografías de producción propia de los componentes internos que configuran un reproductor de DVD. Estas imágenes son el resultado de mi metodología para documentar un proceso de ingeniería inversa.

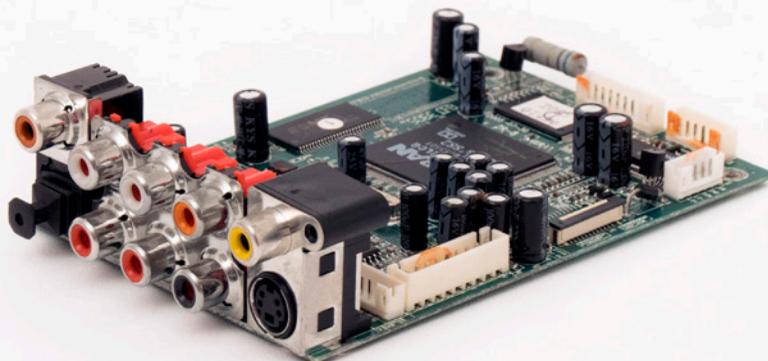
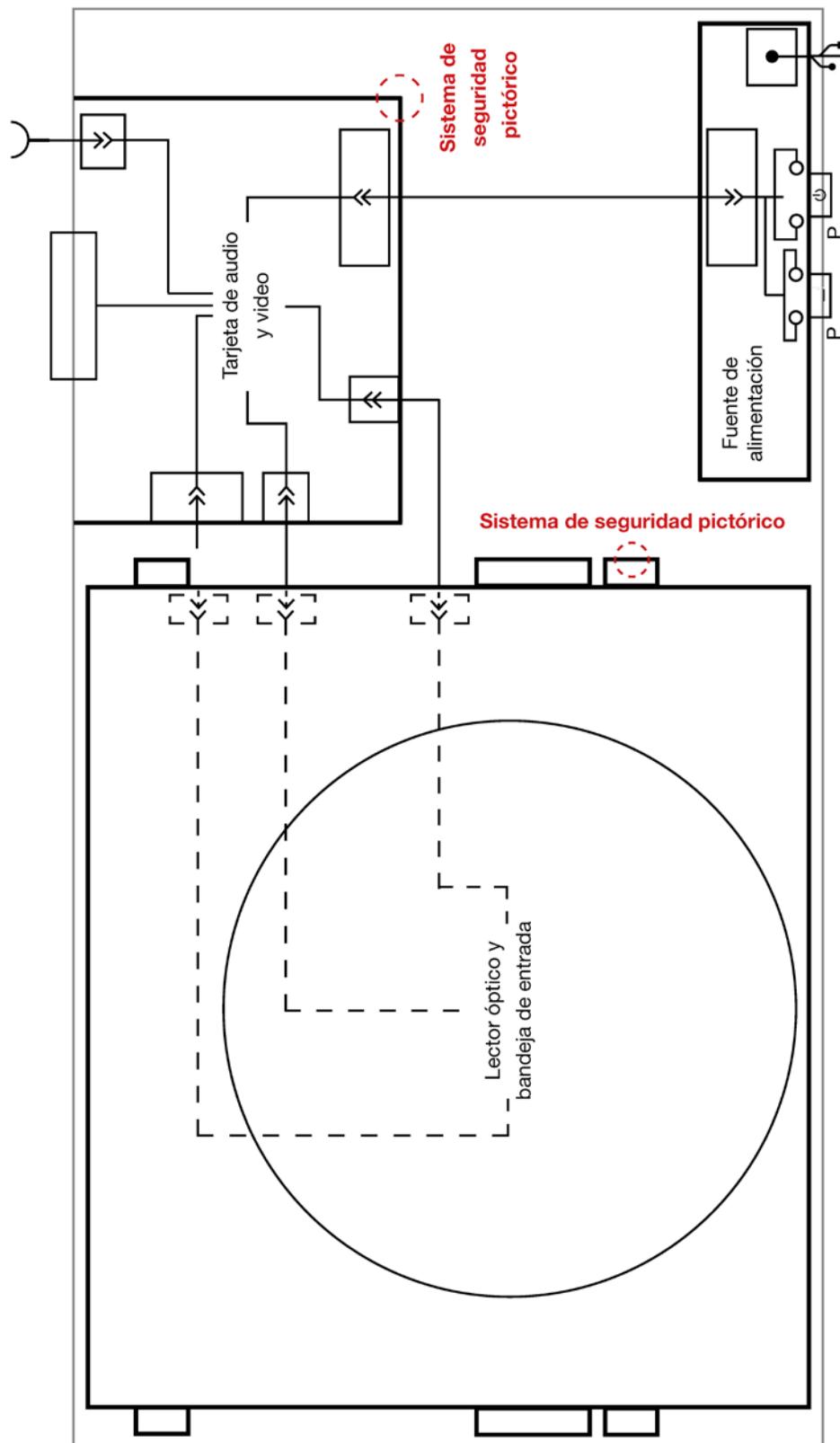


Diagrama de producción propia de los componentes internos que configuran un reproductor de DVD. Este dibujo es uno de los resultados de mi metodología para documentar un proceso de ingeniería inversa.

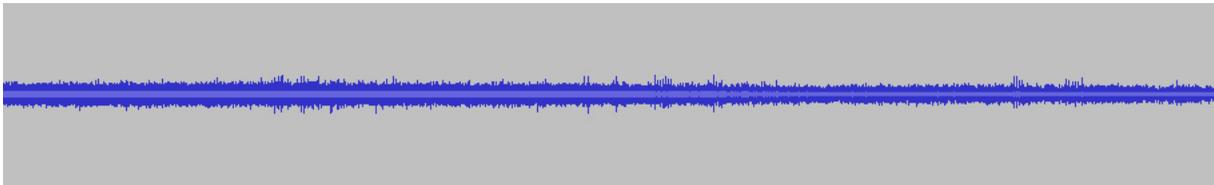
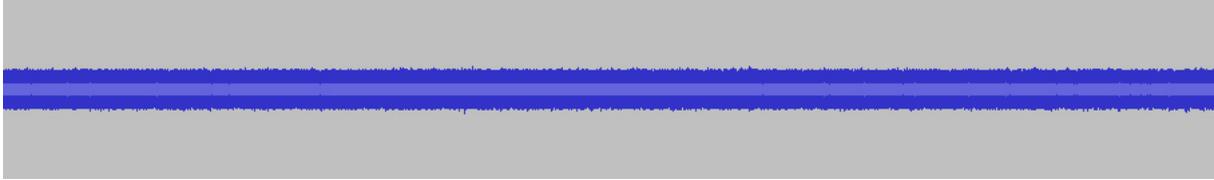
DIAGRAMA ELECTRÓNICO DE UN REPRODUCTOR DE DVD



PROYECTOR ANALÓGICO SUPER-8

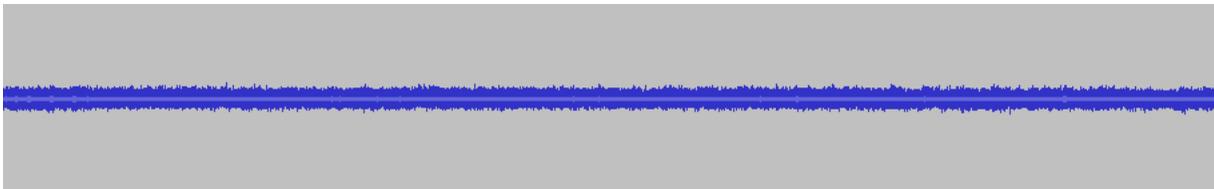
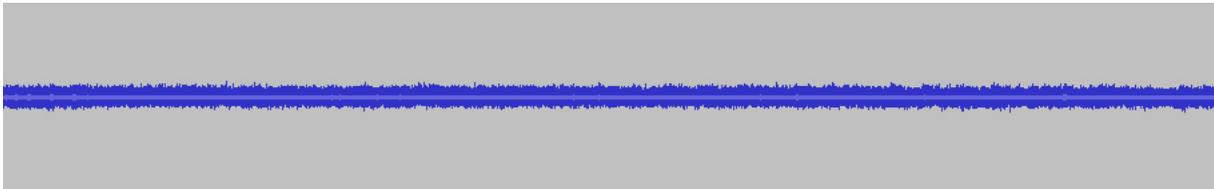
Ondas de sonido del proyector a 24 f/s

Ondas de sonido del proyector a 24 f/s rebobinando



REPRODUCTOR DE DVD

Ondas de sonido y vibraciones de un reproductor de DVD



ORDENADOR PORTÁTIL

Ondas de sonido y vibraciones de un ordenador portátil



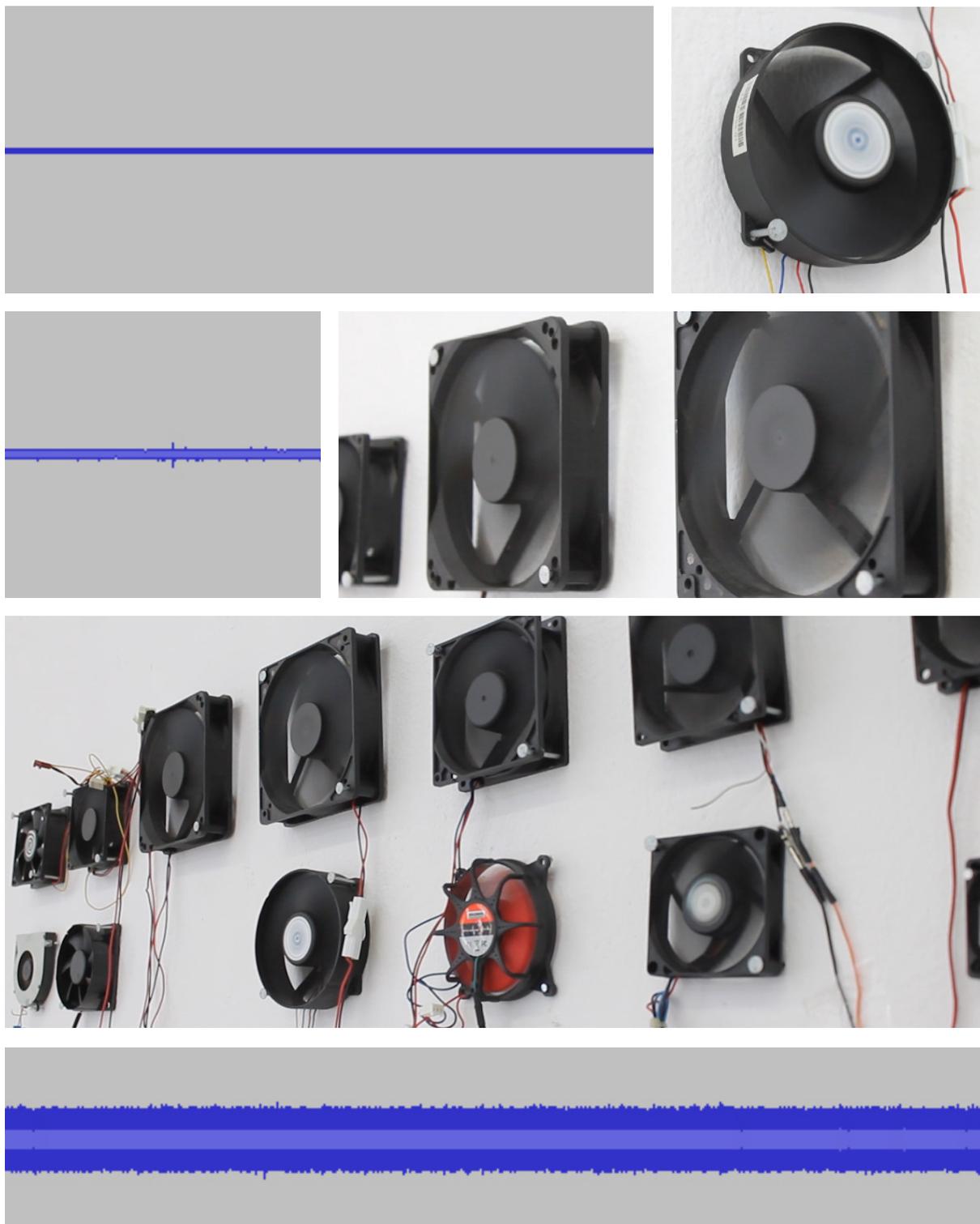
Reflexión / Conclusión

En este sentido, las fotografías de los componentes internos de los aparatos electrónicos y los sonidos que documentan su funcionamiento actúan del mismo modo que los guijarros o las migas de pan en el famoso cuento *Hänsel y Gretel* de los Hermanos Grimm. Es decir, permiten volver al origen, volver a casa, volver a hacer funcionar unos aparatos electrónicos previamente desmontados y sin uso. No obstante, en el frondoso bosque que forman los cables, las teclas y los chips aún sin conectar se abre la posibilidad de sacar partido del conocimiento técnico adquirido. Por ejemplo, en el proyecto artístico de producción propia *De lado a lado*, la metodología de la ingeniería inversa sirvió para identificar aquellas piezas de los ordenadores que hacen ruido al reproducir una película en DVD o en línea y que, por lo tanto, han substituido el clásico sonido del traqueteo del proyector. El proceso de investigación se materializó en una instalación que amplificaba, mediante la suma de numerosos componentes reciclados del desmontaje de antiguos dispositivos electrónicos y, por lo tanto, puestos de nuevo en funcionamiento gracias a la ingeniería inversa, los sutiles sonidos del mundo digital. Un mundo que ha silenciado un antiguo elemento identitario del medio cinematográfico: el sonido del proyector y su constante cadencia.



Detalle de la instalación artística de producción propia *De lado a lado*, en la cual la acumulación de distintas piezas permite amplificar un sonido que habitualmente pasa desapercibido.

Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=RSbxv3dII1I>.



Detalles de la instalación artística de producción propia *De lado a lado*. La combinación de estas fotografías con el registro de las ondas sonoras de la obra permite potenciar la conexión entre el sonido y la instalación.

Por otro lado, en el proyecto *RAL 3020*, pintura y tecnología se unen para evidenciar métodos de control y poder. La instalación está formada por tres carcasas de DVD aparentemente vacías y sin uso; solo se pueden apreciar algunas etiquetas de pintura roja que ponen de manifiesto un acceso restringido y, supuestamente, indebido al interior del dispositivo. Contra todo pronóstico y gracias a metodologías de ingeniería inversa, no solo pude acceder al interior de los aparatos, sino que estos siguen funcionando. De nada han servido las etiquetas *OPEN/VOID* de seguridad, a través de la ingeniería inversa, como usuario –y no fabricante–, he podido conocer, cuestionar y repensar el uso, funcionalidad y sentido del aparato. El rojo característico de la prohibición condensado en la fórmula *RAL 3020* ha sido burlado, replicado y reinterpretado para evidenciar las relaciones de poder que aún ostentan mundos aparentemente tan alejados como el arte y la tecnología.



Fotografía de la obra de producción propia *RAL 3020*. A pesar de haber sido desmontados durante el proyecto, los reproductores DVD reproducen en la sala expositiva el video que documenta la fabricación del color rojo *RAL 3020*.

Finalmente, la disección de los aparatos electrónicos que abre este ensayo visual se revela como aquello que ejerce de puente para que la ingeniería inversa, tan característica del ámbito informático, traspase los límites de su especialidad sin perder un ápice de su esencia. La documentación rigurosa mediante fotografías, dibujos, ondas sonoras, así como otros registros gráficos que sí son propios de la práctica artística contemporánea permiten identificar los componentes, sus interrelaciones y crear representaciones del sistema más abstractas, pero también dan a luz un nuevo enfoque, una nueva voz. En la disección controlada de aparatos electrónicos reside una retórica de la tecnología capaz de visualizar cómo la lógica hermética bajo la cual operan los dispositivos ha modificado por completo la forma de relacionarnos con el mundo. La mediación de gran parte de los aspectos de la sociedad y la vida contemporánea a través de máquinas ha conllevado la eliminación del conocimiento de los procesos intermedios. En consecuencia, gestos que se repiten sin reflexionar y cotidianamente, modifican e influyen nuestros actos de forma inconsciente. Por ejemplo, la acción de pulsar el teclado del ordenador es capaz de generar una interacción superficial con la máquina y unos hábitos basados en el desconocimiento de los aspectos internos, pero también sociales que configuran nuestros dispositivos y el mundo de las nuevas tecnologías. Un ejemplo de ello lo encontramos en los motivos expuestos por el artista digital Eugeni Tiselli para explicar por qué deja temporalmente de crear obras de e-Literatura. Después de investigar el proceso de fabricación de los aparatos electrónicos, el artista se preguntaba:

But have we, as an academic community, realized what electronic devices are doing to the environment? Do we know where the minerals that are necessary to manufacture computers come from, and under what conditions they are extracted? What about the slave labor involved in the manufacturing process? Have we deeply studied the economic implications of using computers as literary tools, in a time in which all our economic systems are collapsing? (Tiselli, 2012)

Por otro lado, y entre otras problemáticas derivadas de la caja negra, la opacidad tecnológica y el hermetismo de las nuevas tecnologías también rebota en un mundo intangible: los datos. En la actualidad, cada vez es más difícil rastrear o ser consciente de todo aquello que genera nuestro paso por la red y del manejo del *bigdata* por el sector privado. Una cantidad ingente de datos que sirve para detectar y fomentar patrones de comportamiento, de incidencias, de consumo, etc. En pocas palabras, nos hallamos frente a modos de hacer que nos alejan de la horizontalidad, el conocimiento compartido y la información libre de aquel Internet previo a las grandes multinacionales tecnológicas. La opacidad tecnológica y sus consecuencias derivadas nos catapultan hasta unas dinámicas que nos mantienen pegados delante de los aparatos y no nos dejan ver/ir más allá de una interacción superficial y controlada.

Así pues, en la ingeniería inversa como metodología artística no se trata de recorrer de nuevo el camino ya andado y volver a montar los dispositivos electrónicos repitiendo los mismos errores. Como en el cuento de los hermanos Grimm, el viaje, la aventura, el proceso que hermana estas dos disciplinas, tecnología y arte, es una experiencia en sí misma que nos nutre de conocimiento en todas sus etapas y nos permite ser más críticos con la política que se esconde detrás de las carcasas de los aparatos electrónicos.



Grimm, J. y Grimm, W. (1909). *The Fairy Tales of the Brothers Grimm* [Ilustración]. (Arthur Rackham, Ilus.). Constable & Company Ltd.

Referencias / References

- BENKLER, Y. (2015). *La riqueza de las redes*. Icaria.
- BOURRIAUD, N. (2009). *Postproducción*. Adriana Hidalgo editora.
- CARRUBBA, L. (2008). Estereotips – Interactive, free Technology and open education. Página web oficial del artista Luca Carrubba. <https://estereotips.net/index.html%3Flang=es.html>.
- CHANG, M. T. (2021). *Artist's Tools: Reverse-Engineering of Prototypes*. https://academicworks.cuny.edu/cc_oers/296/
- CHIKOFFSKY, E. y CROSS, J. (1990). Reverse engineering and design recovery: a taxonomy. *IEEE Software*, 7(1), 13-17. <https://doi.org/10.1109/52.43044>.
- FONTCUBERTA, J. (2016). *La furia de las imágenes*. Galaxia Gutenberg.
- GALLOWAY, A. (2010). *Black box, Black bloc. A lecture given at the New School in New York City*. http://cultureandcommunication.org/galloway/pdf/Galloway_Black_Box_Black_Bloc.pdf.
- GRIMM, J. y GRIMM, W. (1985). Hänsel y Gretel. En: M. A. Seijo (Ed. y Trad.). *Cuentos de niños y del hogar 1* (pp. 114-123). Anaya.
- KOZAK, C. (Ed.). (2012). *Tecnopoéticas argentinas: archivo blando de arte y tecnología*. Caja Negra.
- LATOUR, B. (2021). *La esperanza de Pandora. Estudios sobre la realidad de los estudios en la ciencia*. Gedisa.
- LEVY, S. (2001). *Hackers: heroes of the computer revolution*. Penguin.
- MANOVICH, L. (2017). *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. La imagen en la era digital*. Editorial Paidós.
- MORA, V. L. (2012). *La opacidad tecnológica: lo que no vemos en las máquinas*, CCCB: Centro de Cultura Contemporània de Barcelona.
- REKOFF, M. G. (1985). On reverse engineering. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, 15(2), 244-252. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1985.6313354>.
- ROIG, G. (2007). Hacktivismo. Hackers y Redes Sociales. *Revista de Estudios de Juventud*, 76(11), 201-223. <https://www.injuve.es/sites/default/files/Revista-76-capitulo-11.pdf>
- SMITH, S., Smith, G., y SHEN, Y. T. (2012). Redesign for product innovation. *Design Studies*, 33(2), 160-184.
- STALLMAN, R. (2004). *Software libre para una sociedad libre*. Traficante de sueños.
- TISELLI, E. (2012). Why I have stopped creating E-Lit. Netartery. *Synthesis of arts & ideas*. <https://netarteryvispo.com/?p=1211>