

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE GANDÍA

MÁSTER EN POSTPRODUCCIÓN DIGITAL



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

“Investigación y análisis del uso de errores analógicos y digitales con finalidad artística en el audiovisual ”

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Autor: Pablo Jurado Solano

Director: Jaime Lloret Mauri y

Carlos García Miragall

Gandía, septiembre de 2013

Resumen:

En el presente texto se llevan a cabo una serie de experimentos cuya finalidad es obtener distorsiones de vídeo con un cierto interés estético. El trabajo supone un estudio práctico sobre los distintos métodos de distorsión digital y analógica existentes, que decide tomar algunos de estos a modo de ejemplo. Además se lleva a cabo un desarrollo teórico y técnico que trata de arrojar estos ensayos.

Tanto en lo práctico como en lo teórico el objetivo principal es comprobar la capacidad expresiva del uso del error en la creación audiovisual. Para alcanzar este objetivo se ha dividido esta investigación en dos partes. La primera supone un marco teórico que parte de un recorrido histórico por aquellos artistas interesados en la creación más allá de la transparencia del medio audiovisual. La segunda parte, la referente a los ensayos prácticos, parte de una serie de conceptos técnicos sobre el vídeo analógico y digital, para centrarse más adelante en las posibilidades expresivas y de flujo de trabajo que ofrecen los distintos métodos de distorsión empleados.

Palabras clave:

Glitch, error, databending, ruido, distorsión.

Abstract:

Herein are carried out a series of experiments aimed to obtain video distortion with some aesthetic appeal. The work is a practical study of the existing methods of analog and digital distortion, which decides to take some of these methods as examples. It also performs a theoretical and technical development for this experiments.

Testing the expressive capacities of audiovisual distortion is the main objective for both practical and theoretically aspects of this work. To achieve this target this research is divided into two parts. The first part is a theoretical framework based on a historic range of over those artists interested in creating beyond the audiovisual transparency. The second one, referring to the tests, is based on a certain number of technical concepts about analogic and digital video. This second part focuses, later, in the workflow and expressive possibilities offered by the different methods of distortion used in the experiments.

Keywords:

Glitch, error, databending, noise, distortion.

INDICE

Capítulo 1: Introducción.....	5
1.1.- Introducción.....	5
1.2.- Objetivos.....	6
1.3.- Precedentes del proyecto.....	7
1.4.- Estructura del proyecto.....	9
Capítulo 2: Estado del arte.....	11
2.1. Conceptos básicos para el análisis del ruido en obras audiovisuales.....	11
2.2. Historia del uso del error con fines artísticos y expresivos.....	16
2.3. Herramientas empleadas a lo largo de la historia del error audiovisual.....	22
Capítulo 3: Caracterización de elementos a utilizar en la generación de errores.....	28
3.1. La señal de vídeo.....	29
3.1. 1. La señal analógica.....	29
3.1.2. La señal digital: formatos y codecs.....	33
Capítulo 4: Casos de estudio.....	40
4.1. Distorsión de la señal analógica: variación de la frecuencia.....	40
4.2. Distorsiones de la señal digital.....	45
4.2.1. Distorsiones con editores de información: editor de texto y editor hexadecimal.....	45
4.2.2. Distorsiones con software de manipulación sonora: Audacity.....	48
4.2.3. Datamoshing manual.....	64
4.2.4. Plug ins para After Effects.....	66
Capítulo 5: Conclusiones.....	68
5.1. Cumplimiento del objetivo.....	68
5.2. Conclusiones sobre el proyecto.....	70
5.3. Problemas encontrados y cómo se han solucionado.....	72
5.4. Aportaciones personales.....	73
5.5. Futuras líneas de trabajo.....	73
REFERENCIAS.....	76

Capítulo 1: Introducción

1.1.- Introducción

Normalmente, cualquier tipo de error es visto en la creación audiovisual convencional como algo indeseable. Evitar la aparición de aberraciones, artefactos o distorsiones es el quebradero de cabeza de multitud de técnicos al servicio de la industria audiovisual. Para ellos lo importante es asegurar la llegada del mensaje desde el emisor al receptor de forma fiel y controlada. Sin embargo, podemos encontrar artistas que deciden situarse en posiciones opuestas a esta corriente. Se sirven de los aspectos técnicos más negativos de cada medio de expresión para inventar nuevas formas de expresividad. Estos artistas hacen uso de aquello que sería definido como error por todo aquel que busque la perfección del medio audiovisual.

Como veremos en este trabajo, dicha perfección se puso seriamente en duda a raíz de la aparición del esquema matemático de la información de Shannon/Weaver [1]. Este esquema, que trataremos en profundidad, define los elementos imprescindibles de cualquier forma de comunicación. A nosotros nos resulta especialmente significativa la presencia del ruido como un elemento importante de dicho esquema. Este, como sabemos, puede definirse como todo aquello que dificulta la recepción del mensaje íntegro. Mientras que los técnicos que mencionábamos se las ingenian para minimizar la presencia de este elemento, nosotros hemos decidido prestar atención a todos aquellos creadores que toman la existencia del ruido de la forma opuesta, haciendo de él una ventaja.

En su obra 'El cine como arte', Rudolph Arnheim [2] se centra en las capacidades de la cámara o la iluminación para hablar de la capacidad creativa del cine. Admite también, una de las mayores limitaciones del cine, valorándola como una de sus mayores características y capacidades expresivas. Hablamos de la ausencia de continuidad espacio-temporal. En la época en la que se empezó a fraguar la teoría cinematográfica se empezó a destacar esta limitación como uno de los mayores valores del séptimo arte. Kulechov demostró las enormes posibilidades que podía obtener una misma toma en función de la intencionalidad del creador, en este caso el montador. Desde entonces el cine dejó de ser una simple representación de la realidad al igual que sucedía con la fotografía. Arnheim recoge esta situación con las siguientes palabras:

“Merece la pena refutar de forma completa y sistemática la acusación de que la fotografía y el cine sólo son reproducciones mecánicas y que, por tanto, no tienen la vinculación alguna con el arte,

ya que éste es un excelente método para llegar a comprender la naturaleza del arte cinematográfico. (...) La creatividad ya no se ocupa meramente del tema (aquella realidad que trata de representar), sino que es cinematográfica porque utiliza un rasgo distintivo de la técnica del cine como medio para obtener un efecto". [2 p. 19]

En este sentido podemos decir que el origen de este trabajo fue el descubrimiento de la obra del artista japonés Yoshi Sodeoka. Las piezas de este autor están cargadas de color, formas abstractas y de estéticas que nos trasladan a otras tecnologías de vídeo en desuso. Hay en el trabajo de este artista, como sucede con otros artistas que mencionaremos en este trabajo, algo de transgresor que resulta hipnótico, llamativo e innovador. Esto se debe, sin duda, a que se juega con los límites del medio de expresión con el que se trabaja. Este y otros artistas no se limitan a seguir las reglas, sino que las rompen y las descomponen hasta un punto en el que, en muchas ocasiones, sus trabajos parten de cero. De hecho muchos de los artistas que mencionaremos se mueven por un ideal de innovación y renovación absoluta que les lleva a renegar del lenguaje cinematográfico convencional, lo que resulta muy interesante de cara a la evolución del mismo.

En este tipo de expresiones artísticas audiovisuales muchas veces se deja paso a lo abstracto, prescindiendo del referente real para pasar a dejar al audiovisual hablar de sí mismo, de sus propias capacidades expresivas y de la época a la que corresponde. El punto común de toda obra basada en el error es el metalenguaje. Los artistas que veremos en este texto han sido capaces de crear piezas en las que se deja ver toda la capacidad de autoreferencia que tiene el medio audiovisual. Es decir, que se crean obras que hablan del propio cine, la televisión o el medio digital. Aunque parezca innovadora y muy reciente, la estética que analizamos se engloban dentro de un movimiento artístico global que se deja ver desde los primeros años del cine, evoluciona con las vanguardias, el *New Media Art* y llega hasta nuestros días. La innovación, por lo tanto, no es tanto temporal como ideológica, ya que conlleva un constante anhelo de renovación del lenguaje audiovisual convencional.

1.2.- Objetivos

Nos ha resultado muy interesante comprender por qué y cómo aparece este tipo de estética y a ello hemos dedicado el presente trabajo. No queremos tratar el tema de una forma puramente teórica, sino que la intención última es crear un texto que pueda servir de guía, no sólo para comprender este tipo de expresiones artísticas, sino para poder recrearlas de la forma más sencilla posible.

Para ello veremos algunas de las obras más significativas en el devenir autoreferencial de la obra audiovisual. Con estas obras como referencia podremos entender algunos de los métodos de trabajo más interesantes que ofrece el medio digital y analógico. Así, finalmente, seremos capaces de recrear estas estéticas, lo que nos permitiría emplearlas en nuestras creaciones audiovisuales.

A partir de aquí nos planteamos los siguientes objetivos:

1. Comprobar de forma práctica la capacidad de expresividad de diferentes métodos de distorsión de la imagen en analógico y digital.
2. Analizar las posibilidades del flujo de trabajo que ofrecen las diferentes herramientas de generación de errores.
3. Enmarcar los experimentos históricamente en la línea de creación de diferentes artistas audiovisuales.
4. Relacionar las posibilidades expresivas en obras audiovisuales más convencionales.

1.3.- Precedentes del proyecto

La postproducción actual se basa en unos pocos softwares de edición convencional: Avid¹, Final Cut² o Premiere³ para edición y otros como After effects⁴ o similares para efectos y rotulación. Sin embargo hay otros métodos de creación basados en el error que pueden ofrecer grandes posibilidades expresivas y que solo necesitan un pequeño conocimiento previo.

Actualmente la mayor parte de información sobre estos métodos se encuentra dispersa y poco organizada. En internet se pueden encontrar innumerables ejemplos de tutoriales, foros o blogs donde se intenta de forma más o menos precisa analizar uno u otro método de distorsión de la imagen. Sin embargo encontrar investigaciones o publicaciones serias que traten el tema en profundidad es un poco más complicado. Normalmente los textos que se pueden encontrar están ligados al trabajo de artistas que intentan teorizar sobre sus trabajos experimentales. Es el caso de los textos de Rosa Menkman o Evan Meaney, pertenecientes al movimiento Glitch.

1 Más información en: <http://www.avid.com/es/products/family/media-composer> [citado el 5 de agosto del 2013]

2 Más información en: <http://www.apple.com/finalcutpro/> [citado el 5 de agosto del 2013]

3 Más información en: <http://www.adobe.com/products/premiere.html> [citado el 5 de agosto del 2013]

4 Más información en: <http://www.adobe.com/products/aftereffects.html> [citado el 5 de agosto del 2013]

La mayor influencia teórica para nuestro análisis y también la más cercana es la Tesis doctoral realizada por Francisco Sanmartín [3]. En esta obra, su autor recoge su experiencia con respecto a una serie de ensayos experimentales al mismo tiempo que trata de averiguar cuál es la influencia del ruido/error en las capacidades expresivas de la obra audiovisual. Del mismo modo contiene datos sobre precedentes artísticos que han dado lugar al estado actual de este tipo de herramientas o formas de expresión audiovisuales. El esquema que seguimos en nuestro trabajo se asemeja al de Francisco Sanmartín en su tesis doctoral.

Un punto importante en este trabajo será el referente a la tecnología audiovisual. Dedicaremos parte del mismo a tratar de entender algunos mecanismos de funcionamiento del vídeo analógico y digital. En este sentido la parte digital se enmarca directamente dentro del conocido como *Glitch Art*⁵, donde Rosa Menkman es una de las artistas y teóricas más destacadas. Su obra *The Glitch Moment(um)* [4] también nos ha servido de apoyo para hablar de la expresividad del ruido en el entorno digital.

De hecho, para dejar claro el estado actual de análisis de esta corriente, podemos indicar que hasta ahora el movimiento *Glitch* está siendo estudiado en profundidad y se le presta atención por parte de artistas, que al mismo tiempo crean a su alrededor toda una filosofía que lo justifica. Desde luego lo que proponen desde este movimiento no es algo nuevo, pues su trayectoria nos lleva hasta las vanguardias, donde los artistas que emplearon los medios audiovisuales como materia de trabajo también se esforzaron por desarrollar profundas teorías entorno a las piezas concebidas. Nosotros en este sentido nos situamos como cercanos al *Glitch* y al *datamoshing*⁶ por una pura proximidad temporal. Pero no vamos a distinguirlo de otras etapas, sino que vamos a tratarlos a todos en conjunto como un grupo de creadores audiovisuales que se sirven de los mecanismos de funcionamiento del medio para hablar del propio medio y en última instancia de la época en la que viven.

En este sentido se puede justificar la necesidad de un análisis como este, pues pretende humildemente reforzar y seguir la línea de trabajo empezado por Francisco Sanmartín, que a su vez se engloba dentro del trabajo realizado por el equipo del Laboratorio de la luz de la facultad de Bellas Artes de la UPV.

5 El *Glitch Art* es una corriente creativa que busca desarrollar una estética propia basada en el uso de errores analógicos o digitales.

6 El *datamoshing* es una técnica de distorsión basada en el funcionamiento de la codificación MPEG que mezcla la información de dos planos contiguos.

1.4.- Estructura del proyecto

Este trabajo se ha estructurado entorno a la realización de una serie de ensayos prácticos en los que se han generado una serie de distorsiones de vídeo en entorno analógico y digital. Para que estos ensayos tengan sentido hemos creído conveniente enmarcarlos teóricamente en relación a creaciones ya existentes que se basan en el uso del error. Es muy importante comprender la forma en la que se generan estos errores. Por eso veremos diferentes metodologías empleadas actualmente y en el pasado. De estas metodologías de las que hablaremos seleccionaremos algunas para nuestros experimentos. Sin embargo, para entender plenamente cómo se han desarrollado estos experimentos previamente deberemos hacer unas puntualizaciones sobre qué es la señal de vídeo analógica y digital y cómo funciona. Una vez desarrollados estos aspectos veremos cómo estos conocimientos nos ayudan a comprender qué está sucediendo en los experimentos.

Para entender mejor esta metodología de trabajo tal vez sea útil ver como se ha estructurado este trabajo por capítulo por capítulo.

El Capítulo 2, estado del arte, lo hemos dividido en tres partes. En la primera de ellas, punto 2.1, plantearemos una acotación sobre el objeto de estudio de este trabajo. Veremos, en primer lugar, qué entendemos por ruido. Después clasificaremos las obras audiovisuales de acuerdo al formato que las sostiene (cinematográfico, electrónico, magnético o digital). Estos dos aspectos van a ser clave para definir las obras de las que hablaremos en el punto siguiente, el 2.2, ya que nos van a ayudar a comprender qué piezas generan ruido de forma intencional y cómo lo hacen. Ya dentro de la segunda parte del capítulo, punto 2.2, haremos un recorrido histórico por las obras que autoreferencian el medio audiovisual mediante el uso del error. Esto nos servirá, en primer lugar, como marco histórico, aspecto que entendemos necesario en un trabajo como este. Pero además será muy útil para poder hablar de los métodos que se han empleado en la construcción de estas y otras obras basadas en el error. Este será el objetivo de la tercera parte del capítulo, punto 2.3. Los métodos de los que hablaremos en este punto nos darán una idea del estado actual de la generación de errores intencionados, así como de la forma en la que podemos crearlos nosotros mismos.

En el Capítulo 3, después de haber dejado claros los métodos existentes, nos meteremos de lleno a explicar en cómo funcionan tanto la señal analógica como la digital, pues esto resultará indispensable para poder comprender nuestros ensayos y dejar abiertas futuras líneas de trabajo no exploradas en este texto.

Una vez dejado claro todo el marco anterior entraremos a explicar qué ensayos hemos llevado a cabo, por qué motivo y en qué consisten. Este será el objetivo del Capítulo 4. En este punto conviene dejar claro que se ha tratado de experimentar con el mayor número de metodologías de distorsión posibles para el tipo de trabajo que tenemos entre manos y el tiempo del que se ha dispuesto. Esta parte se ha dividido en dos secciones: la primera para el experimento llevado a cabo en entorno analógico y la segunda para los experimentos en digital. Esta última consta de cuatro subsecciones, una por cada metodología empleada como forma de experimentación. Haremos un repaso por cada una de las diferentes metodologías empleadas, mencionando las ventajas e inconvenientes encontradas en cada una de ellas.

Finalmente expondremos las conclusiones de nuestro trabajo en el Capítulo 5. Comprobaremos si hemos cumplido nuestros objetivos y dejaremos abiertas nuevas líneas de investigación.

Capítulo 2: Estado del arte.

En esta parte de nuestro trabajo trataremos de dotar a nuestros experimentos de un marco teórico que nos permita situar el trabajo realizado dentro de una línea apropiada. Además de tratar de acotar nuestro objeto de estudio, esto será útil para saber de dónde venimos, pero también hacia donde nos dirigimos.

2.1. Conceptos básicos para el análisis del ruido en obras audiovisuales

La cantidad de obras y artistas que hacen un uso estético del error es inmensa, tanto que tratar de estudiarlos a todos es una tarea inabordable. Es, no solo conveniente, sino imprescindible, tratar de acotar el marco referencial sobre el que se han creado los diferentes casos de estudio. Para ello se ha tomado como punto de partida la definición de ruido.

Se ha tomado el concepto que nos da la teoría de la comunicación, cuyo máximo exponente es el esquema de Shannon – Weaver [1], también conocido como modelo matemático de la información (ver ilustración 1). En este esquema el ruido es entendido como algo indeseable, que dificulta la recepción del mensaje íntegro y que es inevitable. Esto se debe a un rasgo típico de cualquier canal en el que se mueva un mensaje: que este canal no es ideal, sino imperfecto y, por lo tanto, en él encontramos pérdidas o distorsiones del mensaje o señal originales.

El modelo matemático de la información es definido en este sentido de forma bastante precisa por Francisco Sanmartín. [3 p. 23]. En este texto se toman como elementos básicos del modelo los siguientes:

- “Transmisor: Aparato que transforma la información en una modulación física
- Canal: Sistema físico que une, de manera continua en el espacio y el tiempo, el punto de partida y el de llegada.
- Receptor: Aparato que recoge la modulación de la información y la transforma en información útil.
- Código: Sistema de codificación o decodificación que necesariamente debe ser común al emisor y el receptor para asegurar un acuerdo y ajuste recíproco”.



Ilustración 1: Modelo matemático de la información de Shannon / Weaver

Nosotros, sin embargo, vamos a profundizar solo en dos de estos elementos: el canal y el código. Nos va a resultar muy útiles para definir los tipos de ruido de los que vamos a hablar, pues solo entenderemos como ruido en nuestro análisis el que se da por problemas en alguno de estos dos elementos.

Sin embargo, para alcanzar ese objetivo es necesario, en primer lugar, hacer una distinción de las obras audiovisuales atendiendo a la base tecnológica en la que han sido creadas, transmitidas o recibidas. Esto nos resulta muy valioso a la hora de distinguir los diferentes tipos de error y clasificarlos en torno a la tecnología de la que se derivan. Así tendremos cuatro tipos diferentes que nos van a servir en nuestro análisis: película cinematográfica, vídeo de base eléctrica, vídeo de base magnética y vídeo de base digital

Cada una de estas tipologías corresponden a un estamento o fase tecnológica de la producción audiovisual, que han ido sustituyéndose en el tiempo conforme la tecnología (aparatos, dispositivos y códigos de funcionamiento) avanzaba. Sin embargo, esto no implica que haya que descartarlos como herramientas de creación audiovisual, como han demostrado los numerosos artistas que han recurrido a tecnología en desuso.

La pregunta que nos tenemos que hacer ahora es la siguiente ¿cuál sería el canal y el código en cada una de las cuatro divisiones en las que hemos clasificado la obra audiovisual? Es decir, ¿cuál sería en el caso de la película cinematográfica, del vídeo de base eléctrica, del vídeo de base magnética y, por último, en el caso del vídeo de base digital?

Hablaremos en primer lugar del canal de transmisión del mensaje audiovisual. En este sentido, y continuando con la terminología de Sanmartín, [3 p. 23] entendemos el canal como “un sistema físico que une la emisión y recepción de la señal”.

En el caso de la película cinematográfica, lo entendemos como un sistema tecnológico de transmisión de imagen en movimiento. En este sistema nos referimos como canal a todo el aparato tecnológico de desarrollo del film, que va desde el momento de la filmación, en el que el referente real queda impreso en la emulsión fotográfica, pasando por la tarea de montaje, hasta llegar al momento de la proyección. Este canal permite la conversión de una información lumínica, es decir, una radiación electromagnética perceptible por el ojo humano, en información física contenida por la sustancia fotosensible de la emulsión fotográfica de la película, que se puede almacenar, transmitir y, finalmente, decodificar, para que vuelva de nuevo a un estado de radiación perceptible por el espectador. El canal, en conclusión, sería la película fotográfica, pero también las cámaras, proyectores y aparatos de trabajo intermedios que permiten llevar a cabo una producción cinematográfica convencional. Cualquier fallo en cualquiera de estos aparatos puede dar lugar a un error susceptible de ser empleado de forma expresiva.

Por su parte en el vídeo de base eléctrica el canal de transmisión sería todo aquel elemento que permita el paso de la corriente eléctrica en la que se basa la señal de vídeo. Todos estos están dispuestos de forma precisa en circuitos electrónicos, que incluyen una enorme variedad de dispositivos que van desde los semiconductores hasta las válvulas termoiónicas. Estos circuitos componen todo aquel aparato electrónico que permite la captación, tratamiento, almacenamiento, transmisión y difusión de la señal de vídeo. Todo esto conformaría el canal de transmisión en este caso.

El vídeo de base magnética, por su lado, está muy relacionado con el de base eléctrica. Esto se debe a que su funcionamiento parte de un principio común de ambos sistemas: cualquier conductor recorrido por una corriente eléctrica lleva asociado un campo magnético. En este caso la señal de imagen en movimiento se capta, almacena o transmite a través de cintas magnéticas. El canal entonces sería la propia cinta magnética, que recibe impulsos magnéticos generados por las variaciones de la corriente eléctrica y estos quedan guardados en el material ferromagnético de la cinta. Estos materiales (hierro, óxido de cromo, etc.) serían el elemento básico de nuestro canal de transmisión.

Por último, en la tecnología digital, la señal de vídeo, que es constante, es digitalizada, haciéndose entonces discreta. Esto supone una pérdida de información que no tiene por qué ser perceptible. En este caso se basa en la lógica y la aritmética binaria, por un lado, por otra parte la fuente de todo es un fenómeno electromagnético. Esto conlleva que el canal sea todo aquel elemento que permita la transmisión de las variaciones de valores discretos de la señal digital. Es decir, el canal serían todos los dispositivos basados en tecnología digital que permitan la

captación, manipulación, transmisión y difusión de la imagen en movimiento en cuanto a fenómeno electromagnético. Pero también sería todo aquello que permite la postproducción e interpretación de las piezas creadas: sistemas operativos, softwares, etc.

Veamos ahora el segundo elemento esencial para la generación de distorsiones intencionadas: el código. Entendemos por código todo el conjunto de normas que deben conocer los emisores y receptores que intervienen en el proceso creativo desde que se plantea la obra hasta que se encuentra finalizada y es visionada por el espectador.

En el caso de la película cinematográfica, el código que deben conocer las distintas partes implicadas en la transmisión de la señal es un código físico, basado en la mecánica de los aparatos de captación (cámaras), montaje y proyección, por un lado, y por otro, basado en las reglas de la óptica y la física que permite almacenar la información lumínica en la emulsión fotográfica de una forma determinada, así como las reglas químicas que permite el revelado, positivado, etc. Pero también se incluye como código cinematográfico la serie de normas de lenguaje cinematográfico que se ha ido desarrollando desde el nacimiento del cinematógrafo (normas de rodaje, montaje, composición, etc.), aunque esta última parte del código no es exclusivo del audiovisual en soporte cinematográfico, sino que es común a las cuatro bases tecnológicas de las que hablamos.

Si la base técnica del cine en su nacimiento ya fue un gran adelanto tecnológico, con la aparición de la señal eléctrica el código de funcionamiento del sistema audiovisual se complicó considerablemente. Para cualquier persona ajena al funcionamiento de la señal de vídeo analógica la representación gráfica de los elementos de dicha señal no significa demasiado. Pero para todo aquel que disponga de la información necesaria sabrá que esta señal nos habla del Sistema Pal, de la luminancia, de la crominancia, de los sincronismos, del burst, etc. Todas estas normas suponen un código complejo que es capaz de generar considerables distorsiones si no es vigilado y tenido en cuenta. Por este motivo nos resulta especialmente interesante en este estudio y explicaremos en detalle este caso.

Por otra parte, basándose en el principio electromagnético que hemos comentado, se han desarrollado códigos que permiten almacenar, codificar y decodificar la información escrita en el material magnético y transformarla en señal eléctrica de nuevo.

Por último en el caso de la tecnología digital la correcta transmisión de la imagen en movimiento depende de un código que parte, en un primer momento, de las bases de la informática, para desembocar finalmente en toda la variada cantidad de normas que rigen el funcionamiento de

cada uno de los muchos formatos contenedores y codecs disponibles hoy en día. Por esto, al hablar de código, tendríamos que tener en cuenta, por un lado, las normas que hacen posible la digitalización de señales analógicas, partiendo del teorema de Nyquist; también las aportaciones normativas y de funcionamiento de cada uno de los codecs y formatos existentes; y por último, los mecanismos de influencia de, por ejemplo, los distintos softwares de edición o manipulación de la señal de vídeo. Como vemos en este punto, el código imprescindible para la correcta recepción de la señal se ha complicado enormemente, lo que nos da grandes posibilidades a la hora de jugar con el ruido que puede implicar el uso de esta tecnología.

El uso de este tipo de ruido, con el soporte tecnológico que haya en cada caso, ofrece unas posibilidades de creación inmensas. En muchos casos, de hecho, genera piezas que se tornan totalmente experimentales. En estas obras se pierde todo interés por la narratividad convencional y se tiende a la abstracción y a la estética pura, más allá de cualquier referente real. Pero hay que entender el término de audiovisual abstracto como aquel que deja de lado vertiente narrativa, prescindiendo del relato como centro del mensaje audiovisual. El término no deja de lado todo tipo de representación, ya que en muchas de las obras que veremos sigue habiendo algún nivel figurativo reconocible. Sin embargo en estas este aspecto representativo no es el protagonista. Lejos de esto, en la mayoría de los casos, se intenta tomar una postura totalmente opuesta a lo figurativo y narrativo.

A no ser que sea necesario, vamos a prestar atención a aquellas piezas que, dejando de lado la vertiente narrativa y representativa, deciden centrarse en las capacidades expresivas del error, tratando de encontrar los límites del lenguaje audiovisual. Muchas de estas pueden entenderse como abstracciones audiovisuales cuya esencia es experimentar con las posibilidades estéticas del ruido, mientras que otras tendrán un referente más claro e incluso algún nivel de narratividad. Con esto queremos dejar de lado piezas audiovisuales más comunes, como son el largometraje o cortometraje convencionales, la publicidad, etc.

Por lo tanto, como consecuencia de los aspectos a los que hemos hecho referencia en esta parte del capítulo, nos quedamos con las siguientes obras para el marco de nuestro futuro trabajo:

Obras audiovisuales de base analógica o digital que se sirven de errores en el canal o el código de los sistemas de captación, almacenamiento o transmisión, cuya intención final es la autoreferencia. Es decir que hablan del propio medio con el que fueron creados.

2.2. Historia del uso del error con fines artísticos y expresivos

Si rastreamos la historia de la creación audiovisual encontraremos infinidad de casos en los que diferentes artistas han hecho al propio medio protagonista de sus obras. Estos creadores han intentado comprender el mecanismo de funcionamiento del cine o el vídeo para enfocar sus obras en éste y, en última instancia, hablar de la comunicación humana actual, que en gran medida hace uso de estos medios como herramienta de difusión masiva. Muchos de ellos han visto en el error, propio de cada una de las tecnologías que han sustentado el mensaje audiovisual, una forma de expresión más allá de la mitificada transparencia del medio.

Evan Meany, investigador del movimiento Glitch, hace un acercamiento a esta idea en su investigación 'On Glitch: a deconstructive analysis of archives and experience' [5 p.19]. En este texto define al *Glitch Art* como algo capaz de hacer de algo indeseable una nueva forma de comunicación:

"El Glitch Art confirma la caída del imperativo de corregir todo, en lugar de eso permite a la audiencia reconocer un fallo como algo con lo que reconciliarse consigo mismo, en su imperfección y temporalidad, en contra de la sintetización de la memoria colectiva. Un *Glitch*, en principio, es un obstáculo. Poco después se vuelve un recordatorio y finalmente, tal vez, una nueva forma de comunicarse".

Meaney nos trae en este texto dos conceptos que no podemos perder de vista si queremos entender este movimiento artístico. Estos son la idea de imperfección y la de temporalidad. La imperfección se relaciona de forma directa con las ideas que Shannon plasmó en su esquema de la teoría de la información. La perfección del medio es un mito, algo irrealizable. Asumiendo esto en primer lugar se puede hacer de un fallo una virtud. Si a esto le sumamos el carácter pasajero de cada una de las herramientas de las que el cine o el vídeo se ha servido a lo largo de su historia, comprenderemos en su totalidad la filosofía que subyace en el uso estético del error audiovisual.

El término *Glitch* es relativamente nuevo, pero la ideas inherentes a este tipo de creaciones vienen dándose en la obra audiovisual desde muy temprano. Los futuristas, Duchamp o Man Ray son algunos de los que atisbaron la belleza y las posibilidades de un arte temprano e hicieron uso de él, experimentando con sus capacidades expresivas. Vamos a intentar ver cómo diferentes artistas han investigado entorno a estas ideas a lo largo del tiempo. Nuestra intención es poner una serie de ejemplos que nos permitan trazar una línea temporal en la que veamos cómo el error es usado

como mecanismo de expresión que habla del medio audiovisual.

“A principios del siglo XX algunos artistas intentan incorporar en su planteamiento las renovaciones visuales de los cambios que se habían producido en la óptica, la teoría del color y los estudios de la luz, así como la nueva concepción espacio-tiempo que se aplicaba a las formas de representación. Así surge una primera época en la que el arte cruza fronteras con otros medios como la fotografía o el cine” [3 p. 91].

Así define Sanmartín la relación del cine con las vanguardias y los avances de la ciencia en su tesis sobre el ruido. Para nosotros es imprescindible la relación entre técnica y arte, pues entendemos que los artistas, partiendo desde las vanguardias, prestan cada vez más atención a la tecnología de que disponen. En este contexto tuvo lugar el nacimiento del cine y junto con estas premisas la videocreación va evolucionando de la mano de la técnica a lo largo de los años.

En nuestro recorrido histórico nosotros vamos a centrarnos en la vertiente más mecanicista y técnica de este tipo de experimentaciones. Es decir, en aquellas formas de experimentación basadas en la distorsión del soporte o el canal de comunicación. Sin embargo hay otro tipo de errores audiovisuales basados en el rechazo del lenguaje cinematográfico, de su capacidad narrativa y figurativa.

En este sentido podemos poner como ejemplo obras como 'Le retour a la Raison' (1923) o 'Emak-Bakia' (1926) de Man Ray, 'Rythmus' (1921), de Hans Richter, 'Lichtspiel: Opus' de Walter Ruttmann o 'Trade Tatoo' (1937) de Len Lye. En algunas de estas piezas, no sólo se prescinde de la narratividad que en aquellos años encandilaba espectadores de todo el mundo, sino que se pierde toda intención figurativa. Otros ejemplos más tardíos suponen auténticos hitos en la negación del lenguaje audiovisual. Es el caso del anuncio de cerveza realizado para Schwechater por Peter Kubelka en 1958, que llevó este concepto a un punto en el cual el mensaje principal, el dar a conocer el producto, se perdía en pos del protagonismo del error. Lo mismo sucede con 'Empire' (1964) de Andy Warhol o 'Wavelength' (1967) de Michael Snow. En ambos casos una duración excesiva de las piezas unida a la ausencia de acción llevan al espectador a fijar su atención en la propia película, en el proceso de creación de la misma.

Pero más allá de la ruptura del código o lenguaje cinematográfico de estos últimos ejemplos, el error audiovisual también se ha dejado ver desde una vertiente más técnica. Muchos artistas se han interesado por el mecanismo cinematográfico y cómo este puede mostrarse en la propia obra. La forma más habitual de hacerlo ha sido dejando ver al espectador el propio fotograma. Éste es un recurso empleado en numerosas ocasiones, tanto en el cine más convencional como en el más

experimental. Tanto se ha empleado este recurso que ha conseguido convertirse en parte de la iconografía popular actual. Ver el fotograma dentro del cuadro de imagen se ha convertido en la más extendida y explícita forma de metalenguaje del cine. Lo mismo sucederá, como veremos más adelante con el *pixel* en el arte *glitch* o con las líneas de la televisión analógica.

En este sentido resultan interesantes las mencionadas obras de Man Ray. En ellas el artista prescinde totalmente de la cámara cinematográfica y decide plasmar en la película objetos expuestos a la luz. Así impregna los fotogramas con sal, clavos y otros objetos de forma directa. Lo importante no es tanto el qué nos cuenta la pieza sino el cómo. En estas obras el fotograma es el gran protagonista del film. La emulsión y sus posibilidades como obra de arte en sí misma son plasmadas por el autor en estas tempranas muestras de autoreferencia audiovisual.

Más adelante, en 1937, 'Trade Tatoo', comienza con una cabecera en la que el fotograma es representado dentro del mismo fotograma. Vemos cómo este se va desplazando de forma errantes de izquierda a derecha buscando el centro compositivo pero siempre intencionalmente lejos del mismo. Con este sencillo gesto se hace referencia al medio con el que se crea, pero al mismo tiempo el autor sitúa su obra lejos de la perfección y la transparencia del cine convencional y dentro de la experimentación. Lye empleó, al igual que lo hizo Man Ray, el fotograma como lienzo. Prescindió de la cámara y pintó directamente sobre el fotograma o lo rasgó, maltratándolo en busca de nuevos límites expresivos. El resultado lo podemos observar en obras claves de la experimentación con el medio como son el ya nombrado 'Trade Tatoo' o 'A color box' de 1935.

Ya en 1966 el artista Owe Land realizaba 'Film In Wich There Appear Sprocket Holes, Edge Lettering, Dirt Particles, Etc'. Con este largo y tajante título, el autor deja claras las intenciones de la obra. En la pieza vemos dos fotogramas absolutamente inmóviles. Estos además son presentados con un desencuadre total, a la izquierda de la pantalla, mientras a la derecha de la misma se observa el movimiento de unas letras entrecortadas cuyo significado el espectador desconoce. La composición del cuadro es esencial para comprender el mensaje de Land. Mientras el fotograma, con aquello representado, la capacidad figurativa del audiovisual, es dejado de lado y permanece inmóvil, son los entresijos del mecanismo de proyección y captación, todo lo que se encuentra a la derecha del cuadro, lo que concentra la atención del espectador.

La misma línea sigue la obra de Paul Sharits 'Tails' de 1976. En ella Sharits muestra diferentes colas de películas cinematográficas donde nada aparece representado. Con ello se centra toda la atención en la tecnología cinematográfica, en el cine como objeto de contemporaneidad.

Hasta ahora hemos visto cómo se hacía referencia al medio a través de la película

cinematográfica, sin embargo en aquellos años ya empezaba a desviarse la atención hacia el nuevo medio de comunicación hegemónico: la televisión. Este traía consigo una nueva tecnología que también iba a ser objeto de interés de numerosos creadores. Los precursores de todos ellos iban a ser Nam Jun Paik y Wolf Vostell, que iniciaron con sus obras el trayecto del conocido como New Art Media o Arte de los nuevos medios.

Vostell realizó en 1963 la obra 'Sun In Your Head'. En esta pieza Vostell capta en soporte cinematográfico los errores provocados por la distorsión de sintonía del televisor. Nos encontramos con la primera pieza que mezcla dos soportes audiovisuales diferentes: cinematográfico y eléctrico. La obra prescinde de la creación de referentes captados de la realidad. En lugar de eso se toma como referente imágenes creadas y transmitidas por el televisor, es una representación de lo representado. Sobre el referente se aplica distorsión de forma que el mensaje inicial se pierde en pos de un protagonismo total del ruido.

Esta línea de interés por la distorsión llevaría a estos artistas a crear diferentes dispositivos de distorsión de imágenes. Así surgió el sintetizador Paik/Abe y tantos otros aparatos cuya intención era profundizar en el mundo estético que se abría ante los artistas que experimentaban con la generación de distorsiones en el entorno de la señal eléctrica. La intención era, según palabras de Sanmartín [3 p. 134], “crear un vocabulario expresivo propio”. Ya que estos artistas “consideraban el ruido como un elemento significativo de la señal de vídeo. Ruido que en la mayoría de los casos se focaliza en el registro de los aspectos procesuales del medio -huecos entre los *frames*, ruptura de los planos, disyunciones de edición o no-sincronía del sonido, en lugar de pretender la ilusión de presencia que estas herramientas pueden producir”.

Esta línea de experimentación visual ha llevado a la aparición de toda una estética propia que sigue vigente en plena era digital. Con este tipo de experiencias se abrió una brecha considerable que separa a aquellos artistas interesados por la pura estética del medio del resto de creadores audiovisuales.

En estos años surgieron multitud de artistas interesados por esta nueva estética y por la relación de la tecnología, la comunicación y las personas. Nam June Paik daría lugar al Experimental Television Center de Nueva York. También aparecería el Video Free America en San Francisco. Estos centros llevan experimentando con las posibilidades que ofrece el vídeo para generar nuevos lenguajes expresivos desde su nacimiento hasta nuestros días.

Woody Vasulka también experimentó con el lenguaje generado por la tecnología audiovisual. Se interesó por la relación del artista con la tecnología, como vemos en obras como 'Vocabulary'

(1973) o en el uso de aparatos como el famoso Rutt/Etra, que consistía en una simulación tridimensional de una imagen plana. Vasulka, como tantos otros se interesó por un nuevo lenguaje nacido del seno mismo del mecanicismo y la tecnología tras la representación transparente de la realidad, y lo hizo en una época en la que no se tomaba el vídeo como algo artístico.

"Cuando empezamos a trabajar con el vídeo – dice Vasulka- nuestro contexto no era muy artístico. Estaba muy lejos de lo que se reconocería como arte...Me eduqué en una escuela de cine. Estudié todas sus estructuras narrativas, pero no eran reales para mí y no podía entender qué era el cine independiente. Me sentía incapacitado para cubrir mis expectativas con el medio en que me había especializado. Así que para mí, el vídeo representó poder olvidar todo y hallar un nuevo material que no tenía ningún contenido estético o contexto" [6] .

Lo mismo que sucedió con Vasulka sucedió con Paik, Vostell, Skip Sweeney y tantos otros creadores audiovisuales. Si bien los mensajes que cada uno quería enviar con sus obras era diferente, todos se interesaron por las posibilidades que ofrecía la tecnología en el proceso creativo del arte.

Este interés siguió presente a lo largo de los años y no ha muerto con la llegada de la tecnología digital. Al igual que diferentes videoartistas de los 60 o 70 fueron herederos de las vanguardias de principios de siglo, en nuestros días los artistas enmarcados en movimientos como el *Glitch Art* o el *databendig* recogen el testigo del lenguaje tecnológico-audiovisual surgido en los años 60 y no pueden entenderse plenamente sin aquellos. Si las primeras incursiones experimentales de los artistas con el cine dieron origen al fotograma como iconografía mítica básica del cine hablando de sí mismo, lo mismo sucedería con el vídeo digital, que tiene en el *pixel* el punto de partida esencial para la autoreferencia. Todo se plantea entorno al *pixel*. Mientras para una gran mayoría de técnicos y creadores este elemento ha de permanecer invisible, para los artistas del movimiento *Glitch* dejar al espectador visualizarlo supone la semilla de la que surge una producción ingente de obras que intentan explorar las posibilidades de las más recientes tecnologías de vídeo.

Al igual que sucedió con la aparición del medio cinematográfico y con la aparición de la televisión, cuando el medio digital estuvo suficientemente establecido comenzaron a surgir diferentes artistas que, siguiendo la línea de aquellos que hemos visto hasta ahora, fijaron su atención en el propio medio. Se interesaron por la estética que ofrecía el audiovisual más allá del propio contenido. Así comenzaron a surgir a principios de la década de la década del 2000 artistas que se interesaban por lo que se llamaría 'datamoshing'. Esta nueva forma de arte dejaba entrever el *pixel*, que tanto intentaban invisibilizar los técnicos.

En este sentido resultan interesantes las primeras obras de artistas como Takeshi Murata, que se interesó por el *datamoshing*, tanto para la elaboración de vídeos, como para su uso en imagen estática. Lo mismo sucede con Paper Red o Paul B. Davis, que tienen varias obras y ensayos sobre el funcionamiento de esta técnica.

Más allá del *datamoshing*, nos encontramos con el *databending*, que es una evolución en digital del tradicional *circuitbending*, que ya practicaban artistas de los 60 y 70 con la señal analógica. Con el método de *databending* se trata de alterar el contenido del archivo de vídeo original en busca de una estética que supere el propio contenido del archivo. No importa lo que cuente el archivo, sino cómo este se distorsiona. Es algo similar a lo que sucedía con la obra de Vostell 'Sun in Your Head', pero, en lugar de captarse las distorsiones de sintonía, se capturan las distorsiones provocadas por el medio digital. Los artistas del grupo Gli.tc/h, practican este tipo de métodos al tiempo que desarrollan una base teórica sobre el uso del *glitch*. Rosa Menkman, máxima exponente de este grupo, tiene en su haber numerosas obras donde la temporalidad del medio y la intencionalidad del artista dejan una total ausencia de toda narratividad. En ellas lo figurativo queda arrinconado en busca de una estética concreta que hable del funcionamiento del medio digital en el momento en el que vivimos. Lo mismo sucede con obras de Evan Meaney, Nick Briz o Jon Satrom, resto de componentes del movimiento.

Sin embargo no hace falta buscar ejemplos tan extremos de experimentación. Este tipo de estética o técnica expresiva es empleada por artistas que se mueven, tanto en el terreno experimental como en el comercial. Es el caso de creadores como David O'Reilly o Yoshi Sodeoka. O'Reilly ha creado piezas donde, sin perder el hilo narrativo o figurativo, presta un interés especial por la estética digital. Plenamente consciente del momento pasajero en el que vivimos con respecto a la tecnología, O'Reilly plasma en sus obras los errores propios del medio digital. En este sentido son interesantes cortometrajes como 'Please, say something' o 'Octocat'. En este último O'Reilly cuelga en Youtube, por partes, un vídeo cuya estética y animación rústica aparenta haber sido creada por un niño. Pero finalmente, en la última parte de la obra, se deja de lado la estética feísta o kitch anterior para dar paso a una compleja animación 3D. En esta obra O'Reilly, conocedor del medio de transmisión de su obra, usa Youtube para engañar al espectador y finalmente sorprenderle en los últimos momentos de su pieza. Sodeoka, por su parte, no se centra tanto en la estética digital, como en la de la señal analógica. Sin embargo este autor, que ha creado videoclips para grupos como Yeasayer, Tame Impala o Castle Castle, usa habitualmente hardware digital para provocar este tipo de estética. Otros autores, como el japonés Takuya Hosogane, tienden también a buscar estéticas creadas entorno al píxel, como sucede con su obra 'Silonibari'.

En definitiva, son numerosos los ejemplos de artistas que han desarrollado piezas y técnicas entorno al error que conlleva el medio con el que se trabaja. En las diferentes fases tecnológicas que ha tenido lugar entorno a la creación audiovisual (ya sea película cinematográfica, señal analógica de televisión o vídeo digital) han surgido artistas que, una vez afianzado el medio como propio de una generación o grupo de personas considerable, han comenzado a experimentar con la estética propia de la época. Esto sin duda se debe a una conciencia plena de la temporalidad del medio y de un interés por incluir en las obras al propio medio. Conviene aquí recordar las palabras de Arnheim [1 p. 39] entorno a la creación cinematográfica:

"Existe el grave peligro de que el director cinematográfico se contente con esta reproducción informe (la de la realidad). Es importante que el artista del cine subraye conscientemente las peculiaridades de su medio para poder crear una obra de arte".

2.3. Herramientas empleadas a lo largo de la historia del error audiovisual

Una vez entendido el entorno artístico vamos a centrarnos en los métodos de creación basados en el error. Hoy en día la cantidad de procedimientos empleados para la creación audiovisual es bastante limitado. Esto, lejos de ser un problema, responde a una cuestión práctica y de lógica estandarización del sector. Sin embargo, para determinadas prácticas artísticas, de las que ya hemos visto algunos casos, queda margen de exploración lejos de los métodos habituales de creación. Al igual que hemos hecho un recorrido histórico con distintos ejemplos de creación audiovisual basada en el error, veremos ahora los métodos que existen y han existido para la creación de este tipo de obras.

En el primer estamento del audiovisual, con la aparición del cine, los métodos de distorsión se basaban en el maltrato del fotograma. Este se ha arañado, se le han impregnado diferentes sustancias, se ha pintado sobre él... Las distorsiones que tenían lugar en este se podían producir en el momento de la grabación o durante las postproducción. En la grabación resulta interesante el uso del *filmburn* (ver imagen 2). Esto consiste en la mala captación de la luz sobre el fotograma que queda quemado por la cantidad de luz que incide en él. En postproducción encontramos, por ejemplo, efectos basados en la distorsión durante el revelado, que llevan a generar imágenes en la que se invierten los colores, se distorsionan o se varía el contraste. Este tipo de opciones creativas dejan a la vista la mano del creador y el mismo proceso creativo. También tenemos opciones como las que llevaban a cabo Man Ray o Len Lye, donde se prescindía de la cámara y se creaba sobre el fotograma como si de un lienzo se tratara.

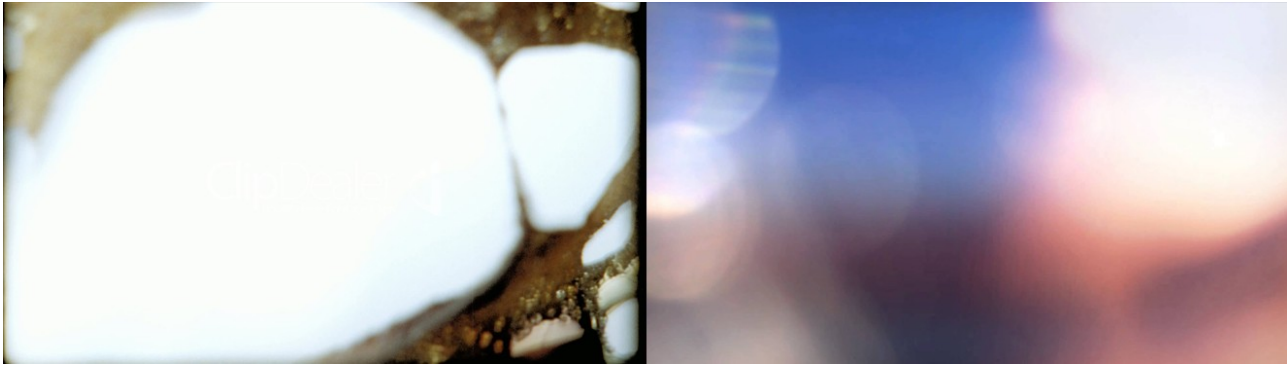


Ilustración 2: Ejemplos de film burn.

En cuanto a la señal eléctrica las posibilidades de creación se ampliaron, debido a la complejidad de los aparatos y los códigos en los que se basa la señal eléctrica. Ya hemos mencionado el trabajo de Vostell o Paik en este sentido. La aparición del Experimental Television Center y otros organismos similares han favorecido la experimentación y aparición de diferentes métodos de distorsión analógica. Hoy en día sigue habiendo una gran cantidad de artistas interesados en las posibilidades estéticas que sigue ofreciendo la señal analógica. En internet, de hecho, se pueden encontrar diversos ejemplos de aparatos caseros que distorsionan señales analógicas ⁷.

La distorsión habitual de la señal analógica tuvo mucho que ver con el *circuitbending* y con la generación de nuevos dispositivos que empleaban la técnica en la que se basaba la señal analógica para crear nuevas formas visuales hasta el momento impensables. Así encontramos casos de aparatos aparecidos en los años 60 y 70 en los que el haz de luz que emplean las televisiones para generar la imagen era dirigido a determinados puntos para crear formas hipnóticas. Es el caso del *Vidium* de Bill Hearn. El aparato consistía en un sintetizador que funcionaba como un generador de patrones *Lissajous*⁸ (ver ilustración 3). Estaba inspirado es un dispositivo llamado *Sidebands*. El patrón *Lissajous* básico se generaba a través de dos formas de onda ancladas a un dispositivo del tipo X/Y, un osciloscopio, con dos ondas sinusoidales que recorrían el eje horizontal y vertical de la pantalla. Esto provocaba la generación de diferentes formas que también cambiaban de color dependiendo de la velocidad del trazado en la pantalla.

⁷ Podemos ver un ejemplo en: <http://createdigitalmotion.com/2011/04/glitch-n-grind-diy-video-grinder-hardware-does-wonderful-things/>

⁸ La curva Lissajous es la representación gráfica de una serie de ecuaciones paramétricas que corresponden a la superposición de dos movimientos armónicos simples de forma perpendicular.

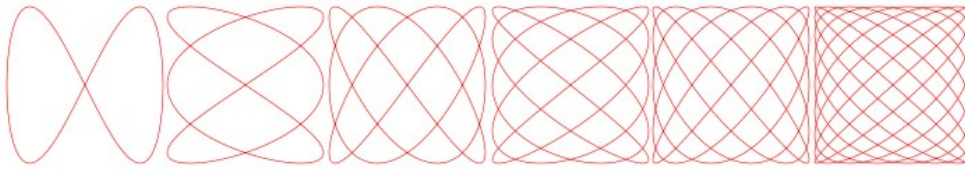


Ilustración 3: Curvas Lissajous como las empleadas por el Vidium de Bill Hearn

Fueron muy interesantes los aparatos desarrollados por Rutt/Etra y Paik/Abe. El de estos últimos también recurrían a formas sinusoidales con su conocido sintetizador Paik/Abe (o *Wobulator*). El dispositivo manipulaba el haz de luz que construye la imagen en pantalla mediante bovinas agregadas al dispositivo normal. Esto generaba distorsiones del rayo en el eje vertical u horizontal y era capaz de generar distorsiones en forma de 'S'. El aparato además recibía variaciones de voltaje y los osciladores podían combinarse para crear formas interesantes. Según Sanmartín [3 p. 137] "básicamente era un colorizador al que se le agregó un modulador del escáner de forma que combinaba el video feedback con el modulador del escáner magnético y un mezclador no-lineal vinculado al colorizador". En las ilustraciones 4 y 5 podemos ver el esquema de funcionamiento del aparato y un frame obtenido con el mismo.

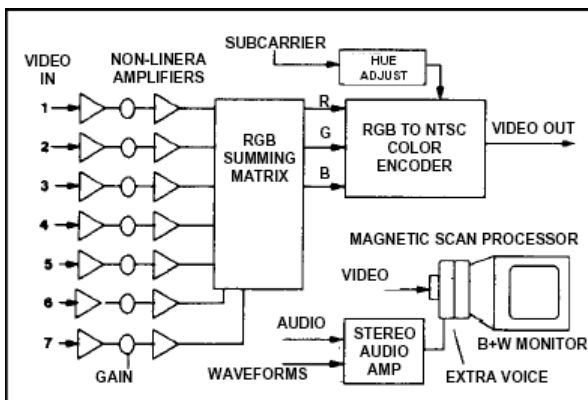


Ilustración 4: Esquema de funcionamiento del Paik/Abe

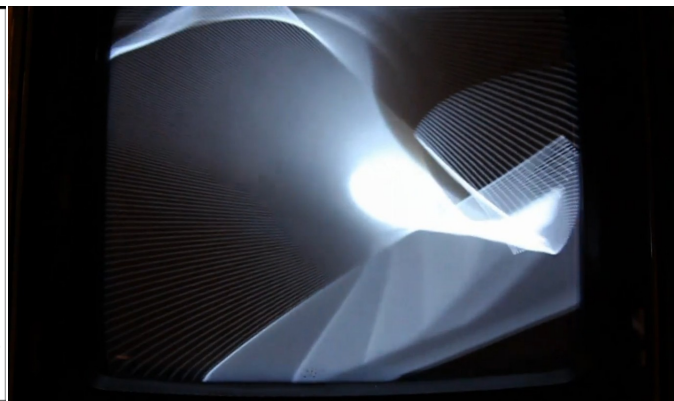


Ilustración 5: Imagen obtenida mediante el sintetizador Paik/Abe

Un aparato que consiguió nuevas estéticas fue el dispositivo de Steve Rutt y Bill Etra (ver imagen 6). Este sintetizador modificaba el escaneo del haz de luz que forma la imagen, generando, entre otros efectos, que la imagen "se percibiera como la lectura del monitor de forma de onda en tres dimensiones" [3 p. 138] .

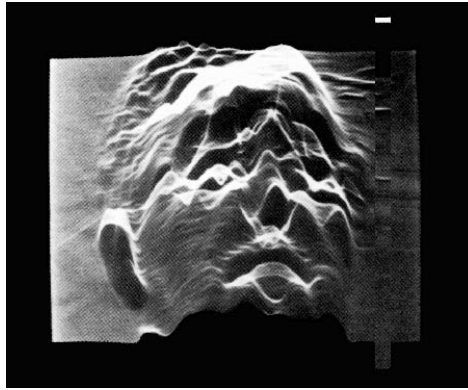


Ilustración 6: Imagen generada por el sintetizador Rutt / Etra

Podríamos seguir nombrando dispositivos analógicos pero conviene entrar de lleno en la tecnología digital y en cómo esta se puede combinar con diferentes aparatos analógicos. Solo queremos mencionar antes algunos otros dispositivos que aparecieron en aquella época tales como *ANIMAC* de Lee Harrison, el *VSYNTH* de Lear Siegler, el Procesador de imagen de Dan Sandin o el *PCS* de Eric Siegel entre otros tantos.

En primer lugar hay que decir que, pese a que nos encontramos en la era digital sigue habiendo un cierto furor con respecto a algunos sintetizadores o aparatos analógicos. El uso de mezcladores es común entre algunos artistas como Yoshi Sodeoka. Si bien el artista ha declarado haber dejado atrás el uso de elementos analógicos en su trabajo [7], es cierto que este tipo de dispositivos han despertado en él y en otros muchos creadores un cierto interés.

Hoy en día son numerosos los programas o plug ins, que permiten simular en un entorno digital errores propios de la época analógica del vídeo. Esto, sin embargo, no ha mermado el interés de los artistas por aparatos que quedaron en el recuerdo del sector audiovisual, e incluso hay quien sigue desarrollando hardware de distorsión analógica por mero interés personal y por la cercanía que sienten con estos dispositivos físicos.

Podemos hablar entonces de una inclinación por este tipo de aparatos, que podría deberse a una tendencia en ciertos grupos artísticos a mirar al pasado reciente, normalmente asociado con su infancia o su juventud, época en la que estos dispositivos estaban presentes en el quehacer audiovisual. Sin embargo el uso que estos realizadores dan a los dispositivos analógicos no se dirige a recrear lo que ya se hizo, sino a generar algo nuevo donde ese elemento referencial está muy presente a través del error producido por estos aparatos. Algunos de los más comunes son los mezcladores analógicos. En este sentido podemos nombrar la obra de Greg Zifcak, 'Venetian Sun', donde se representa un sol de atardecer mediante distorsiones de un mezclador Panasonic

WJ-MX10, tal como se ve en la ilustración 7. Para esta obra se emplea una modificación de este mezclador analógico con un *feedback* que es modulado por dos osciladores. Uno de estos osciladores modula el borrado del círculo que representa el sol y otro modula el umbral de luminancia. Las frecuencias de los osciladores chocan y el refresco de imagen crea los patrones de interferencia.

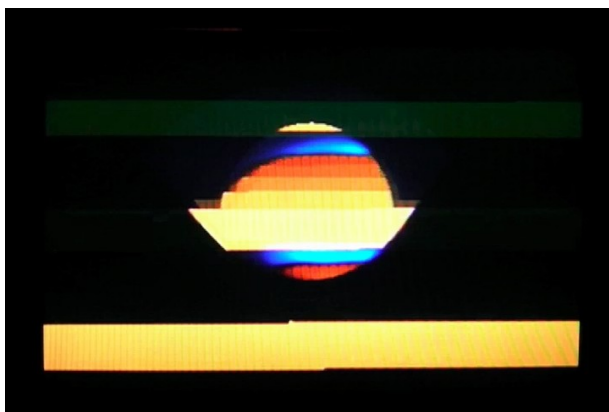


Ilustración 7: Fotograma de la obra de Greg Zifcak 'Venetian Sun'.

En casos como el de Greg Zifcak y su 'Venetian Sun' el uso de aparatos analógicos parece justificado, pues no tenemos constancia de ningún dispositivo digital que pueda imitar ese tipo de distorsiones y crear estéticas visuales similares. Sin embargo hay muchos casos en los que la tecnología digital nos aporta herramientas capaces de simular estéticas analógicas basadas en el error. Es el caso de numerosos *plug-ins* disponibles para softwares de edición habituales como After Effects. De estos destacan algunos que veremos en profundidad en los ensayos como el *Digieffect Damage* o el *TV Distortion Buncle*, que incluye *DataGlitch*, *Bad TV*, *TV Pixel*, *Dot Pixels* y *Separate RGB*. Sin embargo este tipo de *plug-ins* tan solo imitan la distorsión que se podría generar mediante distorsión analógica o digital, pero es una representación que hace el software y no una distorsión generada realmente sobre la señal analógica o la información del archivo digital.

En el caso de la información digital nos encontramos con numerosas metodologías de distorsión, tanto para imagen fija como para vídeo. Destaca la labor teórica y práctica de los miembros del movimiento *Gli.tc/h*, que hemos mencionado anteriormente. Podemos encontrar numerosos tutoriales de ellos y otra mucha gente sobre como lograr *glitches* con diversos métodos. Sin embargo el trabajo de este grupo es la excepción. Normalmente la información que se encuentra sobre la metodología de distorsión, más aún en vídeo que en imagen fija, se encuentra fragmentada, dispersa y no resulta del todo fiable en algunos casos.

Lo más destacable en este sentido es la aparición de una práctica que se conoce como

databending. Esta es la evolución en tecnología digital del ya mencionada *circuitbending* que tenía lugar en los 60 o 70 con aparatos de señal analógica. La única diferencia es que, en lugar de variar el funcionamiento de aparatos físicos, se varía la información contenida en los archivos de imagen o vídeo. Para ello se emplean básicamente métodos de distorsión de imagen como los editores hexadecimales o de texto, mediante los cuales se varía la información en lenguaje ASCII o hexadecimal. Resulta interesante el texto de Rosa Menkman 'The Glitch Moment(um)' [4], en el cual Menkman desarrolla casos de *databending* en imágenes estáticas en formatos diversos como Raw, BMP, GIF, JPEG o JPF. Otra opción que hemos encontrado sumamente interesante es el empleo de un software libre de edición de audio para variar la información interna de los archivos. Este software es Audacity y veremos en qué consiste el procedimiento de forma detallada en los ensayos prácticos.

Por último resulta destacable un caso de *databending* muy particular que recibe el nombre de *datamoshing*. Éste consiste en la mezcla de dos imágenes en movimiento que se fusionan de forma caótica a raíz de la forma en la que funciona la compresión intercuadro. Esta compresión apareció con la codificación MPEG y se basa en el uso de tres tipos de *frames*: los de tipo I, los de tipo B y los de tipo P. Este tipo de procedimientos pueden encontrarse referenciados en internet, pero de forma muy desordenada. Trataremos de averiguar la mejor forma de llevar a cabo este *datamoshing* y qué posibilidades expresivas nos ofrece.

En la ilustración 8 vemos los resultados de diferentes metodologías de distorsión digital. La imagen de la izquierda corresponde al libro de Menkman 'The Glitch Moment(um)' [4], la central a la web de Evan Meaney y la última a un frame extraído de 'Escape Spirit' de Takeshi Murata.



Ilustración 8: Fragmentos de las obras de Menkam, Meaney y Murata (de izq. a dch.).

Capítulo 3: Caracterización de elementos a utilizar en la generación de errores

Hasta ahora hemos visto las diversas opciones de las que se dispone para llevar a cabo errores de vídeo. En nuestro caso se ha decidido tomar la señal eléctrica y la señal digital como bases sobre las que efectuar distorsiones. Vamos a realizar un ensayo en entorno analógico y a practicar con cuatro herramientas o metodologías en entorno digital.

Nos centraremos mucho más en la parte digital, ya que esta nos da grandes facilidades de trabajo. Mientras que para hacer unos ensayos analógicos en profundidad necesitaríamos una enorme cantidad de complejos dispositivos, en digital podemos generar multitud de estéticas diferentes tan solo con un ordenador.

La clave de la generación del error se basa, como hemos visto, en provocar la aparición de ruido. Este se puede provocar forzando errores en el canal o en el código de este medio, siguiendo el esquema de Shannon/Weaver [1]. Lo que hemos llevado a cabo en nuestros ensayos digitales es una distorsión de la información contenida en los archivos de vídeo, de tal forma que cuando los reproductores o el software de edición tratan de interpretar esa información se provocan fallos en la imagen. Hay que tener mucho cuidado al realizar estas prácticas, ya que si no sabemos lo que estamos haciendo podemos corromper el archivo en exceso y dejarlo inservible.

Para llevar a cabo la distorsión de esta información hemos recurrido a tres herramientas: editores de texto/hexadecimales, el editor de audio Audacity⁹ y el programa Avidemux¹⁰.

Por último hemos llevado a cabo una simulación de la distorsión del código de los vídeos mediante el plug-in de After Effects *Digieffects Damage*¹¹. Con esta herramienta no llevamos a cabo una distorsión real en el vídeo, sino que la simulamos.

Por su lado, en la parte analógica, hemos recurrido al mismo concepto de generación de ruido. Se distorsiona la señal emitida, variando la frecuencia de emisión. De esta forma estamos engañando al receptor que asume que va a recibir la señal de la misma frecuencia constantemente. Esto provoca la errónea reproducción de la señal, dando lugar a artefactos propios del entorno

9 Más información disponible en <http://audacity.sourceforge.net/> [citado el 5 de agosto de 2013]

10 Más información disponible en <http://fixounet.free.fr/avidemux/> [citado el 5 de agosto de 2013]

11 Este plug-in es el más popular de la empresa Digieffects y permite simular errores tanto digitales como analógicos mediante la aplicación de ciertos efectos a nuestros vídeos. Más información disponible en <http://www.digieffects.com/products/damage> [citado el 5 de agosto de 2013]

analógico. Una de las razones que nos llevan a practicar en analógico es el tratar de responder a una pregunta: ¿está justificado el uso de herramientas analógicas o se pueden reproducir los errores en un entorno digital? Veremos más adelante que en algunos casos los errores son reproducibles, pero no en todos.

Antes de meternos de lleno en los ensayos vamos a ver cómo funciona la señal analógica y digital a fin de comprender qué está sucediendo en los casos prácticos.

3.1. La señal de vídeo

3.1. 1. La señal analógica

En nuestro caso práctico hemos llevado a cabo un experimento en medio analógico, pues entendemos que este entorno puede ofrecer grandes posibilidades y que puede combinarse a la perfección con el entorno digital. El experimento realizado trata de profundizar en el funcionamiento de las distorsiones generadas por variaciones en frecuencia de emisión de la señal. Esto puede compararse con obras como 'Sun in Your Head' de Vostell, que fue un pionero en experimentar con la frecuencia de emisión, como ya hemos mencionado anteriormente. Para comprender bien cómo tiene lugar todo lo que veremos es necesario prestar atención al funcionamiento de la señal analógica.

Para esta parte del trabajo se ha tomado como base la teoría correspondiente a la asignatura de Instrumentación de vídeo de Jaime Lloret Mauri, tutor de la presente tesina, y Ignacio Bosch Roig, [8] que a su vez se vale, entre otros, del libro de E. Pérez López titulado 'La calidad de vídeo y sus medidas en la televisión' [9].

Vamos a partir del concepto de señal analógica de Pérez López [9 p. 1], que define como "una serie de variaciones de tensión eléctrica relacionadas en el tiempo". Durante este punto vamos a emplear la señal de vídeo analógico en PAL como base para explicar el funcionamiento de la señal analógica. Como sabemos, se compone de 625 líneas y 25 frames por segundo. El nombre de PAL corresponde a *Phase Alternating Line*, por la forma en la que se codifica la transmisión del color.

Veamos qué quiere decir esto. Pensemos en un *frame* concreto. Cuando el objetivo de una cámara deja pasar la luz de aquello a lo que enfoca, la imagen queda almacenada en el mosaico del tubo de dicha cámara, de forma similar a lo que ocurre en una película fotográfica y así

obtenemos nuestro *frame*, al que luego se le sumarán más para conseguir la sensación de movimiento. En cada uno de los puntos del mosaico se carga más o menos tensión eléctrica según la luz que incida en ellos. Esa información del mosaico compone nuestra imagen, pero para transmitirla y construirla sobre la pantalla la información de cada punto se debe transmitir una detrás de otra, para ello se emplea el orden de barrido. En todo esto estamos hablando de tiempos ínfimos, imperceptibles para el ojo humano.

Si en el mosaico hay 320 puntos en cada línea y tenemos 625 líneas, tendremos en realidad 200.000 puntos en el mosaico. Estos valores son los necesarios para obtener una imagen con un mínimo de calidad.

Para obtener la sensación de movimiento necesitaremos 25 imágenes por segundo, luego en un segundo tendremos 200.000 puntos por 25 imágenes que hace un total de 5.000.000 de puntos.

Estos 5.000.000 de puntos son en realidad variaciones de tensión. Estas corresponden a ciclos o Hertzios. Por lo tanto, para obtener una señal aceptable necesitamos 5 MHz/s, es decir 5.000.000 Hz/s.

Aunque en la pantalla vemos una imagen completa, realmente lo que sucede es que estas variaciones de tensión se van sucediendo, dibujando punto por punto la imagen de la pantalla. Lo que va a definir qué parte de la pantalla está recibiendo información lumínica, es decir, qué punto está siendo dibujado, van a ser los barridos vertical y horizontal, de los que podemos ver un esquema en la ilustración 9. En este esquema comprobamos que en el tiempo que el barrido vertical recorre la pantalla de arriba a abajo han tenido lugar tantos barridos horizontales como líneas hay en pantalla. Estos barridos deben coincidir en el momento de la captación de la imagen en la cámara y en el de emisión en la televisión.

Imaginemos ahora una cámara en blanco y negro y otra en color. La primera tan sólo tendría un tubo donde se registraría la luminancia, que es la señal que contiene la mayor parte de la información de la imagen, aquella que está en blanco y negro. La segunda, la cámara en color, debemos imaginarla con tres tubos en lugar de uno, cada uno de ellos corresponde a uno de los tres colores RGB.

La luz entra en los tubos por medio de los barridos que mencionábamos, que impresionan los puntos del mosaico en un orden concreto: de izquierda a derecha y de arriba abajo. De esta forma hacemos secuencial lo que en realidad se está produciendo en el mismo instante.

Estos barridos darán lugar a la forma en la que se ordenan secuencialmente los impulsos

eléctricos en el mosaico de la cámara y finalmente en la pantalla del televisor analógico. Este orden depende las bobina deflectoras, que se dividen en vertical y horizontal, según determina la dirección que toma el haz de luz del tubo de imagen. La bobina vertical determina si el haz de luz está en la parte superior o inferior de la pantalla o el mosaico, mientras que la bobina horizontal determina si se encuentra a la derecha o la izquierda de cada línea. Las bobinas deben funcionar de forma conjunta y esto depende del sincronismo, concepto que hemos de tener muy presente al hablar de errores de señal analógica.

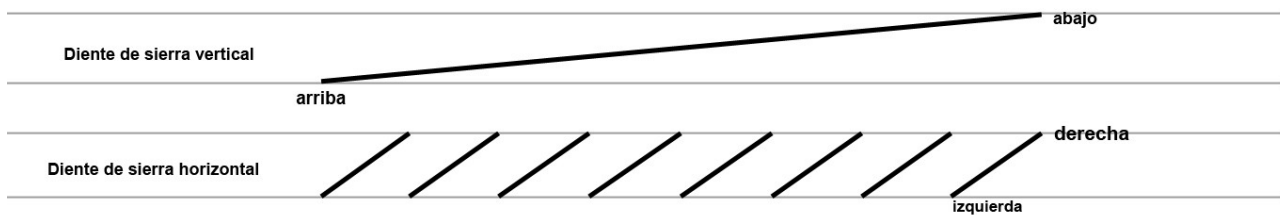


Ilustración 9: Esquema de funcionamiento de los dientes de sierra vertical y horizontal de una televisión analógica

Cuando la cámara genera una imagen le incorpora los sincronismos que empleó para generar los dientes de sierra de los barridos. La señal de imagen llevará estos sincronismos siempre hasta que llegue al televisor, que los empleará para generar sus dientes de sierra.

Debemos tener esto muy en cuenta para comprender lo sucedido en nuestro experimento analógico. Muchas de las distorsiones que hemos obtenido vienen dadas por la pérdida de sincronía entre la señal de emisión y el receptor, ya sea en la señal de luminancia, crominancia o en ambas. En la ilustración número 10 podemos observar cómo falla la reconstrucción de la imagen en pantalla debido a un problema de sincronía que hace que determinadas líneas (destacadas por medio de un cuadro) se hayan movido de su lugar en el eje horizontal. En este caso el diente de sierra vertical (sincronía vertical) se mantiene, pero la sincronía horizontal (diente de sierra horizontal) de estas líneas no se corresponde con lo emitido por el generador.

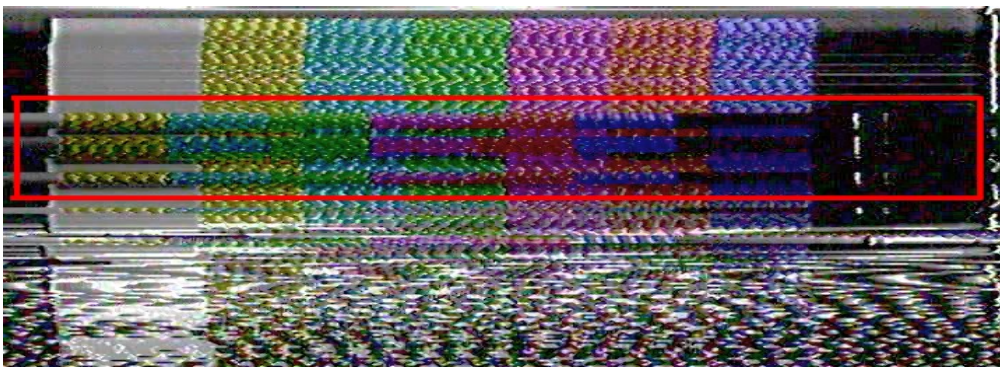


Ilustración 10: Fallo de sincronía en televisión analógica. Extraído de nuestro experimento.

Hasta ahora hemos conseguido explicar cómo se producen 625 líneas horizontales en la pantalla, o lo que es lo mismo, un *frame* de imagen. Sin embargo, como sucedió en el momento de la creación del cine, con la televisión también se ha tenido en cuenta la persistencia retiniana, de tal forma que se ha dividido cada *frame* en líneas pares e impares en lo que conocemos como barrido entrelazado, cada campo del entrelazado tiene 312,5 líneas, por lo que los barridos se comienzan y acaban en mitad de línea.

Otro aspecto importante en nuestros experimentos está relacionado con el color y cómo este puede desaparecer ante la variación de la frecuencia de emisión. Por este motivo es interesante comprender la complejidad teórica que sustenta el color en la televisión analógica. Para explicarlo partimos de la ley de Grassman¹², donde 1 lumen de blanco se puede formar mezclando 0,3 partes de rojo, 0,59 partes de verde y 0,11 partes de azul. Por lo tanto:

$$Y = 0,3R + 0,59G + 0,11B$$

La señal de vídeo analógico contiene por un lado información de luminancia y por otro información de crominancia. Estas señales se obtienen a partir de la información extraída de las señales de rojo, verde y azul. Todas van a parar a una matriz de luminancia, donde se les aplica la ley de Grassman. Pero, por otra parte a la señal de rojo y azul (R y B) también se le resta la señal de luminancia (Y) que se ha obtenido de la matriz de luminancia, obteniendo las señales de B-Y y R-Y, estas dos señales son moduladas y el producto de esa modulación es la señal de crominancia.

La modulación de las señales B-Y y R-Y se dan en relación a una frecuencia con la que modulamos estas señales, esta frecuencia es lo que llamamos subportadora de color. Esta debe situarse a 4433618,75 Hz, cerca del borde superior de la frecuencia del canal, para evitar en lo posible el patrón de interferencia.

Si sobre la señal en blanco y negro sumamos la señal subportadora, cuando se reciba en el televisor de blanco y negro veremos también la señal que hemos sumado. Esto nos dará un punteado muy incómodo sobre la imagen llamado patrón de interferencia.

La elección de la frecuencia en la que se trasmite la subportadora conlleva unos cálculos complicados que dan como resultado que los ciclos de la subportadora empiecen en fase 0° y

¹² Hermann Günther Grassmann fue un estudioso de la teoría del color que publicó en 1853 un artículo titulado Sobre la teoría de la mezcla de los colores. Grassman asentó las bases de la mezcla aditiva del color, que luego resultaría esencial para el desarrollo de la televisión analógica y, posteriormente, la tecnología digital de vídeo.

vuelvan a esta fase al cabo de 2.500 líneas, es decir, ocho campos. Sólo así se consigue evitar el patrón de interferencia. No tenemos intención de entrar a profundizar en este aspecto de forma innecesaria, pero con esto nos podemos hacer una idea de la compleja y delicada forma en la que se mantiene el color en la señal analógica. Esto explica, que durante nuestros ensayos hayamos perdido la señal de crominancia al cambiar la frecuencia de emisión.

Una vez que tenemos la señal de luminancia, con sincronismos y crominancia nos queda añadir la señal de burst, que no vamos a explicar por no ser trascendente en nuestro experimento. Con todas estas partes unidas tenemos un sistema de señal compuesta de color como el de la ilustración 11.

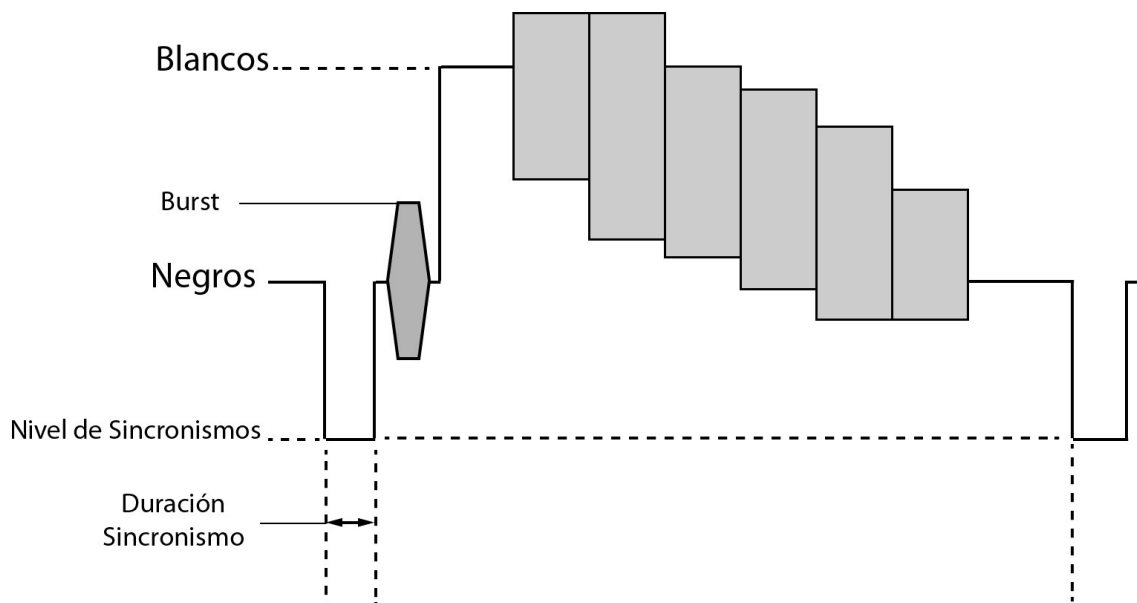


Ilustración 11: Representación gráfica de una señal analógica.

3.1.2. La señal digital: formatos y codecs

Con la expansión de los ordenadores personales y el estallido que supuso internet, la evolución del vídeo digital ha tenido lugar con un ritmo imparable. Han aparecido y desaparecido infinidad de formatos y *codecs* que tenían su particular forma de organizar la información de la señal de vídeo.

Primero intentaremos definir lo que es el vídeo digital. Este apareció por primera vez en 1983, con el formato D-1 de Sony, que grababa por primera vez en digital. El mecanismo es similar al de señal analógica, ya que en definitiva se trata de registrar y reconstruir la imagen punto por punto y *frame* por *frame*. Según Sanmartín [3 p. 4]) “los sistemas digitales son medios alternativos para transportar la misma información que en los analógicos, pero mediante números: unos y ceros”. El

vídeo digital deja elegir entre sistema entrelazado o progresivo. Como debemos saber, el progresivo reconstruye un *frame* línea a línea, mientras que el entrelazado se compone de dos campos, el de las líneas impares y el de las líneas pares.

Es importante en este sentido el concepto de frecuencia de muestreo. Mediante el muestreo hacemos de una señal analógica y continua algo finito. Para perder la menor información posible y que no se produzca el temido efecto de *Aliasing* es necesario que la frecuencia de muestreo sea más del doble de la máxima frecuencia registrada. Esto es lo que entendemos por teorema de *Nyquist*. En televisión, según las normas UER, la frecuencia de muestreo establecida para la digitalización de la señal es de 13.5000.000 muestras por segundo, una muestra cada 74 nanosegundos.

El mayor problema al que se enfrenta la señal de vídeo analógica es el del ancho de banda. Ante la existencia de un ancho de banda limitado se ha hecho imprescindible reducir la información redundante o innecesaria de las señales digitales de vídeo. Para ello se han desarrollado infinidad de métodos de compresión gracias a los cuales hoy en día disponemos de una gran variedad de *codecs* de vídeo. Estos métodos pueden ser con o sin pérdida, aunque lo normal es que se empleen métodos de compresión con pérdida que sean imperceptibles o muy poco perceptibles para el ojo humano.

Los métodos de compresión de vídeo los podemos clasificar en dos grupos:

- Compresión temporal, que se basa en la relación de un fotograma con el siguiente
- Compresión espacial, aquella que tiene lugar dentro del mismo fotograma. Está relacionada con la compresión que encontramos en archivos de imagen estática.

Para nosotros resulta muy interesante hacer esta distinción, ya que cuando trabajemos con Audacity en nuestros experimentos, el resultado será muy diferentes para aquellos *codecs* que nos dejen ver de forma clara los datos de cada fotograma y aquellos en los que la compresión y codificación llegan aun punto tal que somos incapaces de distinguir *frames* en su *metadata*.

En este sentido es imprescindible también tener presente el término DCT o Transformada Discreta del Coseno, un algoritmo que emplea la capacidad del ojo humano de distinguir variaciones de color, eliminando toda aquella información redundante.

Otros conceptos que demos tener presentes, ya que son las auténticas claves para la creación de distorsiones digitales, son los de formato y *codec*.

El formato, primero, es la forma en la que se guardan los datos de vídeo de forma que puedan ser interpretados por un reproductor (*software* o cualquier dispositivo real). El formato es el contenedor de los datos, pero para ordenar estos datos vamos a necesitar algo que defina la forma de organización. Este algo es lo que denominamos *codec*, que es el acrónimo de codificador/decodificador. El *codec* va a ser el encargado de decir al reproductor la forma de codificación de los datos internos contenidos en el archivo de vídeo. Cualquier archivo (de vídeo o no) tiene una información interna, que denominamos *metadata*, que consta en primer lugar de lo que denominamos cabecera, o *header* según la terminología inglesa. Esta cabecera contiene la información sobre el tipo de archivo, en el caso del vídeo sobre el formato y la codificación. Esto lo hemos tenido muy presente en nuestros experimentos, ya que si eliminamos información de la cabecera durante el proceso de *databending* dejaremos el archivo inservible.

En nuestros ensayos hemos tenido que experimentar con algunos de estos formatos y codecs para comprobar sus posibilidades ante determinadas variaciones. Hemos decidido escoger tres de los formatos más empleados en postproducción: AVI (Audio Video Interleaved), MOV y MPEG (Moving Pictures Experts Group). Cada uno de estos formatos lo hemos codificado con varios *codecs*, como ya se explicará más adelante. En AVI nos hemos quedado con DVPAL, IYUV, Microsoft video 1 y Uncompressed UYVY 422 8 bit. Con respecto a MOV hemos empleado DVPAL, H.263, H.264, MOTION JPEG y SORENSON. Por último hemos empleado la codificación MPEG. Vamos a tratar en este punto de llevar a cabo un modesto acercamiento al funcionamiento de estos *codecs* para tratar de comprender qué ha sucedido en los casos prácticos.

DVPAL

El DVPAL que hemos empleado es la versión en formato PAL de una forma de codificación o estándar de vídeo basado en el algoritmo de la Transformada de coseno discreta (DCT). Las señales de vídeo comprimidas mediante DV usan la DCT dentro de cada frame y no usan, sin embargo, codificación interframe, como sucede con MPEG.

La información de cada frame está dividida en varias secuencias denominadas DIF, cada una de las cuales se compone de cierto número de bloques DIF de 80 bytes. Los bloques DIF son la unidad básica del flujo de información en codificación DV. Cada bloque contiene una cabecera identificativa de 3 bytes que especifica el tipo de bloque y su posición en la secuencia DIF. Hay cinco tipos de bloques DIF: cabeceras de secuencia DIF, Subcode, Información auxiliar de vídeo (VAUX en inglés), audio y vídeo. Pese a que todo este mecanismo de funcionamiento corresponde a lo que se llama DV-DIF o Digital Video Digital Interface Format, esto corresponde a una forma

concreta de codificar la información que puede contenerse en archivos contenedores como AVI o Quicktime, como es el caso en nuestros casos de estudio.

H.263

H.263 parte de las bases que regían la codificación en H.261. Este tipo de codificación surgió pensada para videoconferencias y, en general, para flujos de vídeo que no supongan una tasa de bits excesivamente alta.

La estructura de codificación se basa en la DCT y la reducción de la cuantización dentro del mismo cuadro y los vectores de movimiento para la codificación intraframe.

En este tipo de codificación cada una de las imágenes de la secuencia de vídeo se divide en grupos de bloques (GOB), macrobloques y bloques. Los grupos de bloques están compuestos por una fila de macrobloques y los macrobloques se componen a su vez de 4 bloques de señal de luminancia de 8x8 pixels, un bloque de 8x8 de Cr y un bloque de 8x8 de Cb. Esto es así por la forma en la que funciona la codificación de la luminancia y la crominancia. La componente de luminancia es muestreada según las resoluciones que soporta H.263 (Ver cuadro), en cambio las componentes cromáticas, Cb y Cr, son tomadas con menos muestras. Esto es lo que llamamos submuestreo, que puede ser del tipo 4:2:2 o 4:2:0.

Como hemos dicho, tiene una compresión intracuadro basada en la DCT, así como intercuadro, mediante la estimación y compensación de movimiento. Esta estimación del movimiento se basa en vectores de movimiento que toman como base una imagen anterior para definir la siguiente, tal y como sucede en otras sintáxis de vídeo como MPEG. Soporta tanto tramas I, como P y B.

A nosotros nos va a resultar especialmente interesante comprender cómo son almacenados los datos en el archivo final codificado mediante H.263. La sintáxis de este tipo de codificación tiene, según la propia ITU, una estructura jerárquica de cuatro capas: la capa de imagen, la del grupo de bloques (GOB), la del macrobloque y la del bloque. Cada una de estas capas tiene su propia cabecera, que contiene la información sobre cómo debe decodificarse el archivo para su correcta interpretación.

Como veremos más adelante, la forma en la que está dispuesta la información en los archivos con este tipo de codificación dificultan el trabajo de distorsión para nuestros propósitos estéticos.

H.264

Podemos hablar de H.264 o MPEG-4 AVC, según decidamos adoptar la terminología de la ITU-T o la ISO/IEC¹³. Ambos organismos decidieron unirse para desarrollar un estándar de imagen de alta calidad con una tasa de bits menos al de otros *codecs* anteriores. El funcionamiento de H.264 en cuanto a su estructura básica sigue los mismos parámetros que tenía H.263. El uso de la DCT y la compensación de movimiento siguen siendo pilares básicos en la forma de trabajar del *codec*.

El funcionamiento básico de esta familia de *codecs* se puede resumir de la siguiente forma. En un primer momento se hace una estimación de movimiento, intentando encontrar patrones que definan el movimiento de los píxeles de acuerdo a imágenes anteriores y/o posteriores. En aquellos casos en los que haya una ausencia de movimiento tiene lugar lo que se denomina Intra-Estimación. En esta operación la información de los píxeles inmóviles de las imágenes anteriores o posteriores se extrapolan a aquellas imágenes donde coinciden. La información obtenida hasta este momento es transformada hasta un dominio de frecuencias, sobre el que se aplica una determinada cuantización, que reduce la tasa de bits sin pérdida de calidad perceptible. Después se aplica un filtro '*de-blocking*' que aumenta la calidad y la nitidez de la imagen final. También tiene lugar una codificación entrópica, que adjudica pocos bits a aquellos símbolos que aparecen más a menudo y más bits a aquellos símbolos que aparecen en menor número.

La sintáxis de este tipo de codificación es, en principio, similar a H.263. Sin embargo veremos cómo los resultados del estudio de la distorsión con ambos tipos de codificación dan resultados muy diferentes.

IYUV

En nuestros ensayos hemos usado con AVI dos tipos de codificación de tipo YUV, el primero que vamos a tratar es IYUV. Más adelante hablaremos de UYVY.

En este tipo de codificación (YUV) nos encontramos con dos posibilidades. Por un lado hay codificación que incluye toda la información de Y, U y V de forma conjunta; y por otro lado tenemos otra opción en la que son comprimidas por separado, Y, U y V de forma independiente. En el caso de IYUV nos encontramos con el segundo caso.

IYUV es una variante de otra codificación conocida como YV12, la única diferencia entre ambos es el orden de V y U. En YV12 el orden es Y, V, U; mientras que en IYUV el orden es Y, U, V. En

¹³ Ambos son estándares sobre telecomunicaciones que han otorgado nombres diferentes al mismo tipo de codificación.

este tipo de archivos nos encontramos con un *subsampling* se 4:1:1. Es decir, que por cada 4 muestras de Y tenemos tan solo una de U y otra de V. Además nos encontramos con un total de 12 bits por píxel con esta codificación.

UYVY

UYVY también es una codificación del tipo YUV. Nosotros, para nuestros ensayos, hemos escogido esta compresión del tipo 4:2:2 de 8 bits. Esto quiere decir que tiene 2 muestras de U y V por cada 4 muestras de Y. Además cada uno de estos canales tiene una profundidad de color de 8 bits, lo que nos da una posibilidad de 256 variaciones en las posibles tonalidades.

MOTION JPEG

Motion JPEG es una adaptación a vídeo de la codificación JPEG habitual. Se basa en compresión intracuadro y no emplea la intercuadro. Por este motivo tiene una menor tasa de compresión en el archivo final.

Esto, en nuestro caso, nos debería facilitar el trabajo, ya que deberíamos ser capaces de distinguir los distintos *frames* que componen el vídeo que queremos distorsionar. Sin embargo veremos cuando tratemos los casos de estudio que no es tan sencillo.

Para la compresión intracuadro, como hemos mencionado, se siguen los métodos de compresión de JPEG. Estos se basan en la menor necesidad de información de crominancia y en una peculiaridad por la cual se perciben menos cambios de brillo en zonas de grandes variaciones de tono y color. Por esta razón el *codec* en primer lugar pasa la información de RGB a su equivalente en YUV. También aplica submuestreo para reducir la información de color innecesaria o prescindible. Divide la imagen en grupo de 8x8 píxeles sobre los que luego se aplica la transformada discreta del coseno (DCT). Además de esto también se introduce compresión entrópica, para reducir el flujo final de datos.

MICROSOFT VIDEO 1

Microsoft Video 1 (MS-CRAM) es un *codec* que data de 1992. La calidad que obtenemos con este tipo de codificación tal vez no es la mejor, sin embargo resulta interesante por los artefactos que pueden conseguirse mediante el *databending* de la información que genera en el contenedor.

El *codec* funciona mediante 8 bits o 16 bits. Cada *frame* se divide en bloques de 4x4 píxeles que

se codifican desde la parte inferior a la superior. Los bloques de píxeles se codifican de tres maneras diferentes. En el modo '*Skip*' el bloque codificado es rellenado con la información del mismo bloque del *frame* anterior. En el segundo modo se transmiten dos colores y un bit de la información de cada pixel se emplea para saber cuál de los dos colores se transmite. En el modo de 8 colores el funcionamiento es igual que en el caso de 2 colores, pero los grupos de 4x4 píxeles se subdividen en grupos de 2x2 píxeles, multiplicando las posibilidades de color.

En la información final que se observa dentro del archivo de vídeo se puede distinguir claramente qué parte se refiere a qué *frame* del vídeo, lo que facilita la labor de distorsión del mismo.

SORENSEN

No se ha encontrado información sobre el funcionamiento del *codec*, ya que no es abierto.

MPEG

MPEG emplea un sistema de codificación basado en varias técnicas: separación en MB/Bs, predicción temporal, DCT, recorrido en zig-zag, etc. Esto hace de esta codificación una de las más complejas y eficientes. De hecho ha sido empleada en multitud de aplicaciones, tales como DVD.

El sistema distingue entre estructuras jerárquicas. En primer lugar tenemos las secuencias, que son conjuntos de cuadros. Después nos encontramos con los grupos de cuadros (Estructura GOP). Esta segunda estructura es una de las más importantes y va a ser la que defina la aparición del *datamoshing*. Las estructuras GOP se basan en grupos de cuadros que pueden ser de tipo I, que son aquellos que contienen toda la información necesaria para reconstruir el cuadro; los de tipo P, que son aquellos que se reconstruyen usando información de cuadros anteriores; y por último los tipo B, que son aquellos que se reconstruyen usando información de cuadros anteriores y posteriores. Un GOP siempre empieza con un *frame* de tipo I y dura hasta la aparición del siguiente *frame* de tipo I. Durante el *datamoshing* lo que haremos será privar al archivo de la información de los cuadros I, con lo que los siguientes cuadros del GOP se seguirán sirviendo del último cuadro I para reconstruir la imagen. Esto será lo que genere las distorsiones.

A continuación del GOP nos encontramos los cuadros, que contienen información de luminancia y crominancia. Dentro de cada cuadro nos encontramos con tiras, que son grupos de macrobloques que se construyen de izquierda a derecha y de arriba a abajo. Cada tira se compone de macrobloques que son conjuntos de muestras que en luminancia miden 16x16 y en crominancia dependen del muestreo de color. Por último nos encontramos con los Bloques, que son grupos de muestras de 8x8 para Y, Cb o Cr.

Capítulo 4: Casos de estudio

La base central de este trabajo, y para lo que hemos ido preparando el terreno con marcos teóricos y técnicos, es la elaboración de una serie de casos de estudios. Ya hemos mencionado anteriormente que estos casos de estudio pueden dividirse en analógico y digital. Nos encontramos así con un caso de distorsión analógica provocada por el cambio de frecuencia de emisión de la señal en primer lugar. En los siguientes puntos, todos los contenidos en el punto 4.2, veremos otros cuatro casos de experimentos en entorno digital. Tres de estos casos podremos definirlos como *databending*, mientras que el cuarto es solo una simulación de *databending* llevada a cabo en un software de edición convencional, After Effects.

Así pues, a continuación desarrollamos una memoria de cada uno de estos experimentos uno por uno, empezando por el estudio en analógico.

4.1. Distorsión de la señal analógica: variación de la frecuencia

En esta parte del trabajo hemos tratado de entender el funcionamiento de la señal analógica para poder distorsionarla. Para ello hemos hecho uso de un generador de señal analógica que emitía dos señales de test: unas barras y unos cuadros blancos y negros. El generador es el modelo Promax GV-698 y las señales emitidas corresponden a la categoría B1 y F3 de este dispositivo. La B1 sería la señal de barras de color y la F3 sería la señal de cuadros, denominada también damero.

Los elementos básicos de este caso de estudio son el generador que mencionamos y una televisión analógica, estos hacen de emisor y receptor de la señal. Nuestro experimento consiste en dificultar la transmisión de esa señal del emisor al receptor. Para ello lo que haremos será variar la frecuencia de emisión desde el generador Promax. Este dispositivo permite emitir las señales en un margen de frecuencias que va de 37 a 865 Mhz, por lo que hemos dispuesto de un amplio margen de trabajo. Además, esta variación de frecuencia se realiza en bloques de 50khz.

Tanto para la señal de barras como la de damero se comenzó emitiendo las señales a 305.7 Mhz y se varió esta frecuencia, primero aumentando la cantidad de Mhz y luego reduciéndola. La imagen resultante fue enviada a una capturadora a través de una conexión RCA de vídeo compuesto, donde la imagen resultante fue retenida en una cinta MiniDV, que luego fue digitalizada.

Al ser capturada en formato magnético, el aparato empleado deja de recibir señal llegados a determinado nivel de distorsión, en el cual, al haberse variado en exceso la frecuencia de emisión, el captador deja de interpretar la imagen y se pierden determinadas distorsiones, que sí se siguen viendo en la pantalla de la televisión. En esos casos nos encontramos con una pantalla como la de la ilustración 12.



Ilustración 12: Resultado de la pérdida de señal en la digitalización.

Este es el mayor inconveniente que se ha encontrado al emplear este método de distorsión. Hoy en día toda la postproducción se realiza en un entorno digital y con unos ciertos estándares de calidad. Si se quiere trabajar con errores audiovisuales propios de tecnología analógica, debe convertirse esta señal a digital en algún punto del proceso. Si esta operación se realiza con una capturadora como la que hemos empleado en este caso de estudio, se perderán algunas de las distorsiones provocadas. Pero a cambio se generarán algunos gráficos que pueden resultar interesantes, como los que vemos en la imagen (ilustración 13). Como vemos, cuando la capturadora comienza a perder o recuperar la señal, se dan en una serie de fotogramas un tipo de figuras muy características del proceso de digitalización. Estas nos pueden resultar atractivas para determinados propósitos estéticos.



Ilustración 13: Distintos frames de la distorsión generada durante la digitalización de la señal analógica

Dejando de lado esta primera puntualización, podemos empezar diciendo que las dos señales que hemos empleado, la de barras y la de cuadros, se han comportado de forma diferente ante las variaciones de la frecuencia. Esto responde, sin ninguna duda, a una notable diferencia entre ambas: la señal de barras (primera señal empleada en el experimento) contienen información de color y la señal de cuadros (segunda señal empleada), no.

Para hacer este punto lo más claro posible vamos a explicar el experimento en cuatro partes. En las dos primeras veremos qué sucede al aumentar y disminuir, respectivamente, la frecuencia de emisión de la señal de barras. En las dos últimas veremos qué sucede al aumentar y disminuir respectivamente la señal de emisión de la señal de cuadros.

En la primera señal, la de barras, observamos cuatro fases en el aumento de frecuencia de emisión. Estas cuatro fases corresponden a los cuatro frames expuestos de izquierda a derecha en la ilustración 14. Partiendo de la señal original (frame 1 de la ilustración 14), lo primero que observamos al variar la frecuencia es una pérdida de nitidez, seguido de la aparición de unas formas zigzagueantes en los colores de las barras, a excepción de las barras blanca y negra (frame 2 de la ilustración 14). Después estas distorsiones aumentan, haciéndose más fuertes y evidentes, al mismo tiempo que aparecen signos de distorsión también en el blanco y el negro. En estas dos últimas barras no aparecen los mismos patrones en zig zag, sino que vemos unas líneas horizontales más oscuras en el blanco y más claras en el negro, que parecen subir y bajar (frame 3 de la ilustración 14). Finalmente la distorsión se hace demasiado acentuada para que el paso a digital pueda ser capaz de percibirla (frame 4 de la ilustración 14).

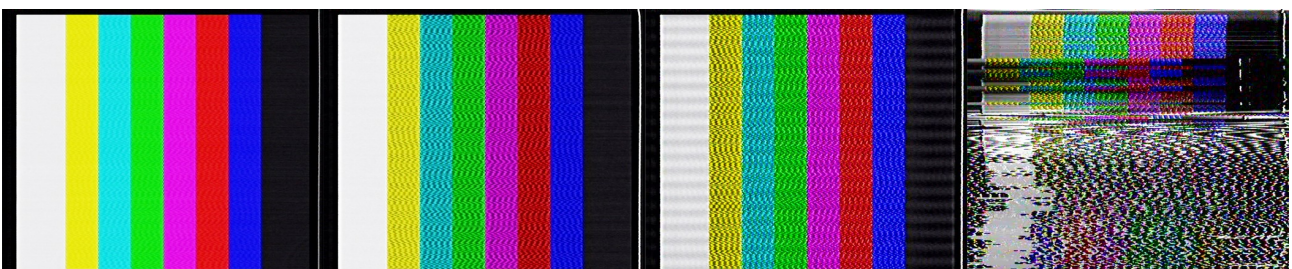


Ilustración 14: Estos cuatro frames no consecutivos son representativos de cuatro momentos en la distorsión de la imagen a partir de la variación de su frecuencia

Veamos ahora qué sucede al disminuir la señal de emisión más allá de los 307.5 MHz originales. En este caso también hemos podido comprobar cuatro pasos en el proceso de degradación de la imagen. Estos cuatro pasos corresponden a los *frames* de la ilustración 15. Lo primero que se observa es una distorsión de los contornos de cada una de las barras (*frame 2* de la ilustración

15). Los contornos de estas parecen tender al blanco, mientras que los espacios entre ellas parecen oscurecerse, dejando una franja vertical que tiende al negro. Estas franjas entre barras son más pronunciadas cuando se dan entre colores más distantes del espectro, como en el caso del rojo y el azul o el verde y el magenta (ver ilustración 16). Después de que esta distorsión se ha hecho lo más destacada posible, la información cromática de la señal se pierde (frame 3 de la ilustración 15). Una vez sucedido esto, también se pierde la información de luma de la propia imagen de test y nos encontramos con una distorsión total de las barras, que ya son irreconocibles. Sin embargo, en esta parte de nuestro experimento la operación de captura en digital aún es capaz de interpretar la imagen distorsionada, lo que nos da distorsiones como las de el frame 4 de la ilustración 16.

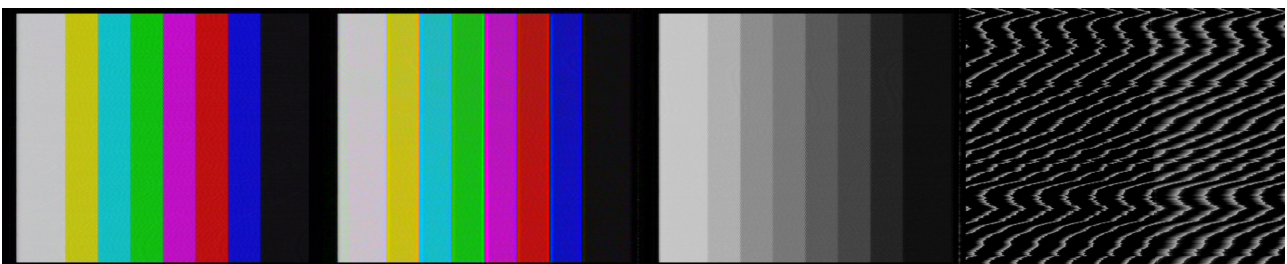


Ilustración 15: En la imagen vemos los cuatro pasos que se distinguen en la distorsión de la señal de barras al disminuir la frecuencia de emisión de la misma.

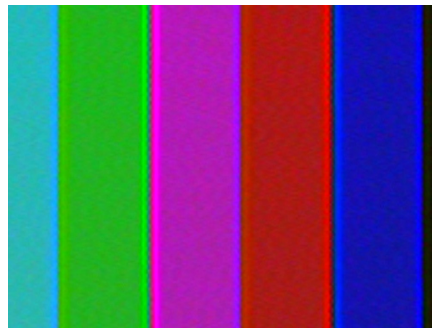


Ilustración 16: Detalle de la distorsión en la señal de barras

Ahora veremos qué sucede con la segunda señal de test: la de cuadros o damero. Partimos de la señal de test de la imagen (*frame 1* de la ilustración 17). Esta imagen no contiene información cromática, por lo que todo se limita a la señal de luminancia, además, claro está, del resto de información necesaria para que la señal se emita, transmita y recupere correctamente, es decir burst, sincronismos, etc.

En primer lugar aumentamos la frecuencia de emisión. Esto va a generar una serie de degradaciones de la imagen que hemos dividido en 6 etapas, correspondientes a los 6 frames que

se pueden observar en la imagen 17. Lo primero que se observa es una disminución del brillo de la señal, que se hace más oscura (*frame 2*). Esto va seguido de la aparición de un efecto de barras verticales en los cuadros blancos (*frame 3* de la imagen 17) provocadas por diferencias de brillo entre las distintas líneas de la imagen analógica. Este efecto de barras verticales parecen moverse de arriba a abajo. Observamos que este mismo efecto es el que tenía lugar en el caso de la primera señal de test, la señal de barras en los colores blanco y negro (*frame 3* de ilustración 14). Seguido de esto vemos cómo la imagen se distorsiona hasta un punto en el cual la digitalización no puede recuperar la señal por un momento (*frames 4 y 5* de la ilustración 17). Sin embargo la imagen vuelve a ser recuperable al seguir variándose la frecuencia y observamos el efecto de nieve donde aún pueden distinguirse las formas del patrón inicial (*frame 6* de la ilustración 17).

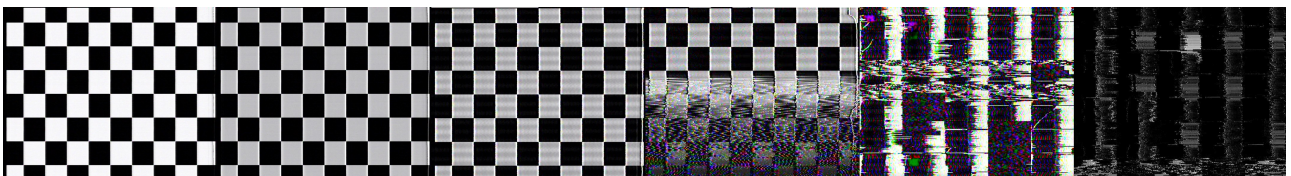


Ilustración 17: En la imagen vemos 6 frames no consecutivos correspondientes a momentos clave del proceso de distorsión.

Por otra parte, partiendo de la misma frecuencia inicial, si decidimos disminuir la frecuencia de emisión de la señal, los resultados son muy diferentes. En este proceso no observamos grandes cambios pese al cambio de frecuencia. Solo llegados a un determinado punto de disminución se observan cambios en pantalla. Estos cambios consisten en la aparición de nieve en la pantalla que dificulta la distinción del patrón inicial, que además se mueve horizontalmente de derecha a izquierda.

En la ilustración 18 podemos observar las dos variantes del proceso de disminución de la frecuencia. A la izquierda vemos el patrón básico del que partimos y a la derecha dos *frames* que muestran el resultado de la distorsión. En el del extremo derecho vemos una franja negra que corresponde al movimiento del patrón a lo largo de la pantalla de la pantalla de derecha a izquierda.

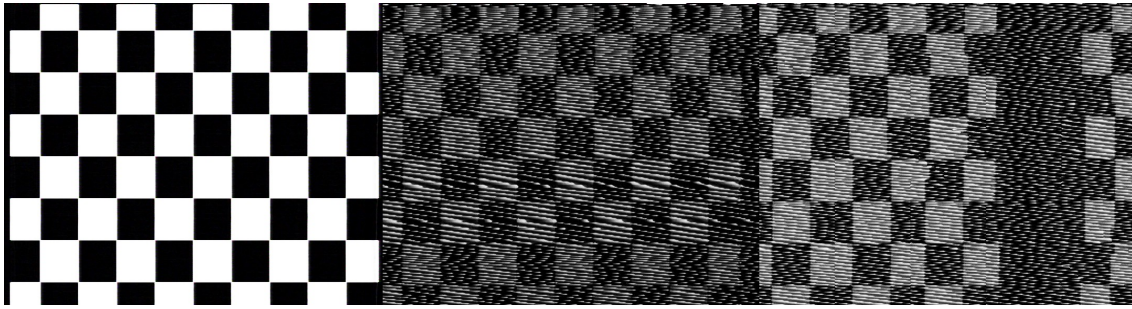


Ilustración 18: Diferentes frames obtenidos al disminuir la frecuencia de emisión.

4.2. Distorsiones de la señal digital

4.2.1. Distorsiones con editores de información: editor de texto y editor hexadecimal

Editor de texto: Wordpad

El método más sencillo para conseguir comenzar a crear errores es el Wordpad ¹⁴ de Windows o sus equivalentes para otras plataformas. Con este método podemos interpretar nuestros archivos como si se trataran de texto y hacer modificaciones en su información interna para modificar la imagen que luego recreará el procesador gráfico. En un primer momento hemos empleado este método con archivos de imagen estática que luego pueden ser empleadas para composiciones de vídeo.

Esta herramienta se ha probado con éxito en nuestros ensayos con archivos BMP y RAW, pero no así con TIFF o JPEG, que siempre han dado como resultado archivos inservibles, irreconocibles por los diferentes softwares de imagen utilizados.

Con Wordpad tenemos varias opciones a la hora de distorsionar nuestros ficheros. Por un lado podemos variar el código del archivo manualmente, esto, sin embargo, nos llevaría bastante tiempo si queremos que los cambios realizados sean visibles. Otra opción es cortar y pegar partes del código para agilizar esta tarea. Pero no cabe duda de que la opción más cómoda es utilizar la herramienta reemplazar. Esto nos permite seleccionar partes del texto y reemplazarlas por aquellas que deseemos, de esta forma podemos agilizar tremendamente la tarea de descomposición de la imagen original y obtener resultados visibles rápidamente.

¹⁴ El Wordpad es un procesador de textos sencillo que viene con cada versión del sistema operativo Windows. Este programa, además de permitirnos redacción de textos, nos permite abrir los metadatos de determinados archivos siempre y cuando no sean excesivamente pesados.

El mayor inconveniente de este tipo de manipulación es la poca capacidad para controlar los errores, por un lado, así como la relativa lentitud del método dependiendo de cómo decidamos trabajar con él. Además en muchos casos el editor empleado ha ocasionado problemas al ser incapaz de abrir o guardar algunos de los cambios realizados en los ficheros, demostrando que es en cierta medida inestable para determinadas tareas.

En la ilustración 19 podemos observar el resultado de la distorsión con Wordpad de un archivo RAW. El resultado destaca por su aleatoriedad ya que, al distorsionarlo cambiando determinadas partes de la *metadata* del archivo, somos incapaces de predecir el resultado final.

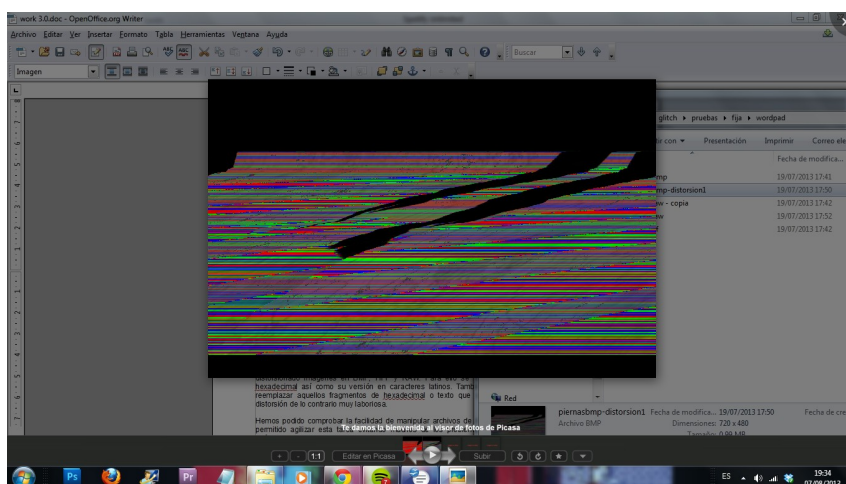


Ilustración 19: En la imagen observamos un archivo BMP distorsionado mediante el uso del wordpad de windows.

Editor Hexadecimal

Este tipo de editores se basan en lenguaje hexadecimal, que emplea 16 símbolos para tratar la información (1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F,10). Normalmente los valores hexadecimales se agrupan en dos grupos de 8 bytes y un grupo de caracteres ASCII (los 16 nombrados anteriormente).

El editor hexadecimal nos permite el mismo tipo de manipulación que el editor de texto, pero lo hace desde un punto intermedio entre el lenguaje binario y el lenguaje humano.

Para experimentar con este método se ha empleado el editor hexadecimal XVI32. Con este editor se han distorsionado imágenes en BMP, TIFF y RAW. Para ello se han variado diferentes líneas del código hexadecimal así como su versión en caracteres latinos. También en este caso tenemos

la opción de reemplazar aquellos fragmentos de hexadecimal o texto que deseemos, lo cual facilita una tarea de distorsión de lo contrario muy laboriosa.

Hemos podido comprobar la facilidad de manipular archivos de imagen fija con este método, que nos ha permitido agilizar esta tarea evitando muchos de los problemas que habíamos obtenido al manipular imágenes con Wordpad.

En la ilustración 20 podemos observar un fichero BMP original (a la izquierda) y el resultado del *databending* con hexadecimal (a la derecha). En este caso y otros con los que hemos experimentado los resultados han sido mínimos para el tiempo invertido en ellos.

A modo de primera conclusión, podemos decir que este tipo de herramientas (tanto editores de texto como hexadecimales) resultan útiles para manipular archivos de imagen estática, pero los archivos de vídeo manipulados con ellos no han dado resultados positivos. Esto se debe al enorme tamaño del archivo de vídeo en comparación con el de imagen. Cuanto más grande sea el archivo menor será la repercusión del *databending* y más trabajo conllevará para obtener unos mínimos resultados. Por ello este método deben emplearse principalmente para imágenes estáticas, pues para manipulación de archivos de vídeo hay otros métodos más eficientes, como veremos. De cualquier modo, si tuviéramos que emplear este método para la manipulación de vídeo o foto, la forma más ágil de trabajar vendría de la herramienta reemplazar, que permite manipular grandes fragmentos de código ASCII o Hexadecimal de forma rápida y selectiva. Por otra parte, hay que dejar claro que este tipo de manipulación (reemplazando información) nos da resultados rápidos pero poco previsibles, dejando gran parte de los resultados al azar. Si se quiere controlar en mayor medida los resultados finales conviene llevar a cabo una manipulación manual, sin embargo este tipo de tarea lleva mucho tiempo y los resultados no son siempre controlables.



Ilustración 20: A la izquierda imagen BMP original y a la derecha la distorsionada manualmente con editor hexadecimal.

4.2.2. Distorsiones con software de manipulación sonora: Audacity

Este es uno de los métodos más interesantes de todos los experimentados en nuestra investigación. Básicamente consiste en engañar al programa de audio para que abra archivos de vídeo o foto y manipule su información interna como si se tratara de un archivo de audio. Podemos encontrar bastante información de este método en la red, pero esta se encuentra dispersa y no se profundiza demasiado en su funcionamiento.

El programa que se emplea para este método es Audacity¹⁵. Esta es una aplicación de postproducción de audio multiplataforma que se enmarca dentro del llamado software libre. El programa permite editar audio dentro de una línea de tiempo así como aplicar diferentes efectos. Este programa nos permite abrir un archivo sin necesidad de que éste esté en un formato de audio, como ya hemos mencionado. Para ello importamos con la opción datos en bruto (Importar > Datos en bruto). Una vez hecho esto el programa nos permite seleccionar una serie de parámetros. Los más interesantes son los de 'Codificación' y 'Orden de byte'. En 'Codificación' debemos escoger entre U-Law o A-Law¹⁶. El 'Orden de byte' funciona tanto para Big-Endian, como para Endianless o Little-Endian¹⁷. El resto de parámetros pueden permanecer del modo predeterminado. Aunque se puede variar también la frecuencia de muestreo no se han visto resultados que lo justifiquen, además si se llega a un nivel de muestreo excesivamente bajo puede provocar que nuestro archivo quede totalmente inservible. En la ilustración 21 podemos observar el cuadro de información que aparece al importar archivos en bruto.

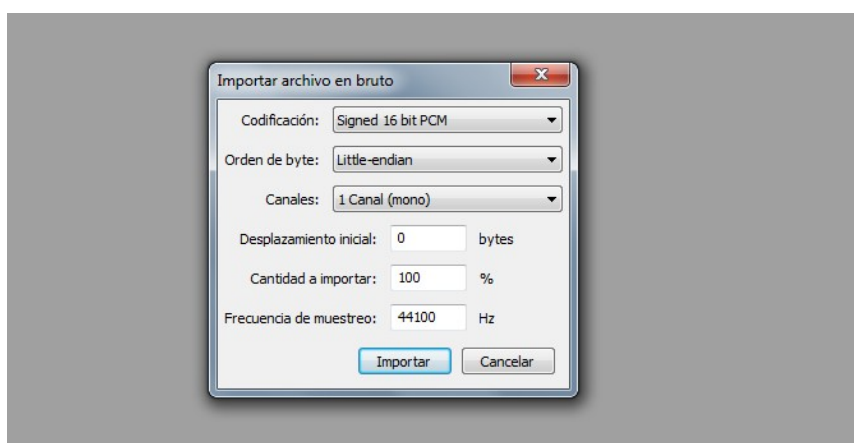


Ilustración 21: Cuadro de información de importación de archivos en bruto.

15 Audacity es un software libre de edición y postproducción de audio. Disponible en: <http://audacity.sourceforge.net/>

16 Tanto U-Law como A-Law son sistemas de cuantificación logarítmica empleados habitualmente para aplicaciones relacionadas con la voz humana. En nuestro caso no hemos encontrado razones suficientes para profundizar en la forma de funcionamiento de estos métodos.

17 El término *endianness* define el orden de almacenamiento de datos de forma similar a lo sucedido con los idiomas que se escriben de izquierda a derecha y los que se escriben de derecha a izquierda.

Una vez importado el archivo este se puede manipular tal como el programa hace con los archivos de audio. Resulta interesante comprobar las consecuencias de efectos tipo eco, filtro de bajos, ecualización, etc. en los archivos de imagen o vídeo.

Debemos tener cuidado a la hora de exportar los archivos manipulados, ya que nos encontramos con dos requisitos imprescindibles para que los archivos generados funcionen correctamente. El primero es configurar las opciones de exportación del mismo modo con el que importamos la información. Es decir, si importamos con A-Law debemos exportar con A-Law y si lo hicimos con U-Law debemos exportar también con U-Law. En segundo lugar debemos añadir al archivo exportado la terminación .bmp, .tif, .raw, .avi, .mov o .mpeg, según sea el caso.

Con archivos de imagen fija este método ha dado resultados muy positivos con los formatos BMP, pero ha dado bastantes problemas a la hora de manipular archivos TIF. El RAW también puede ser manipulado con este método obteniendo resultados igualmente positivos.

En la ilustración 22 vemos, a la izquierda, la imagen original empleada para el experimento y a la derecha las distorsiones conseguidas en archivos BMP. La de arriba corresponde al efecto eco y la de abajo a diferentes efectos en diversas partes de la forma de onda. Los resultados con esta prueba han sido positivos.



Ilustración 22: Ejemplo de distorsión de archivo BMP con Audacity. A la izquierda el original y a la derecha los resultados.

En cuanto a vídeo se ha empleado Audacity para provocar fallos en archivos de vídeo en formatos

MPEG, MOV y AVI. Los resultados en este sentido han sido considerablemente positivos teniendo en cuenta la sencillez del método.

Uno de los objetivos que se han planteado ha sido comprobar hasta dónde nos permite esta herramienta controlar el error provocado y hasta qué punto este es fruto del azar. Se ha seguido la siguiente metodología:

Se han empleado tres formatos contenedores diferentes: AVI, MPEG y Quicktime.

Con cada uno de ellos se ha utilizado una serie de codecs:

AVI: DVPAL, IYUV, MICROSOFT VIDEO 1 y Uncompressed UYVY 4228bit.

MPEG: MPEG2

Quicktime: DV25pal, H.263, H.264, MOTION JPEG y SORENSON

Se ha partido de un archivo original (ilustración 23) y se ha creado un archivo para cada uno de estos casos. Cada archivo ha sido importado en Audacity y ha sido tratado como si fuera un archivo de audio para obtener diferentes resultados y comprobar la versatilidad del proceso con diferentes archivos y *codecs*.



Ilustración 23: El vídeo original sobre el que se ha realizado el experimento.

Sobre estos ficheros se han aplicado diferentes efectos para conseguir las distorsiones deseadas. Estas distorsiones son cambio de fase, eco, normalización, filtro baso bajo y filtro paso bajo, realce de graves, tremolo y en algunos casos eco.

Lo primero que hay que conocer sobre este método es que hay que tener mucho cuidado a la hora de distorsionar la forma de onda generada por el software. Esta forma de onda representa

los datos brutos del archivo y si distorsionamos la cabecera perderemos el archivo por completo. Esta es la primera norma del *databending*, ya sea mediante Audacity, editor de texto, hexadecimal, etc.

El resultado más interesante que ofrece este método tiene que ver con la forma en la que funcionan los diversos *codecs* empleados en el ensayo. Hemos podido comprobar que, a la hora de generar errores, no hay tantas diferencias entre archivos contenedores como las hay entre diferentes codificaciones. Esto quiere decir que diferentes archivos contenedores codificados con los mismos *codecs* arrojan resultados similares, mientras que el mismo tipo de contenedor con diferentes codificaciones puede dar resultados muy diferentes. Por ejemplo, los archivos codificados mediante el *codec* DVPAL generan los mismos errores independientemente de si se encuentran dentro de un formato de archivo MOV o AVI. Sin embargo dos archivos AVI, por ejemplo, con diferente codificación (DVPAL o IYUV, por poner un ejemplo) nos darán resultados estéticos muy diferentes entre sí.

Podemos comprobar esto observando las imágenes 24 y 25. En la ilustración 24 se ha aplicado un efecto de Low Pass Filter (o Filtro Paso Bajo) a dos archivos de vídeo. La imagen de la izquierda corresponde a un archivo AVI codificado con el *codec* DVPAL. La imagen de la derecha corresponde a un archivo de vídeo MOV codificado también con DVPAL. Podemos comprobar que los resultados son similares independientemente del archivo contenedor empleado.

Por el contrario, en la ilustración 25 vemos el resultado de experimentar con dos archivos AVI codificados de forma diferente. A la izquierda vemos un archivo AVI codificado con DVPAL, a la derecha un AVI codificado con IYUV. Pese a compartir el mismo contenedor y haberse aplicado el mismo efecto (Low Pass Filter) los resultados son totalmente diferentes, debido a las diferencias de codificación.

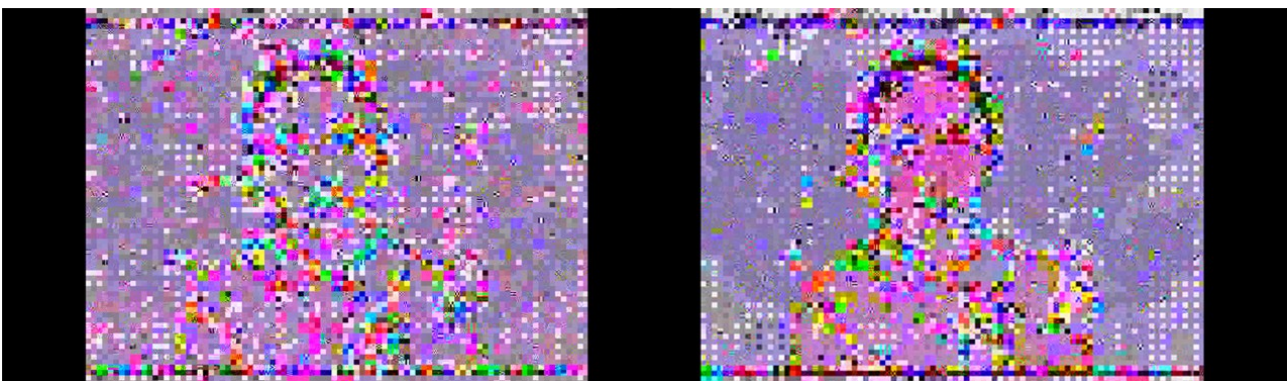


Ilustración 24: Dos imágenes de distorsiones en codificaciones DVPAL en AVI (izq.) y MOV (dch.)

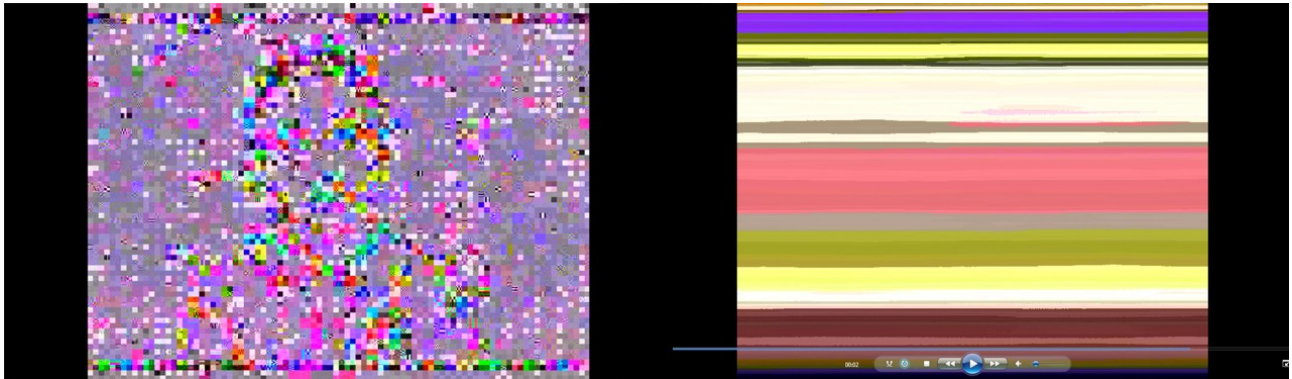


Ilustración 25: Ejemplos de distorsión de un AVI codificado con DVPAL (izq.) y con IYUV (dch.)

El *databending* mediante Audacity nos permite observar de forma muy sencilla las diferencias de codificación de los archivos, no solo en los resultados obtenidos, sino en la propia forma de onda generada por el software al interpretar los datos brutos del archivo.

A modo de ejemplo, en la imagen 26 podemos ver las diferencias entre las distintas codificaciones tal y como aparecen en la línea de tiempo de Audacity. Aunque el vídeo original es el mismo y tiene en todos los casos la misma duración, al codificarse de diferente forma da como resultado diferentes pesos de metadata, lo que se traduce en una mayor o menor extensión en la línea de tiempo del programa. Pero además podemos observar en la forma de onda otras diferencias entre los códecs. Así vemos cómo en IYUV y UYVY podemos distinguir patrones repetidos que, como veremos más adelante, corresponden a fotogramas, sin embargo esto es imposible en el caso de DVPAL y Microsoft Video 1.

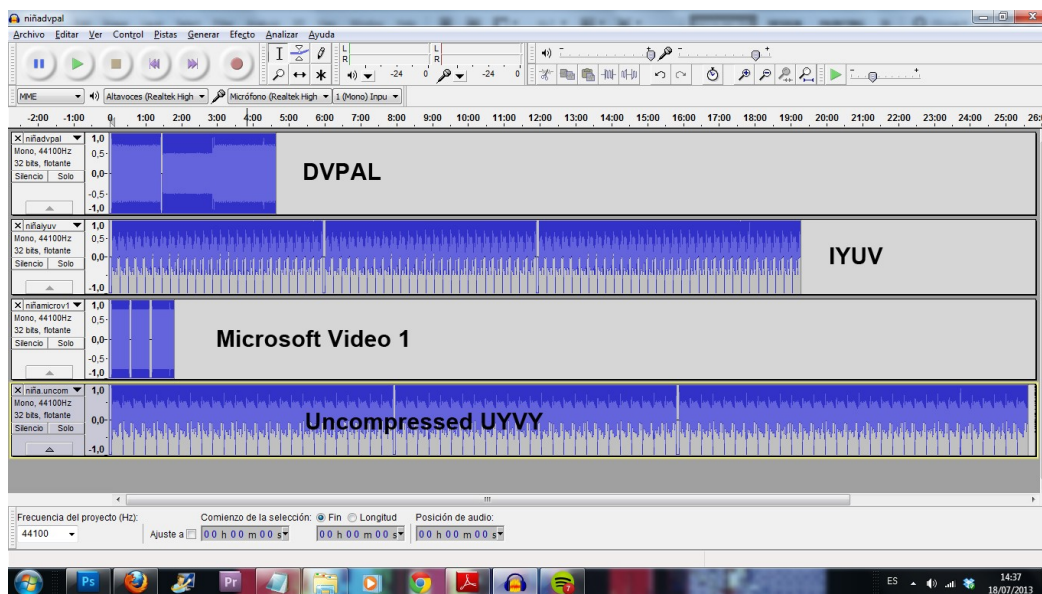


Ilustración 26: Vista de la forma de onda de las diferentes codificaciones empleadas para archivos AVI.

Por su parte, en la imagen 27, podemos observar el aspecto de la *metadata* de los diferentes archivos MOV empleados en el experimento una vez que se les ha asignado una determinada forma de onda. Como sucedía en el caso anterior vemos que dependiendo de la codificación adquieren una duración determinada en la línea de tiempo, lo que nos da una idea del peso y nivel de compresión de cada una. Por otra parte, en este caso vemos que pese las diferencias de duración todos los casos mantienen una cierta relación de forma de onda.

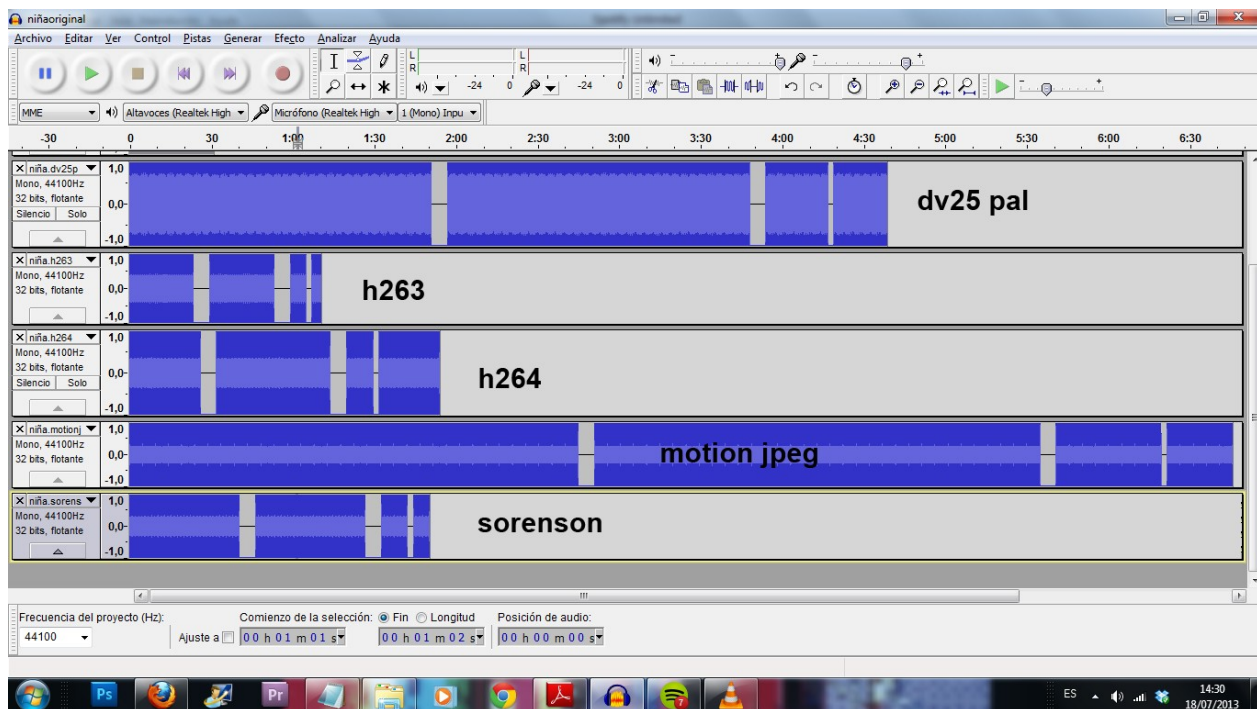


Ilustración 27: Vista de la forma de onda de las diferentes codificaciones empleadas para archivos MOV.

Las pistas que nos dan las formas de onda resultan muy interesantes a la hora de comprender el funcionamiento de las distorsiones y generar errores, ya que dependiendo de la forma en la que funcione cada *codec* veremos la forma de onda de una u otra forma. Al observar la forma de onda generada seremos capaces de controlar los errores de forma más precisa y consciente.

Vamos a poner un ejemplo que ilustre todo esto. Para ello vamos a emplear una de las codificaciones que produce errores más variados: la de tipo YUV, ya sea IYUV o UYVY. Esta codificación es la que nos ofrece mayor variedad de estéticas diferentes en función del efecto de audio que apliquemos en Audacity. En la imagen 28 podemos observar los resultados de algunos de los efectos aplicados sobre la codificación IYUV en AVI.

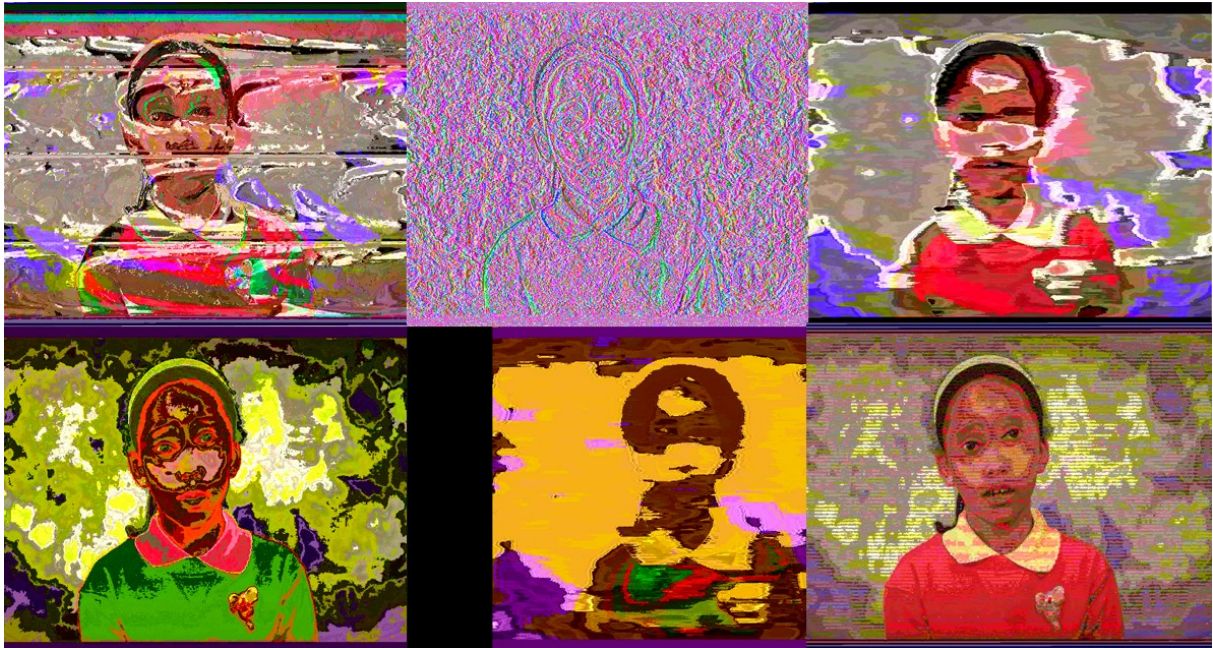


Ilustración 28: Resultados obtenidos con diferentes efectos sonoros aplicados al vídeo original codificado mediante IYUV. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Fase, High Pass Filter, Low Pass Filter, Normalizado, Realce de graves y Tremolo

Dentro de esta variedad de resultados podemos obtener más o menos matices. Dependiendo de cómo empleemos los diferentes efectos. Así, por ejemplo si empleamos High Pass Filter (o Filtro Paso Alto) de forma más o menos forzada dejaremos entrever la figura de la niña de nuestro vídeo original en mayor o menor medida y provocaremos que aparezcan más o menos artefactos cromáticos, tal y como se puede comprobar en la imagen 29.

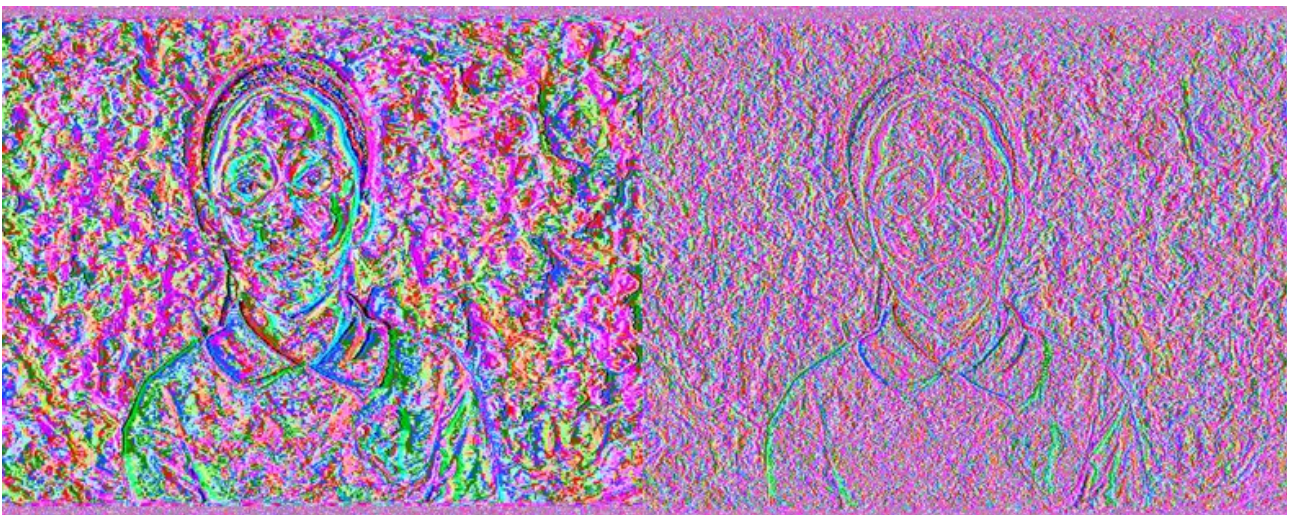


Ilustración 29: Dos variedades de High Pass Filter en función de la dureza con la que apliquemos dicho filtro

Hasta aquí hemos aplicado los efectos a un vídeo entero o una parte de este, siempre con

cuidado de no manipular la cabecera. Sin embargo la forma en la que funcionan los *codec* YUV nos permite comprender cómo funciona la distorsión en Audacity y, no solo eso, sino que nos permite comprobar de primera mano los datos codificados, en qué orden se encuentran y qué obtenemos al distorsionarlos. Esto nos da una capacidad enorme de manipulación, lo que puede dejarnos entre otras cosas distorsionar fotogramas concretos o incluso la información de luminancia o canales de crominancia de ciertos fotogramas.

Para comprobar el nivel de control de la distorsión que ofrecen estas codificaciones se ha aplicado High Pass Filter por defecto sobre diferentes partes de la información de los archivos.

Tanto en IYUV como en UYVY vemos un mismo esquema que nos deja localizar por la forma de onda cada fotograma. A primera vista la mayor diferencia es que para cada uno se necesita diferente número de bits y, por lo tanto, al importar como audio el de tipo UYVY es más largo. Sin embargo si nos acercamos vemos cómo la forma de onda de cada fotograma es diferente, pero fácilmente distinguible.

En la ilustración 30 podemos observar, dentro de un recuadro, la forma de onda correspondiente a un fotograma, tanto en IYUV (arriba) como en UYVY (abajo). Poder localizar estas formas de onda nos permitirá distorsionar solo aquellos fotogramas que a nosotros nos interese.

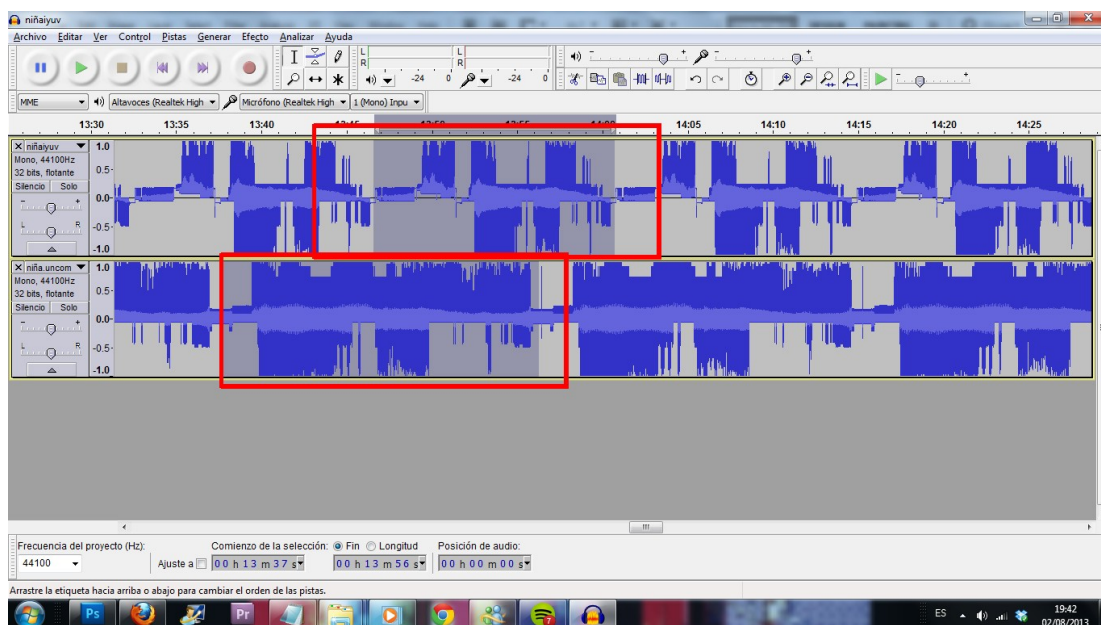


Ilustración 30: Forma de onda correspondiente a un único fotograma, tanto para IYUV (arriba) como para Uncompressed UYVY (abajo).

Poder localizar fotogramas concretos nos da facilidades creativas que otros codecs como, por

ejemplo, H.264 no nos permite, pues la forma de codificación de este códec hace imposible poder localizar formas correspondientes a fotogramas.

IYUV, sin embargo no solo nos deja localizar los distintos fotogramas, sino que nos permite distinguir partes dentro de la forma de onda de cada fotograma. Distorsionando alguna de estas partes podremos hacer que los efectos se apliquen solo a la parte de crominancia del fotograma o a la de luminancia. Esto ha hecho posible en nuestros ensayos generar distorsiones que afecten al valor de U o V, pero no a la luminancia de estos archivos.

En la imagen 31 podemos observar la forma de onda de un fotograma completo (imagen de la derecha) así como dos partes de esta forma de onda ampliadas (las dos imágenes de la izquierda). Al modificar la forma de onda correspondiente a la primera imagen por la izquierda se generan artefactos en los colores azul y amarillo pero el resto de la imagen permanece igual. Si, por el contrario, modificamos la parte de forma de onda de la imagen central se generan artefactos en rojo y verde, mientras el resto de la imagen permanece invariable.

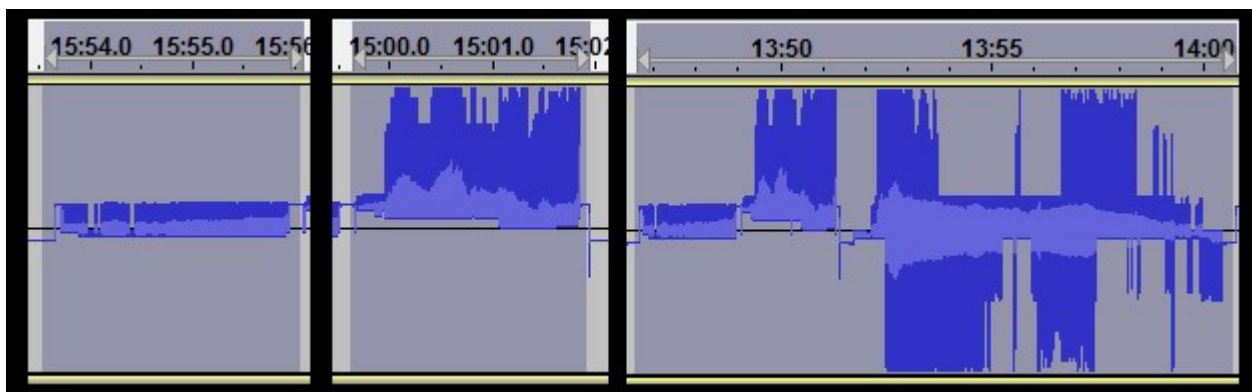


Ilustración 31: Forma de onda de un fotograma en IYUV (derecha) y ampliación de las partes correspondientes al color de dicho fotograma (izquierda y centro).

Podemos ver cómo las codificaciones van a ser la clave para generar diferentes distorsiones en el entorno digital. Hasta ahora hemos visto cómo funcionan IYUV y UYVY. Sin embargo no todas las codificaciones van a ofrecernos resultados tan positivos. Lo mejor será atender a los diferentes códecs agrupados por archivos contenedores.

AVI

En AVI, el DVPAL ha dado resultados positivos en cuanto a distorsión. Vemos aparecer artefactos de gran colorido que pueden hacernos perder por completo la imagen original volviéndola

irreconocible en algunos fotogramas. Dependiendo del efecto empleado y los parámetros aplicados a dicho efecto conseguimos distorsiones similares en varios casos, pero muy interesantes. La variedad de resultados en esta codificación se encuentra en los colores predominantes obtenidos mediante las distorsiones. Así podemos obtener, por ejemplo, colores más fríos aplicando un Low Pass Filter y colores más cálidos aplicando un High Pass Filter (ver ilustración 32).

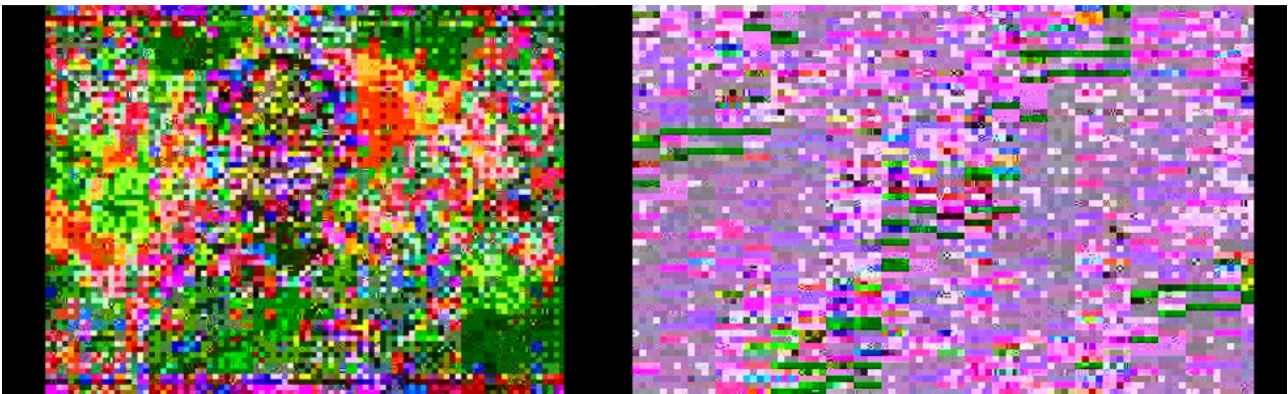


Ilustración 32: Fotogramas correspondientes a distorsiones sobre vídeo codificados con DVPAL. A la izquierda el resultado de un High Pass Filter, a la derecha un Low Pass Filter.

Uno de los aspectos más interesantes a la hora de trabajar con este códec es que permite distinguir cada frame en la forma de onda que genera Audacity. Esto nos permite, no sólo distorsionar frames concretos, sino crear distorsiones en líneas concretas de determinado fotograma, tal y como podemos ver en la imagen 33.

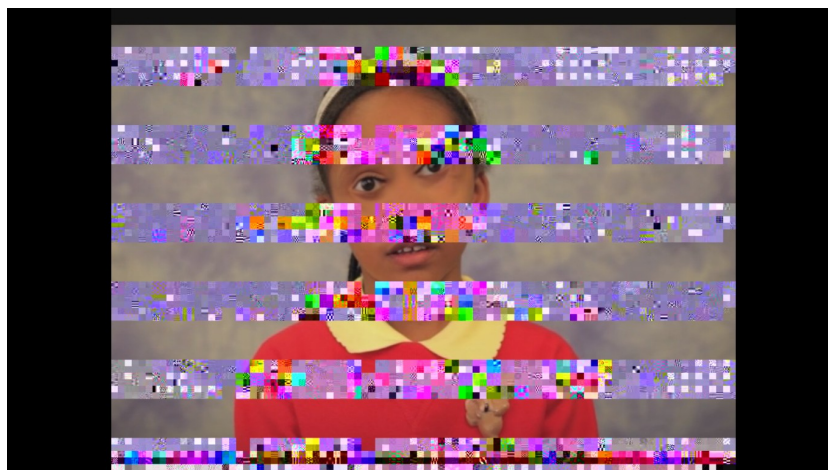


Ilustración 33: Fotograma distorsionado en líneas concretas a partir de un vídeo en DVPAL.

Lamentablemente trabajar con esta codificación tiene un aspecto negativo: los archivos resultantes no son reconocidos por programas de edición como After Effects o Premiere. Estos

archivos se pueden abrir con estos programas de edición, pero estos no son capaces de reconstruir las aberraciones que reproductores como VLC¹⁸ sí permiten reproducir. Una posible solución a este problema sería obtener esta información a través de programas de captura de pantalla como Camtasia ¹⁹ o similares y entonces llevarlos al software de edición que empleemos.

En el caso de IYUV, del que ya hemos hablado en profundidad, hemos obtenido bastantes problemas al importar los archivos con la configuración en U-Law, pues la información satura en la parte superior del espectro sonoro y esto crea problemas en el archivo de salida. Esto mismo ocurría en el caso anterior, con DVPAL. Con A-Law, sin embargo, los resultados han sido muy positivos.

Como consecuencia de esto, una conclusión de los ensayos ha sido que con la configuración A-Law se obtienen resultados más favorables. U-Law, sin embargo, da resultados positivos en el caso de la imagen fija, pero cuando se usa en vídeo genera muchos problemas que hacen el fichero final inservible.

Nos quedaría por tratar el *codec* Microsoft Video 1. Este *codec* no da muy buenas resoluciones, pero a la hora de generar distorsiones resulta interesante. La codificación funciona solo intraframe, esto hace que seamos capaces de distinguir cada frame en la forma de onda (ver imagen 34), lo que nos permite distorsionar solo aquellos frames que nos interesen. La distorsión que se genera consiste en la aparición de artefactos multicolores que se agrupan en bloques de 4x4 frames ordenados en líneas que van de la parte inferior de la pantalla hasta la superior. De esta forma, si buscamos los patrones correspondientes en la forma de onda (ver imagen 35), la distorsión que apliquemos al inicio de la forma de onda correspondiente a un *frame*, generará artefactos en la parte inferior del fotograma. Si, por el contrario, hacemos esto en la parte final de la forma de onda correspondiente a un *frame*, generará artefactos en la parte superior.

En las imágenes 36 y 37 podemos comprobar el flujo de trabajo con este *codec*. En el caso de la imagen 36, en la parte superior vemos la forma de onda correspondiente a un *frame*. Si aplicamos distorsión sobre el inicio y final de esa forma de onda obtenemos un fotograma como el de la parte inferior izquierda. Si aplicamos distorsión a lo largo de toda la forma de onda, pero intercalando esta distorsión con partes sin distorsionar obtenemos un fotograma como el de la parte inferior derecha. Por otra parte, como vemos en la imagen 37, si se distorsiona la forma de onda en

18 VLC es un reproductor de vídeo multiplataforma de software libre capaz de reproducir un gran número de archivos.

19 Camtasia es un programa de la empresa TechSmith que permite capturar la pantalla del ordenador, lo que puede ser muy útil para nuestro propósito.

exceso se llega a perder por completo la imagen original, generando una estética muy concreta que puede resultar interesante.

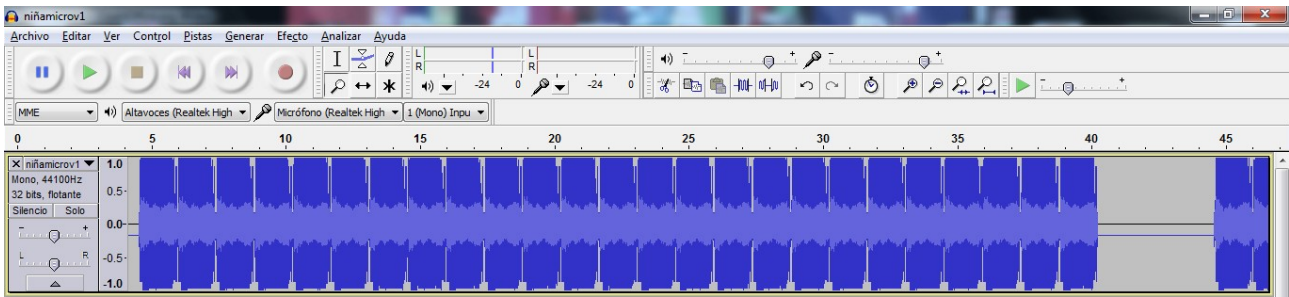


Ilustración 34: En la forma de onda de los archivos codificados con Microsoft Video 1 se puede distinguir claramente cada frame

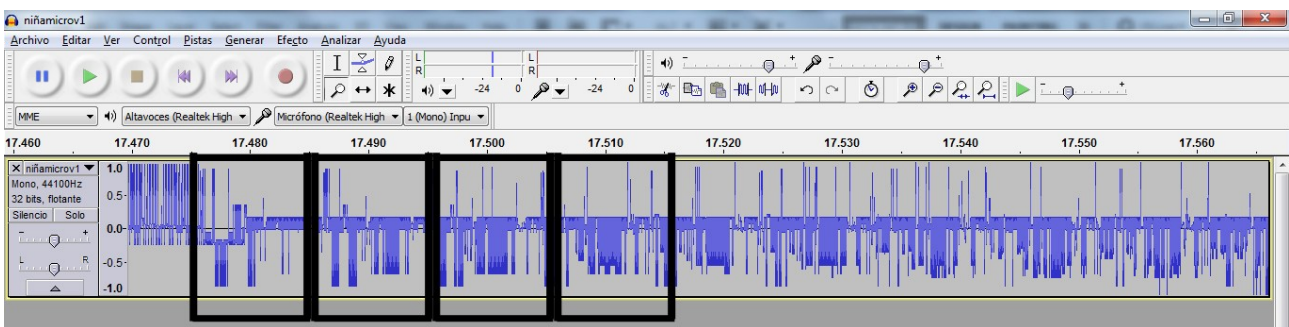


Ilustración 35: Si se amplía el zoom sobre la forma de onda de un frame concreto se pueden distinguir patrones que corresponden a líneas o bloques concretos de dicho frame.

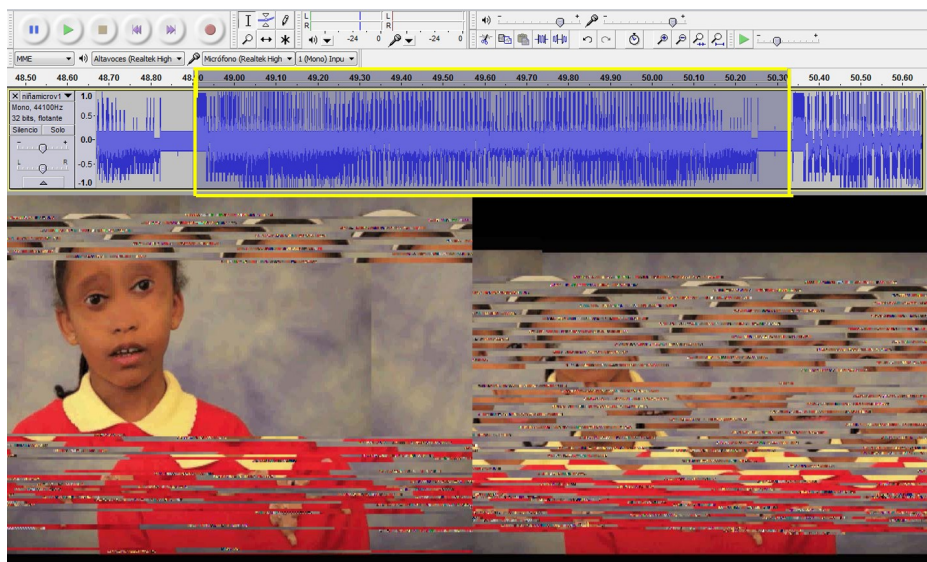


Ilustración 36: En la parte superior vemos la forma de onda correspondiente a un frame. Abajo los resultados de diferentes distorsiones.

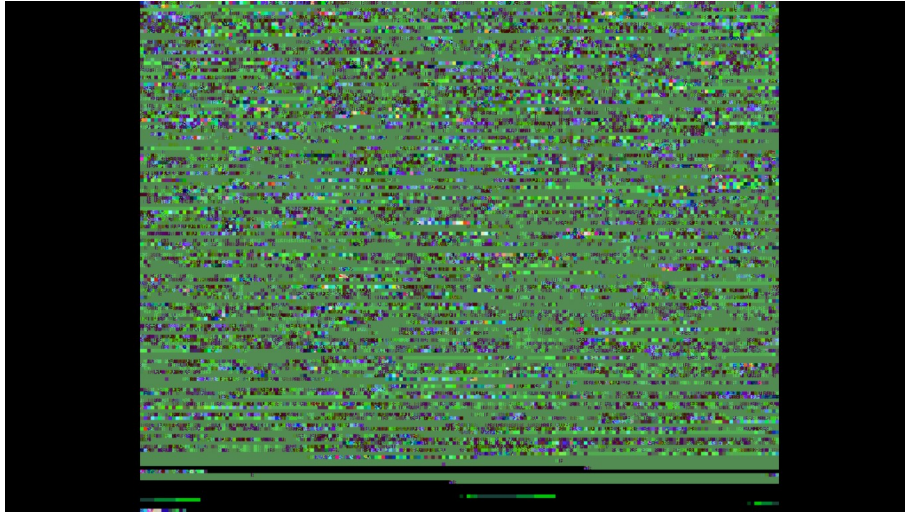


Ilustración 37: Resultado de la distorsión excesiva con el codec Microsoft Video 1.

En resumen podemos decir que en los contenedores AVI distinguimos dos grupos de *codecs* según la forma en la que provocan distorsiones similares. Por un lado tenemos IYUV y Uncompressed UYVY. En estos vemos cómo los diferentes efectos aplicados generan distorsiones cromáticas en muchos casos, así como de definición del vídeo. Sin embargo en el segundo grupo, donde se incluyen DVPAL y Microsoft Video, vemos cómo las distorsiones tienen más relación con el *datamoshing* y con la generación de artefactos donde predomina el píxel, se pierden muchas veces las dimensiones del archivo y desaparece por completo el vídeo original. Por lo tanto podemos decir que en este segundo grupo las distorsiones son más extremas, ya que causan más estragos en el archivo original.

Como consecuencia de esto los archivos codificados con DVPAL no son interpretados por Premiere ni After Effects. Este problema no es insalvable pero sí es un impedimento a la hora de trabajar con soltura. Esto, sin embargo, no sucede con el *codec* Microsoft Video, que sí es reconocido tanto por Premiere como por After Effects, por lo que podemos utilizar los ficheros obtenidos con este *codec* para un posterior proceso de postproducción.

QUICKTIME

En el caso de los ficheros MOV los resultados con esta herramienta han sido menos versátiles que con AVI. Los archivos codificados con DV25 PAL han ofrecido resultados interesantes, de hecho los mismos que encontrábamos en DVPAL en AVI. El resto de codificaciones (H.263, H.264, Motion JPEG y Sorenson) no han permitido grandes distorsiones. De hecho, pese a haberse

probado varios efectos de distorsión (tremolo, high pass filter, realce de graves, normalizado, etc.) el resultado es similar y apenas se puede distinguir en el fichero exportado cuál de estos efectos ha sido aplicado en cada caso.

Resulta interesante, no obstante, la estética que ofrecen este tipo de codificaciones. Esta se basa en la distorsión de determinados bloques de fotogramas concretos. Estos bloques se desplazan, varían en su brillo, se vuelven completamente negros, aumentan de tamaño ocultando parte la imagen...

Por otra parte, al igual que sucedía con el codec DVPAL en AVI, los archivos resultantes de DV25 PAL en MOV no son reconocidos por Premiere o After Effects, por lo que habría que capturarlos a través de algún software de captura de pantalla para poder utilizarlos en postproducción. Esto, sin embargo no sucede con H263, H264, Motion JPEG o Sorenson que pese a darnos resultados similares con distintas distorsiones sí son reconocibles por estos programas, lo que nos da la capacidad de emplearlos en procesos de postproducción.

En la ilustración 38 podemos observar diferentes distorsiones obtenidas con archivos MOV. Los resultados son similares pese a usar diferentes códecs. De izquierda a derecha tenemos distorsiones con H.264, Motion JPEG y Sorenson. Este último ofrece los resultados más diferenciados con respecto al resto.

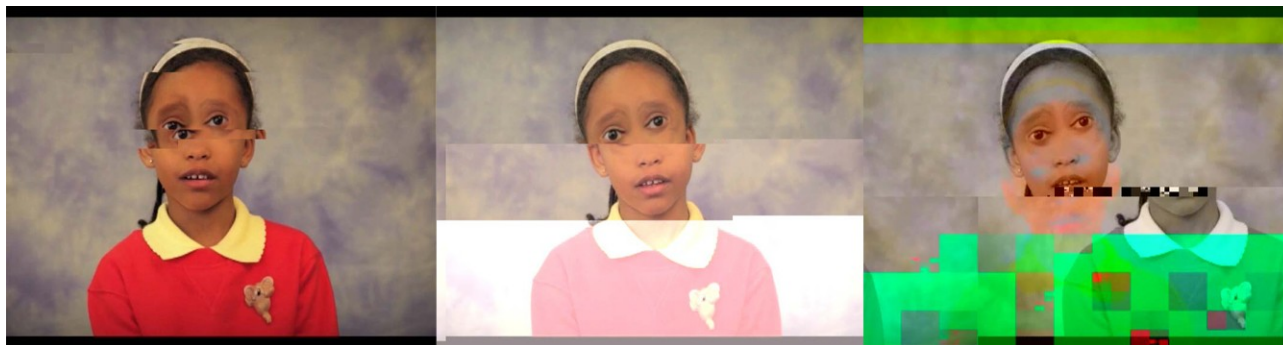


Ilustración 38: Distorsiones obtenidas con H.264, Motion JPEG y Sorenson, respectivamente.

MPEG

Con la codificación MPEG hemos probado varios efectos en Audacity, sin embargo los resultados no han sido positivos en la gran mayoría de los casos, pues al reconocer una distorsión excesiva los reproductores empleados no reproducen el vídeo a partir de cierto punto. Lo mismo sucede

con Premiere y After Effects, que acortan la duración de los archivos a aquellos frames en los que la imagen puede reconstruirse y elimina todo aquello que no reconoce por estar excesivamente distorsionado.

Con los ensayos practicados con hasta ahora podemos sacar una serie de conclusiones sobre este método de distorsión digital. En primer lugar hay que decir que nos encontramos ante el método más sencillo y eficiente de todos los que se han probado en esta investigación. Si somos capaces de comprender cómo funciona cada códec de vídeo y cómo este se representa o distorsiona en Audacity, entonces seremos capaces de crear una gran variedad de distorsiones muy interesantes para la labor de postproducción.

Para trabajar con este método correctamente hay que tener en cuenta que siempre que trabajemos con vídeo hemos de importar nuestros archivos a Audacity con el parámetro de codificación en A-Law. A la hora de exportar el archivo distorsionado, del mismo modo, deberemos tener cuidado de que la codificación de exportación esté también situada en A-Law. Si, por el contrario lo que queremos distorsionar es una imagen fija lo mejor será trabajar con U-Law.

Si se desea obtener una distorsión cromática lo mejor es emplear el formato contenedor AVI con los códecs IYUV o Uncompressed UYVY. Por otro lado, si lo que se quiere es obtener abstracciones totales basadas en píxeles se obtienen resultados muy positivos con el contenedor AVI y el códec Microsoft Video 1 o en su defecto el DVPAL.

Por otra parte hay que ser cuidadosos a la hora de aplicar efectos con este software y experimentar en cada vídeo hasta dónde nos permite el fichero manipular la información sin que obtengamos una pérdida total del mismo y quede inservible. En este sentido hay que dejar sin manipular la cabecera (header) del archivo, así como el final del mismo (footer).

Como algunas de las distorsiones generadas no van a ser interpretables por diferentes programas, conviene tener un software capaz de capturar la imagen de pantalla de nuestro equipo de trabajo para poder hacer uso de las distorsiones en archivos AVI, MOV o MPEG que no reconocen programas de edición tradicionales. Los ficheros obtenidos con este método de captura serán un buen punto de partida para luego ser manipulados con métodos tradicionales de edición (Premiere, After Effects o Avid).

4.2.3. Datamoshing manual

El *datamoshing* se basa en una distorsión generada por la falta de información para reconstruir la imagen. Esto se consigue gracias a la estructura GOP (Group of Pictures) en la que se basan algunos codecs. Para conseguir hacer *datamoshing* correctamente necesitamos cualquier programa que sea capaz de dejarnos eliminar la información de los fotogramas de tipo I de esas estructuras GOP. En nuestro ensayo hemos encontrado dos métodos para ello. El primero es el uso de un programa llamado AVIdemux²⁰ y el segundo es mediante el editor hexadecimal que ya empleamos anteriormente, XVI32. Para el segundo caso hemos encontrado información pero hemos sido incapaces de reproducirlo.

El primero paso, válido para ambos casos, consistiría en exportar vídeos con un número limitado de *frames* de tipo I y prescindir de algunos de estos para que el vídeo final pierda la referencia y reconstruya la imagen de forma errónea.

Para el primer método de *datamoshing* hemos empleado dos programas. El primero de ellos debe ser un programa de edición que permita elegir el tipo de codificación incluyendo la cantidad de I *frames*. En nuestro experimento hemos empleado After Effects, con el que hemos exportado dos vídeos. El segundo software necesario es Avidemux, con el que hemos borrado la información necesaria para generar la distorsión.

En un primer momento hemos empleado la codificación en H.264 y el formato MP4, sobre el que hemos seleccionado una configuración de salida con un I *frame* por cada 300 frames. El resto, por lo tanto, son *frames* P o B. tenemos que recordar aquí la forma en la que funciona la compresión en base a estructuras GOP (Group of Pictures). Como ya hemos mencionado al hablar sobre codecs y formatos, este sistema de compresión intercuadro se basa en la predicción en una o dos direcciones, de forma que los fotogramas de tipo I contienen toda la información necesaria para reconstruir el fotograma completo, pero los de tipo P y B se basan en fotogramas anteriores, posteriores o ambos para reconstruir la imagen. Al exportar en After Effects con una configuración en la que se limitan los *frames* de referencia (los de tipo I) lo que se consigue es perder información correcta a cambio de distorsiones basadas en el movimiento.

En la segunda parte del proceso empleamos el software Avidemux. Este software permite hacer una edición muy básica de los dos vídeos elegidos. Nos permite introducir puntos de entrada y

²⁰ Avidemux es un programa de edición de vídeo muy simple cuyo mayor interés consiste en que nos permite localizar los fotogramas de tipo I y eliminarlos, de forma que es muy sencillo crear *datamoshing* con él.

salida para cortar o pegar partes de ambos vídeos, esto será suficiente para nuestro propósito. Lo más interesante del software es que nos dice si estamos viendo un *frame* de tipo I, P o B, lo que nos da la opción de seleccionar los de tipo I y eliminarlos. Después el vídeo resultante puede exportarse añadiendo la extensión que queramos y el resultado es un vídeo con distorsión del tipo *datamoshing*.

Este método se ha probado con éxito exportando vídeos desde After Effects en H.264 y MPEG2, ambos basados en la estructura GOP para la compresión de la información. En teoría cualquier codificación basada en esta estructura debería funcionar correctamente.

Los resultados de estos experimentos los podemos observar en la imagen 39.

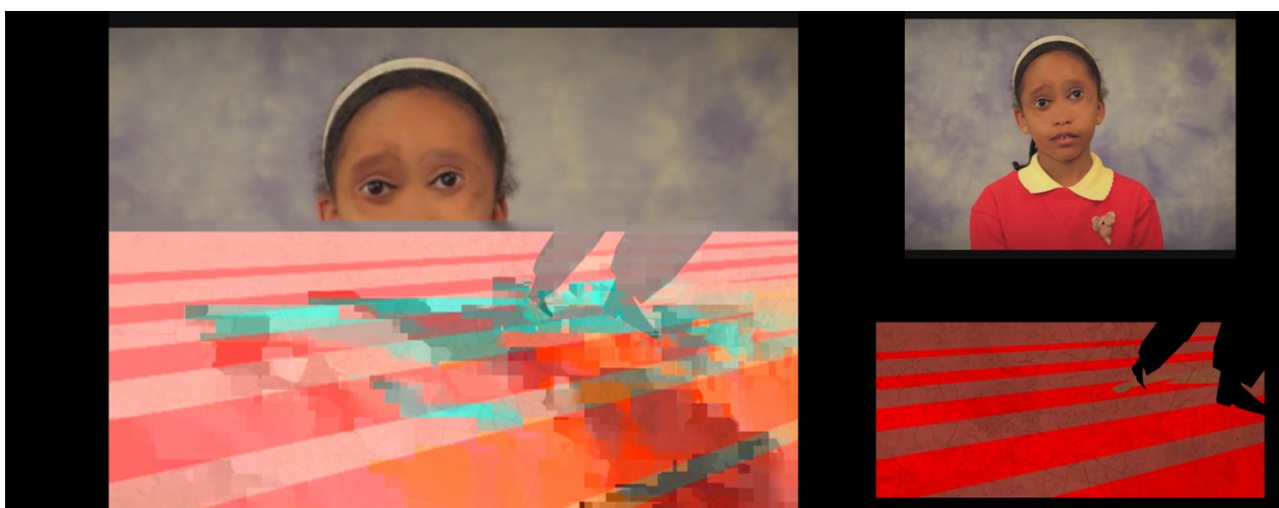


Ilustración 39: A la izquierda el resultado del datamoshing de las dos imágenes de la derecha.

El segundo método de hacer *datamosh* se basa en el uso de editores Hexadecimales. Según afirma Rosa Menkman en su blog²¹ es posible hacer lo mismo que hacíamos con Avidemux pero con un editor de datos en bruto. Menkman afirma que en los archivos AVI codificados con estructura GOP cada fotograma empieza con el código '00DC' a esta combinación le siguen "unos 5 bytes más tarde" la combinación hexadecimal '00 01 B0 01'. Esta combinación corresponde, según Menkman, a un frame del tipo I. De tal forma que si se elimina por completo este fotograma nos quedaríamos con una solución similar a la obtenida con Avidemux. Esto es así en teoría, sin embargo no hemos encontrado indicios de la combinación que Menkman asigna a los fotogramas del tipo I, con lo que no hemos sido capaces de llevar a cabo el experimento con éxito.

²¹ How to create compression artifacts (datamoshing). Disponible en: <http://rosa-menkman.blogspot.com.es/2009/02/how-to-datamoshing-create-compression.html>

4.2.4. Plug ins para After Effects

Hasta ahora hemos visto algunos métodos basados en la distorsión de la propia señal, ya sea en analógico o en digital. Sin embargo hay maneras de lograr simular estas distorsiones gracias a plug-ins que imitan algunos de los efectos que hemos tratado. Resulta especialmente interesante aquellos que imitan la distorsión analógica de un televisor(ver ilustración 40), ya que facilitan una labor que de lo contrario resultaría muy complicada.



Ilustración 40: Dos fotogramas tratados con el plug-in de Digieffects. Izquierda: efecto Interference; derecha: Skew.

En este punto queremos, tan solo, dejar clara la existencia de alternativas al databending y tratar alguna de ellas para comprobar sus posibilidades. Vamos a hablar de aquellos plug-ins disponibles para After Effects, ya que es un software muy extendido. Existe una enorme variedad de plug-ins disponibles: desde aquellos de grandes marcas como Digieffects Damage o el Red Giant Holomatrix, hasta otros de menor tirada pero igualmente interesantes como el TV Distortion Bundle de Satya Meka.

Cabe mencionar lo recurrente que resultan algunos efectos que podemos encontrar en varios *plug-ins*. Así por ejemplo tenemos aquellos que distorsionan la imagen como si se tratase de una distorsión analógica, generando líneas de tv por ejemplo; aquellos que generan distorsión digital, como el *blocking effect* que revela bloques de píxeles sobre la imagen, y aquellos que generan distorsiones cromáticas.

Para nuestro caso de estudio hemos recurrido al pack Digieffects Damage. Este paquete contiene diferentes efectos: *Artifact, Blockade, Destabilize, Interference, OverExpose, Skew*.

El primer efecto, *Artifact*, genera una serie de bloques de píxeles que se mezclan con la imagen. Algunos de las posibilidades más interesantes son las posibles variaciones sobre estos bloques que aparecen al azar en la pantalla. Se puede controlar, sin embargo, la cantidad de bloques, la frecuencia con la que aparecen, la duración en el eje temporal que tienen y si permanecen congelados o varían. Además resulta interesante la opción que permite elegir el tipo de bloque que aparece.

En segundo lugar tenemos el efecto *Blockade*, que es similar al *Artifact*, pero en este caso los artefactos digitales aparecidos en pantalla no quitan tanta presencia a la imagen original, sino que se mezclan con ella. El efecto nos permite también jugar con el tamaño de los bloques en pantalla, la duración, la frecuencia de aparición, etc. Este efecto tiene menos posibilidades que el anterior, sin embargo puede entenderse como un efecto complementario.

En tercer lugar tenemos un efecto que resulta interesante en combinación con otros. Se trata de *Destabilize*. Este efecto escala la imagen y la hace rotar de forma aleatoria. Pero, como sucedía en los casos anteriores, podemos controlar el efecto al margen de cierto nivel de aleatoriedad. Este efecto nos permite controlar el nivel de movimiento horizontal, vertical, de rotación y escala en torno a cuatro variantes: máxima distorsión, frecuencia, amplitud y fase. Además nos da la opción de controlar el nivel de separación de los canales R, G y B, que pueden moverse por separado dando como resultado algún efecto interesante.

El efecto *Interference* es uno de los más interesantes y sencillos (ver imagen 40). Este efecto divide la imagen en líneas similares a las de un televisor. Permite controlar el número de líneas, el grosor de estas, el ruido en la imagen, la luminancia de la imagen o el tono de la imagen

El efecto *OverExpose*, por su parte, permite sobreexponer la imagen original creando algunas texturas interesantes. Permite controlar la sobreexposición por canales (RGB) y con las opciones de *Pre Color Correct* y *Post Color correct*.

Por último tenemos el efecto *Skew* (imagen 40), que imita la distorsión de las televisiones analógicas que provocan imágenes retorcidas y el movimiento de la imagen de forma errónea a lo largo de la pantalla. Este efecto divide la imagen en dos partes que son curvadas y distorsionadas de forma independiente. El efecto permite variaciones en cada una de estas dos partes de la imagen. Este efecto resulta especialmente interesante al animarlo mediante keyframes de forma que sus parámetros vayan variando a lo largo del tiempo simulando cierta aleatoriedad.

Capítulo 5: Conclusiones

5.1. Cumplimiento del objetivo

Al principio del presente estudio nos planteábamos 4 objetivos:

1. Comprobar de forma práctica la capacidad de expresividad de diferentes métodos de distorsión de la imagen en analógico y digital.
2. Analizar las posibilidades del flujo de trabajo que ofrecen las diferentes herramientas de generación de errores.
3. Enmarcar los experimentos históricamente en la línea de creación de diferentes artistas audiovisuales.
4. Relacionar las posibilidades expresivas en obras audiovisuales más convencionales.

En primer lugar hemos conseguido enmarcar nuestros ensayos prácticos dentro de una corriente artística históricamente asentada. Hemos comprobado como multitud de artistas se hicieron eco de las posibilidades artísticas que ofrecían los medios técnicos que conformaban el medio audiovisual. Hemos visto como esta corriente nacía con las vanguardias históricas a principios del siglo XX y renacían en los años 60 y 70. Según palabras de Laura Baigorri [10 p. 7] en su libro 'El vídeo y las vanguardias históricas': "La irrupción del vídeo en el mundo del arte vino determinada por tres factores directamente vinculados a las vanguardias históricas: el interés por las posibilidades creativas de los nuevos medios tecnológicos; la predisposición inter/multidisciplinar en el arte y el compromiso con la situación social y política de su tiempo." También hemos comprobado que la aparición del medio digital ha supuesto un nuevo ensalzamiento de este tipo de arte: un tipo de arte que reivindica el propio medio más incluso que el propio mensaje.

En segundo lugar, como objetivo principal del estudio, hemos experimentado las posibilidades que ofrecen distintos métodos de distorsión. Hemos visto qué herramientas necesitamos y cómo estas pueden facilitarnos la labor de distorsión cuando queramos conseguir este tipo de estética. En analógico solo hemos tenido la ocasión de practicar y documentar la distorsión provocada por la variación de frecuencia de la señal de origen, pero ya hemos visto, al hablar de metodologías de

distorsión, que existen multitud de dispositivos que varían la forma en la que la señal analógica reconstruye una imagen en pantalla. Por su lado, en digital, hemos comprobado las posibilidades que nos ofrece el *databending* y *datamoshing* tanto para vídeo como para imagen fija. Hemos sido testigos de las enormes oportunidades estéticas que ofrece distorsionar la información en bruto. Como ya se ha documentado anteriormente, la variedad de formas de codificación de los diversos *codecs* empleados dan lugar a sintaxis muy diversas que serán clave para la forma en la que tiene lugar la distorsión.

Hasta aquí hemos respondido a los puntos 1, 2 y 3 de los objetivos. Sin embargo podemos profundizar más en el punto 2, ya que no hemos visto un flujo de trabajo que emplee diversas técnicas en un caso práctico. En el siguiente punto de las conclusiones hablaremos sobre este tema y sobre la relación de este tipo de estética en piezas audiovisuales más convencionales, con lo que responderemos también a estos dos objetivos marcados.

5.2. Conclusiones sobre el proyecto

Las conclusiones más importantes en torno a nuestro estudio tienen que ver con la forma en la que se trabaja para crear distorsiones, ya sea en analógico o digital. Es decir, las posibilidades que nos ofrecen los distintos métodos para llevar a cabo un flujo de trabajo constante y fluido.

En el entorno analógico hemos llegado a comprender la forma en la que se comporta la señal eléctrica en situaciones normales. Hemos conseguido algunas distorsiones interesantes. Sin embargo podemos decir, como primera conclusión, que las mayores posibilidades en entorno analógico necesitan de unos medios técnicos difíciles de conseguir. Se necesitan aparatos muy complejos que distorsionen partes concretas del proceso de recreación de la imagen y estos dispositivos no son fáciles de obtener. En nuestro caso hemos llevado a cabo una experimentación muy limitada con estos procedimientos debido, precisamente, a esta dificultad.

El medio digital, en contraste con lo anterior, ofrece posibilidades interesantes, no solo en la creación de distorsiones digitales, sino en la reproducción o simulación de distorsiones analógicas. Hemos hablado del *plug-in Digieffects Damage* y de cómo este nos da posibilidades de reproducir algunas distorsiones que, de hecho, son muy similares a las conseguidas mediante la variación de la frecuencia. Por lo tanto, ¿por qué emplear el entorno digital?

Para responder a esta pregunta tenemos que tener presentes casos como el de 'Venetian Sun' de Greg Zifcak. En esta obra se consigue obtener una estética muy determinada que en entorno

digital desconocemos que se pueda lograr. Lo mismo sucede con algunos aparatos que vimos al hablar de metodologías. El *Vidium* de Bill Hearn o el *Wobulattor* de Paik/Abe son algunos casos de estéticas muy concretas con las que resultaría interesante practicar en un entorno puramente analógico.

Si finalmente decidimos trabajar en entorno digital nos enfrentamos a la dificultad que impone la estandarización actual. ¿Qué hacer con el material analógico si todos los mecanismos de postproducción se encuentran en entorno digital? La única solución es digitalizar nuestro material. Esta respuesta conlleva un inconveniente: en la digitalización se puede perder información que en analógico nos resultaba interesante. En nuestro ensayo práctico analógico hemos comprobado esta contrariedad en primera persona. Sin embargo, como contrapartida, la captura puede ofrecernos algunas nuevas distorsiones que de otro modo sería imposible conseguir.

El dominio digital da lugar a un entorno de trabajo más amplio y de mucha mayor fluidez en comparación a su equivalente analógico. Al tratar de conseguir distorsiones digitales tenemos muchas más opciones y menos obstáculos que en el caso de la estética del error analógico. Lo primero que podemos hacer, a modo de conclusión, es distinguir entre dos opciones de trabajo. En primer lugar podemos recurrir a las habituales herramientas de trabajo en postproducción, en cuyo caso tenemos una gran cantidad de *plug-ins* que simularán los efectos de un archivo corrupto. En segundo lugar, como hemos visto, podemos ser nosotros mismos los que corrompamos el archivo original.

Si nos decantamos por la primera opción ganaremos en facilidad y rapidez, sin embargo perderemos posibilidades expresivas. Además una de las mayores ventajas de este procedimiento es que no requiere conocimientos previos sobre el funcionamiento de cada uno de los *codecs* o formatos con los que podemos trabajar. Por otro lado, si decidimos recurrir al *databending* obtendremos unos resultados más interesantes y dispares que los que puede ofrecer un *plug-in* por sí solo. Además esto puede resultar un instrumento perfecto para conocer al detalle el mecanismo de funcionamiento de *codecs* y formatos, lo que puede resultar útil ante posibles contrariedades a cualquier profesional de la postproducción.

Una de las conclusiones más interesantes de los ensayos tiene que ver con el uso de diferentes *codecs*. Al igual que la distorsión analógica nos ofrece una estética concreta y muy personal, el uso de uno u otro *codec* va a ser algo decisivo a la hora de lograr un efecto preciso. La práctica y el conocimiento de la sintaxis de los distintos *codecs* va a resultar imprescindible para conseguir determinado efecto en alguna de las partes de la imagen o en determinado fotograma, etc.

Aunque hasta ahora hemos hablado de métodos de distorsión de forma independiente, la combinación de diversos métodos es, sin duda alguna, la mejor opción. Las posibilidades de distorsión por *databending* unidas a las herramientas de trabajo que ofrece After Effects, por continuar con softwares que hemos empleado en nuestros ensayos, multiplican nuestra capacidad creativa. El creador de piezas de este tipo no se debe conformar con las distorsiones conseguidas con uno solo de estos métodos, pues en conjunto su capacidad es inmensa. Todo, sin embargo, tendrá que plantearse entorno al objetivo que se persiga.

Para ejemplificar esto hemos llevado a cabo dos montajes. En uno de ellos se mezclan distorsiones de *codecs* de vídeo con Audacity unidas al *plug-in* Diggieffects Damage de After Effects, por un lado. Por otro hemos usado diferentes archivos de imagen también distorsionadas con Audacity y montadas con After Effects. El flujo de trabajo para estos ensayos ha sido, en primer lugar la distorsión de una misma imagen de base (fija o en movimiento) mediante Audacity. Este material básico se ha exportado en diferentes formatos de imagen fija y con diferentes *codecs* de vídeo, según el caso. Después cada uno de estos se ha distorsionado con Audacity, aplicando diferentes efectos a cada uno de los archivos de base. Después estos archivos se han llevado a After effects, donde se ha editado un vídeo final con ellos mediante composiciones de montaje con varias capas, dejando ver en cada caso el efecto elegido. Sobre estas composiciones se han aplicado también efectos de *Damage* de *Digieffects*. En concreto hemos empleado el *Interference*. Los resultados, a nuestro parecer son mucho más positivos con este tipo de combinaciones.

Por último hay que mencionar que hemos tratado el uso del error dentro de un marco creativo muy ligado al videoarte. Sin embargo las posibilidades de este tipo de efectos superan este marco. No podemos entender las piezas audiovisuales mencionadas en el trabajo como algo independiente del resto de producción audiovisual. Estas piezas corresponden a un momento creativo que está unido a una sociedad con unas inquietudes concretas. Estas circunstancias espacio-temporales dan lugar a expresiones artísticas extremas, como las mencionadas en el marco histórico, pero también a expresiones creativas en piezas audiovisuales más convencionales. Así tenemos casos de películas, videoclips o cortometrajes que toman prestados estos efectos para transmitir ciertas ideas al espectador. Resulta interesante comprobar cómo la distorsión simulada es recurrente en cine de terror, de catástrofes naturales, de ciencia ficción o de temática *zombie*. El uso de la distorsión analógica o digital en estos casos responde al planteamiento de una idea concreta. En este tipo de cine se pone en duda el mantenimiento del sistema de desarrollo actual a nivel global. La forma de dejar clara la caída del sistema es frecuentemente el uso de distorsiones en imágenes audiovisuales diégéticas e incluso extradiegéticas. Los medios de comunicación de masas (televisión, internet, etc.) son escogidos como bandera y símbolo de nuestro sistema, de tal

forma que la distorsión y caída del sistema de transmisión del mensaje audiovisual representa a la perfección la caída del sistema occidental actual. También tenemos casos de videoclips que emplean el *datamoshing* o incluso de series de animación donde la relación entre piezas experimentales y piezas narrativas convencionales se estrecha.

5.3. Problemas encontrados y cómo se han solucionado

Los mayores problemas con los que hemos tenido que lidiar durante este trabajo tienen que ver con los experimentos llevados a cabo en analógico. Como ya hemos mencionado, el trabajo en analógico requiere unos conocimientos muy precisos del funcionamiento de la señal analógica. Nosotros aquí solo hemos hecho un ligero acercamiento a su funcionamiento y ya hemos podido comprobar la enorme complejidad sobre la que se sustenta este sistema. Esto unido a la escasez de aparatos y al precio que pueden llegar a alcanzar algunos dispositivos actuales ha dado lugar a dificultades en el trabajo. Todo esto ha dejado claro los numerosos obstáculos que puede suponer trabajar en este entorno. Pese a todo, si se logran superar estos aspectos negativos, es muy recomendable experimentar con las posibilidades de este medio.

Por lo demás en entorno digital las mayores dificultades han tenido lugar al trabajar con codificación, especialmente con editores de texto o hexadecimales. Si se emplean estos métodos para distorsionar imagen fija pueden conseguirse rápidos resultados, sin embargo en vídeo, al ser un archivo más grande y complejo, estos métodos han dado más problemas.

5.4. Aportaciones personales

A nivel personal este trabajo se escogió para tratar de aprender sobre el funcionamiento de la señal analógica y digital. Ya se ha comentado la ventaja que supone para un profesional de la postproducción tener conocimientos detallados acerca de codificación y formatos. En este sentido han resultado muy interesantes los experimentos llevados a cabo con el software Audacity. Este programa es fácil de conseguir y sencillo de utilizar. Con él se puede comprobar a simple vista cómo se codifica la información y podemos ver cómo la distorsión afecta a las distintas partes de un mismo archivo. Se ha llegado a comprender de forma bastante precisa el funcionamiento de muchos *codecs*: cómo algunos comprimen más o menos, cómo separan la información en fotogramas o no, cómo distinguen entre canales de color y luminancia, etc.

Además de esto se ha podido experimentar con diferentes métodos y conocer software más allá del habitual uso de programas de edición de efectos o edición no lineal.

5.5. Futuras líneas de trabajo

A partir de aquí se abre un campo de posibilidades que otros, como los nombrados Rosa Menkman, Evan Meaney o Francisco Sanmartín, ya se encuentran explorando. Los caminos que pueden elegirse para profundizar en el tema son muy dispares. Van desde la vertiente más teórica, como la narrativa audiovisual, a otra más práctica. Por poner algunos ejemplos que nos resultan interesantes, podríamos analizar la existencia recurrente de la distorsión en cine desde la narrativa audiovisual o podríamos profundizar en el mecanismo de funcionamiento de la distorsión para llevar a cabo *plug-ins* de efectos más precisos y creativos. Se elija lo que elija las posibilidades y profundidad del tema seguirán deparando muchas sorpresas.

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Modelo matemático de la información de Shannon / Weaver.....	14
Ilustración 2: Ejemplos de filmburn.....	25
Ilustración 3: Curvas Lissajous como las empleadas por el Vidium de Bill Hearn.....	26
Ilustración 4: Esquema de funcionamiento del Paik /Abe.....	26
Ilustración 5: Imagen obtenida mediante el sintetizador Paik /Abe.....	26
Ilustración 6: Imagen generada por el sintetizador Rutt / Etra.....	27
Ilustración 7: Fotograma de la obra de Greg Zifcak 'Venetian Sun'.....	28
Ilustración 8: Fragmentos de las obras de Menkam, Meaney y Murata (de izq. a dch.).....	29
Ilustración 9: Esquema de funcionamiento de los dientes de seirra vertical y horizontal de una televisión analógica.....	33
Ilustración 10: Fallo de sincronía en televisión analógica. Extraído de nuestro experimento.....	33
Ilustración 11: Respresentación gráfica de una señal analógica.....	35
Ilustración 12: Resultado de la pérdida de señal en la digitalización.....	43
Ilustración 13: Distintos frames de la distorsión generada durante la digitalización de la señal analógica.....	43
Ilustración 14: Estos cuatro frames no consecutivos son representativos de cuatro momentos en la distorsión de la imagen a partir de la variación de su frecuencia.....	44
Ilustración 15: En la imagen vemos los cuatro pasos que se distinguen en la distorsión de la señal de barras al disminuir la frecuencia de emisión de la misma.....	45
Ilustración 16: Detalle de la distorsión en la señal de barras.....	45
Ilustración 17: En la imagen vemos 6 frames no consecutivos correspondientes a momentos clave del proceso de distorsión.....	46
Ilustración 18: Diferentes frames obtenidos al disminuir la frecuencia de emisión.....	47
Ilustración 19: En la imagen observamos un archivo BMP distorsionado mediante el uso del wordpad de windows.....	48
Ilustración 20: A la izquierda imagen BMP original y a la derecha la distorsionada manualmente con editor hexadecimal.....	50
Ilustración 21: Cuadro de información de importación de archivos en bruto.....	51
Ilustración 22: Ejemplo de distorsión de archivo BMP con Audacity. A la izquierda el original y a la derecha los resultados.....	52
Ilustración 23: El vídeo original sobre el que se ha realizado el experimento.....	53
Ilustración 24: Dos imágenes de distorsiones en codificaciones DVPAL en AVI (izq.) y MOV (dch.).....	54
Ilustración 25: Ejemplos de distorsión de un AVI codificado con DVPAL (izq.) y con IYUV (dch.).....	54
Ilustración 26: Vista de la forma de onda de las diferentes codificaciones empleadas para archivos AVI.....	55
Ilustración 27: Vista de la forma de onda de las diferentes codificaciones empleadas para archivos MOV.....	56
Ilustración 28: Resultados obtenidos con diferentes efectos sonoros aplicados al vídeo original codificado mediante IYUV. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Fase, High Pass Filter, Low Pass Filter, Normalizado, Realce de graves y Tremolo.....	57
Ilustración 29: Dos variedades de High Pass Filter en función de la dureza con la que apliquemos dicho filtro.....	57
Ilustración 30: Forma de onda correspondiente a un único fotograma, tanto para IYUV (arriba) como para Uncompressed UYVY (abajo).....	58

Ilustración 31: Forma de onda de un fotograma en IYUV (derecha) y ampliación de las partes correspondientes al color de dicho fotograma (izquierda y centro).....	59
Ilustración 32: Fotogramas correspondientes a distorsiones sobre vídeo codificados con DVPAL. A la izquierda el resultado de un High Pass Filter, a la derecha un Low Pass Filter.....	60
Ilustración 33: Audacity permite que distorsionemos los archivos codificados con DVPAL en líneas concretas de un mismo frame.....	60
Ilustración 34: En la forma de onda de los archivos codificados con Microsoft Video 1 se puede distinguir claramente cada frame.....	62
Ilustración 35: Si se amplía el zoom sobre la forma de onda de un frame concreto se pueden distinguir patrones que corresponden a líneas o bloques concretos de dicho frame.....	62
Ilustración 36: En la parte superior vemos la forma de onda correspondiente a un frame. Abajo los resultados de diferentes distorsiones.....	62
Ilustración 37: Resultado de la distorsión excesiva con el codec Microsoft Video 1.....	63
Ilustración 38: Distorsiones obtenidas con H.264, Motion JPEG y Sorenson, respectivamente.....	64
Ilustración 39: A la izquierda el resultado del datamoshing de las dos imágenes de la derecha.....	67
Ilustración 40: Dos fotogramas tratados con el plug-in de Digieffects. Izquierda: efecto Interference; derecha: Skew.....	68

REFERENCIAS

1. SHANNON, Claude Elwood y WEAVER, Warren. *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois: Univ. of Illinois Press. 1963. 117 páginas. ISBN 0-252-72548-4.
2. ARNHEIM, Rudolph. *El cine como arte*. 1ª ed. Madrid: Paidós Iberica Ediciones. 1986. 176 páginas. Paidós Estética. ISBN 84-7509-366-3.
3. SANMARTÍN Piquer, Francisco Javier. *Incidencia del ruido en la transformación técnica y conceptual de los métodos de edición de vídeo*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. 2003. 295 páginas. Nº REG 1844
4. MENKMAN, Rosa. *The Glitch Moment(um)*. Amsterdam: Institute of Network Cultures. 2011. 70 páginas. ISBN: 978-90-816021-6-7
5. MEANEY, Evan. On Glitches: a deconstructive analysis of archives and experience [en línea]. 26 páginas. 2010. Disponible en: http://www.evanmeaney.com/pdfs/evan_meaney_on_glitches.pdf
6. BURRIS, J. Did the Portapack Cause Video Art? Notes on the Formation of a New Medium. *Millenium Film Journal*, otoño 1996. No. 29.
7. Yoshi Sodeoka , special post. Triangulation [en línea]. 2011 [citado el 15 de julio de 2013]. Disponible en: <http://www.triangulationblog.com/2011/10/yoshi-sodeoka.html>
8. LLORET Mauri, Jaime y BOSCH Roig, Ignacio. *Instrumentación de vídeo: Apuntes*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. 2004. 142 páginas. REF. 2004.1134.
9. PÉREZ López, Emilio. *La calidad y sus medidas en la señal de televisión*. Madrid: IORTV. 1993. ISBN 8486984890 .
10. BAIGORRI Ballarín, Laura. *El vídeo y las vanguardias históricas*. 1ª ed. Barcelona: Universitat de Barcelona. 1997. 92 páginas. ISBN 8489829551